

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie

Mémoire

de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Sciences de la Nature et de la Vie
Spécialité : Génétique et amélioration des plantes

Intitulé du sujet

**Impact des contraintes saline et thermique sur la germination
et la croissance de 2 variétés de blé dur (*Triticum durum*) et 2
variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*)**

réalisé par : M^{elle} **BELKACEMI Taous** et M^{elle} **BOUCHAKOUR Aïcha**

soutenu le 27/09/2015 devant le jury d'examen composé de :

Présidente : Mme. TAIBI, H.	Chargée de cours	UMMTO
Promotrice : Mme. HOUCHI, A.	Maître de conférences	UMMTO
Examineurs: Mlle BOUTEBTOUB, W.	Maître de conférences	UMMTO
Mlle MOHAMED-OUALI, D.	Chargée de cours	UMMTO

Promotion : 2014/2015

Remerciements

Aujourd'hui nous avons la chance de pouvoir témoigner notre profonde gratitude à l'endroit de ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. A cet effet nos remerciements vont :

A notre promotrice M^{me} HOUCHI. A pour sa confiance en nous, sa contribution dans la réalisation de ce travail, son sens d'appréciation scientifique et sa rigueur pour le travail bien fait.

Aux membres du jury M^{me} TAIBI, M^{elle} BOUËBTOUB et M^{elle} MOHAMED OUALI de nous avoir fait l'honneur d'apprécier et de juger notre travail.

A Mr HOUCHI pour nous avoir grand ouvert les portes de son laboratoire.

A M^{me} TAIBI.H et M^{me} BOUAZIZ.Z pour leurs conseils, leurs orientations et leur bienveillance.

Aux équipes de la « CCLS » et « CNCC » pour avoir mis à notre disposition le matériel requis à l'élaboration de notre travail.

A l'équipe de l' « ITGC » pour avoir gentiment accepté de nous communiquer leurs données.

A Mr CHIBAH (département pharmacie UMMTO) pour nous avoir permis de faire une analyse complémentaire au sein du laboratoire de biochimie.

A M^{me} MAGUËMOUN pour nous avoir ouvert les portes du laboratoire d'écopédologie pour y effectuer nos lectures.

A tous les enseignants qui ont participés de près ou de loin à notre formation tout le long de notre cursus universitaire.

DEDICACE

Aujourd'hui, l'occasion m'est donnée d'exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance, en dédiant cet humble travail ;

A ma très chère MAMAN et A mon très cher PAPA

*A ma grande sœur Sarah, A son époux et A leur petit bout de
choux Saïd*

A ma petite sœur Selma

A mon petit frère Amine

A mon amour Adam

A mon très cher ami Saïd

John Bowlby a dit :

*« L'attachement est un instinct conduisant tout au long de la
vie à avoir besoin d'être écouté, entendu, compris et soutenu par
une ou plusieurs personnes considérées comme proches ».*

*Je vous remercie d'être ces proches qui m'ont écoutée, comprise et
soutenue tout au long de ma vie.*

Chicha

Dédicace

*Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné
l'envie et la force pour mener à terme ce travail*

Je tiens à dédier ce mémoire :

A mes très chers parents

A mon cher frère Yacine

A mes frères Amar et Nourdine

A mes sœurs Lynda et Nadia

A mes petits neveux adorés

A ma sœur Ouïza et sa petite famille

A mon cher Kaci

A mes plus proches amis

*Et je le dédie à toutes les personnes que je porte dans le
cœur.*

Taous.

SOMMAIRE

Introduction	01
PARTIE I.Approche bibliographique	
I-1.Généralités sur l'espèce végétale.....	02
I-1-1. Origine du blé	02
I-1-1-1. Origine botanique	02
I-1-2.Caractéristiques morphologiques	03
I-1-3.Cycle du développement du blé	03
I-1-4.Exigence climatique et édaphiques	05
I-1-4-1. Exigences climatiques.....	06
I-1-4-2.Exigences édaphiques	06
I-1-5.Différence entre blé dur et blé tendre	07
I-1-6.Maladies et ravageurs du blé	07
I-1-7.Importance économique	08
I-2. La germination	12
I-2-1.Définition de la germination	12
I-2-2.Facteurs de la germination	12
I-2-3.Phases de germination.....	13
I-2-4.La vitesse de germination	14
I-3.Salinité.....	16
I-3-1.Effet de la salinité sur les plantes	16
I-3-1-1. Germination	16
I-3-2.Croissance et développement	16
I-3-1-3.Echanges gazeux et photosynthèse	17
I-3-1-4.Reproduction.....	17
I-3-1-5.Rendement agronomique	18
I-3-2.Classification des plantes vis-à-vis de la salinité	18
I-3-3.Réponses des plantes aux stress.....	19
I-3-4.Mécanisme de résistance au stress salin.....	20

PARTIE II.MATERIELSET METHODES

II-1.Matériel végétal.....	21
II-2.Méthodes	22
II-2-1.Germination	22
II-2-2.Croissance	23
II-2-2-1.Culture hydroponique	23
II-2-2-2.Culture en pots	293
II-2-3.Détermination de la matière sèche	24
II-2-4.Dosage du potassium et du sodium	24
II-2-5.La mesure du pH et de la conductivité électrique du sol	24
II-3.Analyse statistique.....	25

PARTIE III. RESULTATS ET DISCUSSION

III-1.Influence de la salinité sur la germination des semences étudiées sous conditions de large gamme thermique	26
III-1-1.Blé tendre.....	26
III-1-2.Blé dur	30
III-2.Analyse de la variance relative à l'effet des facteurs température et salinité sur le pourcentage de germination	32
Discussion	34
III-3.Influence du stress salin sur la croissance et le développement	38
III-3-1.Impact de la contrainte saline sur les différents organes en culture hydroponique	38
III-3-2. Impact de la contrainte saline sur le nombre de feuilles des plants cultivés en pots.....	39
III-3-2-1. Impact de la contrainte saline sur le nombre de racines des plants cultivés en pots.	41
III-3-2-2. Impact de la contrainte saline sur la longueur maximale des feuilles des plants cultivés en pots.....	42
III-3-2-3. Impact de la contrainte saline sur la longueur maximale des racines des plants cultivés en pots	43

III-3-2-4. Impact de la contrainte saline sur le poids de matière sèche des feuilles des plants cultivés en pots	44
III-3-2-5. Impact de la contrainte saline sur le poids de matière sèche des racines des plants cultivés en pots	45
III-3-2-6. Impact de la contrainte saline sur la répartition de la teneur en sodium (/g de MS) dans les organes des plants cultivés en pots	46
III-3-2-7. Impact de la contrainte saline sur la répartition de la teneur en potassium (/g de MS) dans les organes des plants cultivés en pots	47
III-3-2-8. Evolution du pH en fonction de la contrainte saline	47
III-3-2-9. Evolution de la conductivité électrique en fonction de la salinité du sol	50
Discussion	51
Conclusion.....	54
Liste bibliographique.....	56
Annexe	64

Liste des figures

Figure 01. La période néolithique chez le blé	02
Figure 02. Etapes des cycles de développement du blé	04
Figure 03. Phases de développement de la graine.....	05
Figure 04. Production mondiale du blé au cours de la décennie 2004-2014.....	09
Figure 05. Superficie des espèces céréalières en Algérie	09
Figure 06. Facteurs impliqués dans la capacité germinative des semences	12
Figure 07. Courbe théorique d'imbibition d'une semence.....	13
Figure 08. Diminution du pourcentage de germination avec l'augmentation de la salinité	16
Figure 09. Schématisation des deux phases de développement des plantes tolérantes et sensibles sous stress salin.....	17
Figure 10. Classification de quelques plantes selon leur niveau de tolérance à la salinité	19
Figure 11. Dispositif expérimental adopté	22
Figure 12. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Anza (blé tendre) à différentes températures	27
Figure 13. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Ain abid (blé tendre) à différentes températures	29
Figure 14. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Bousselam (blé dur) à différentes températures	31
Figure 15. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Siméto (blé dur) à différentes températures.....	33
Figure 16. Evolution du T_{50} en fonction de la salinité	35
Figure 17. Germination des variétés étudiées en fonction de la température (cas du Témoin)	36
Figure 18. Influence de la salinité sur le nombre de feuilles de plants de blés (dur et tendre) cultivés en pots et âgés de 30, 45 et 60 jours	39
Figure 19. Influence de la salinité sur le nombre des racines de plants de blé (dur et tendre) cultivés en pots et âgés de 30, 45 et 60 jours	41

Figure 20. Influence de la salinité sur la longueur maximale de feuilles de plants âgés de 30, 45 et 60 jours chez 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) et blé dur (Bousselam et Siméto)	42
Figure 21. Influence de la salinité sur la longueur maximale de racines de plants chez 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) et blé dur (Bousselam et Siméto) âgés de 30, 45 et 60 jours	43
Figure 22. Influence de la salinité sur le poids de la matière sèche des feuilles de plants de blé (dur et tendre) cultivés en pots et âgés de 30, 45 et 60 jours	44
Figure 23. Influence de la salinité sur le poids de la matière sèche des racines de plants chez 2 espèces de céréales (blé dur et tendre) cultivés en pots et âgés de 30,45 et 60 jours	45
Figure 24. Evolution de la teneur en Na^+ du rapport PA/PR en fonction de NaCl de 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) et 2 variétés de blé dur (Bousselam et Siméto) âgés de 30, 45 et 60 jours	47
Figure 25. Evolution de la teneur en K^+ du rapport PA/PR en fonction de NaCl de 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) et 2 variétés de blé dur (Bousselam et Siméto) âgés de 30, 45 et 60 jours	49
Figure 26. Influence du traitement salin sur le rapport K^+/Na^+ dans les organes de 2 variétés de blé dur (Siméto et Bousselam) et de 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) âgées de 30, 45et 60 jours.	49
Figure 27. Evolution du pH du sol en fonction des niveaux de salinité.....	50
Figure 28. Evolution de la conductivité par apport à la salinité du sol	51

Liste des tableaux

Tableau 01. Quelques maladies du blé	07
Tableau 02. Ravageurs des céréales (cas du blé blé)	08
Tableau 03. Superficies emblavées et récoltées en Algérie au cours de la décennie 2004-2014.....	10
Tableau 04. Caractéristiques des variétés étudiées	21
Tableau 05. Récapitulatif des résultats obtenus en culture hydroponique avec 2 variétés de blé dur (Bousselma et Siméto) et 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) cultivées en conditions de salinité.	38
Tableau 06. Influence du traitement salin sur la vitesse de croissance (mm/j)des feuilles et des racines deplantschez 2 variétés de blé tendre et 2 variétés de blé dur âgés de 30, 45 et 60 jours.....	44
Tableau 07. . Influence de la salinité sur la répartition du sodium dans les organes (feuilles et racines) de 2 variétés de blé dur (Bousselam et Siméto) et de 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) âgées de 30, 45 et 60 jours.....	46

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales, le blé en particulier, occupent une place importante dans la production agricole et constituent la nourriture de base avec 35% de la production mondiale (Mebarkia et *al.*, 2005).

En Algérie, les superficies consacrées au blé sont estimées à 1 200 000 hectares. Cependant, la production nationale ne couvre que 30% des besoins nationaux avec 716.6 millions de tonnes (F.A.O 2014) ; ces derniers présentant une tendance à la hausse compte tenu de l'accroissement de la démographie. Cette situation fait de notre pays le 4^{ème} importateur mondial de blé dans le monde ce qui n'est pas sans incidence sur son équilibre économique et social. Afin de satisfaire l'ensemble des besoins, un plan national de développement agricole est élaboré avec pour objectif l'exploitation du potentiel sol.

Dans les zones arides et semis-arides, la salinité des sols et des eaux d'irrigation est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale et le rendement agricole.

Chez les céréales la résistance à l'aridité et à la salinité constitue une approche prometteuse pour la réhabilitation et la valorisation des sols salés. Ainsi, plusieurs halophytes expriment une forte potentialité de croissance, de prélèvement et de stockage de sel dans leur parties aériennes sont intéressantes pour la fixation et le dessalement des sols dans ces zones. L'objectif du présent travail est d'analyser les réponses de germination et la croissance en présence de différentes concentrations de NaCl, afin de préciser ses limites de tolérances à la salinité. (Hadjad.s et *al.*, 2010).

C'est dans cet objectif que s'insère notre travail qui consiste dans une première phase à évaluer l'effet de deux contraintes saline et thermique sur la germination de deux variétés locales de blé tendre (Anza et Ain abid) et deux variétés de blé dur, la première est une variété locale (Bousselam) et la seconde est une variété italienne (Siméto). Dans une seconde phase, il s'agit d'apprécier l'impact de la salinité sur la croissance et le développement des plants à 15 jours en culture hydroponique et 60 jours dans des conditions de culture en pots.

En outre, l'accumulation des éléments Na⁺ et K⁺ dans les organes foliaires et racinaires suggérés comme critères de sélection précoces à la salinité est retenue.

Le présent document comporte 3 parties :

- la première est une approche bibliographique avec 3 chapitres qui sont :
 - * les généralités sur le blé et des données économiques sur cette espèce ;
 - * la germination ;
 - * la salinité et la nutrition minérale.
- la deuxième est une description du matériel utilisé et les méthodes adoptées lors de l'expérimentation ;
- quant à la troisième, elle regroupe l'ensemble des résultats obtenus et leur discussion.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR L'ESPECE VEGETALE

La culture du blé date du néolithique et est connue à travers toutes les civilisations (figure 1). Chez les Egyptiens, cette espèce représentait l'un des emblèmes de Dieu et chez les Romains, le symbole de la terre nourricière.

Cette culture a commencé au Moyen-Orient il y a bien plus de 10000 ans et en Europe depuis 8000 ans (Soltner, 1998). Le passage d'une civilisation de nomades à celle d'agriculteurs sédentarisés est le résultat de la domestication progressive de graminées cultivées (Feuillet, 2000).

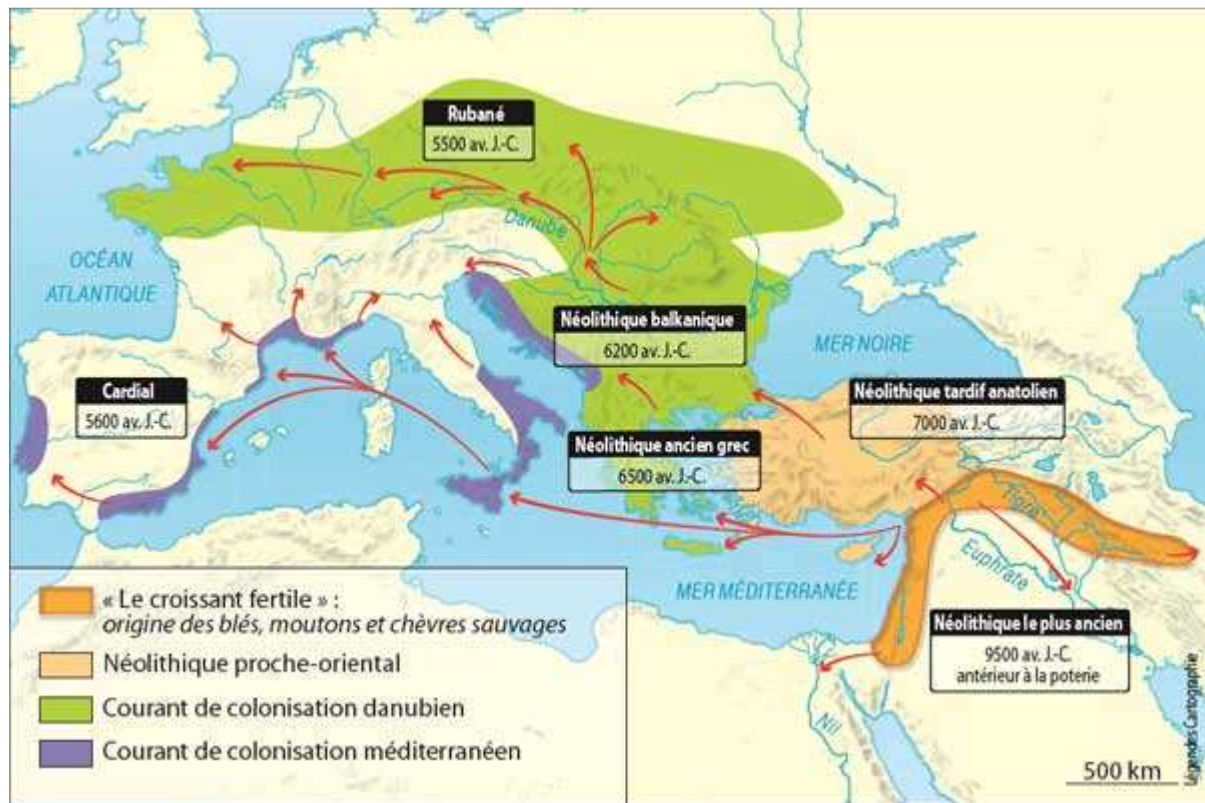


Figure 1. La période néolithique chez le blé.

I.1. Origine du blé

I.1.1. Origine botanique

Les blés appartiennent à l'embranchement des Spermatophytes, Sous Embranchement des Angiospermes, à la classe des Monocotylédones, à la S/famille des Poacées et au genre *Triticum*. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). Il existe de nombreuses autres espèces de *Triticum* telles que *Triticum spelta* et *Triticum hybernum* qui se différencient par leur degré de ploïdie (Boyeldieu, 1980).

L'analyse génomique a démontré que l'allopolyploïdie a un rôle essentiel dans l'apparition du blé tendre et du blé dur. Leur formule génomique se présente comme suit ;

AABB ($2n=4x=28$) pour le blé dur,

AABBDD ($2n=6x=42$) pour le blé tendre.

I.1.2. Caractéristiques morphologiques

Le blé est une plante annuelle qui comprend un système racinaire fasciculé peu développé prenant naissance à la base de la tige (Soltner, 1990). Celle-ci est cylindrique et creuse ; elle est appelée chaume et se compose d'entre-nœuds qui ne s'allongent qu'à la montaison. Elle porte des feuilles engainantes à nervures parallèles issues chacune d'un nœud. L'inflorescence est un épi composé de 15 à 25 épillets portés par le rachis, chacun étant constitué de 3 à 4 fleurs. Ces dernières sont hermaphrodites ce qui rend l'espèce autogame. Le grain de blé est un caryopse nu constitué d'un albumen représentant 80 à 85 % du grain, d'enveloppes et du fruit (13 à 17 % du grain) tandis que le germe n'est composé que de 3 % (Soltner, 2005).

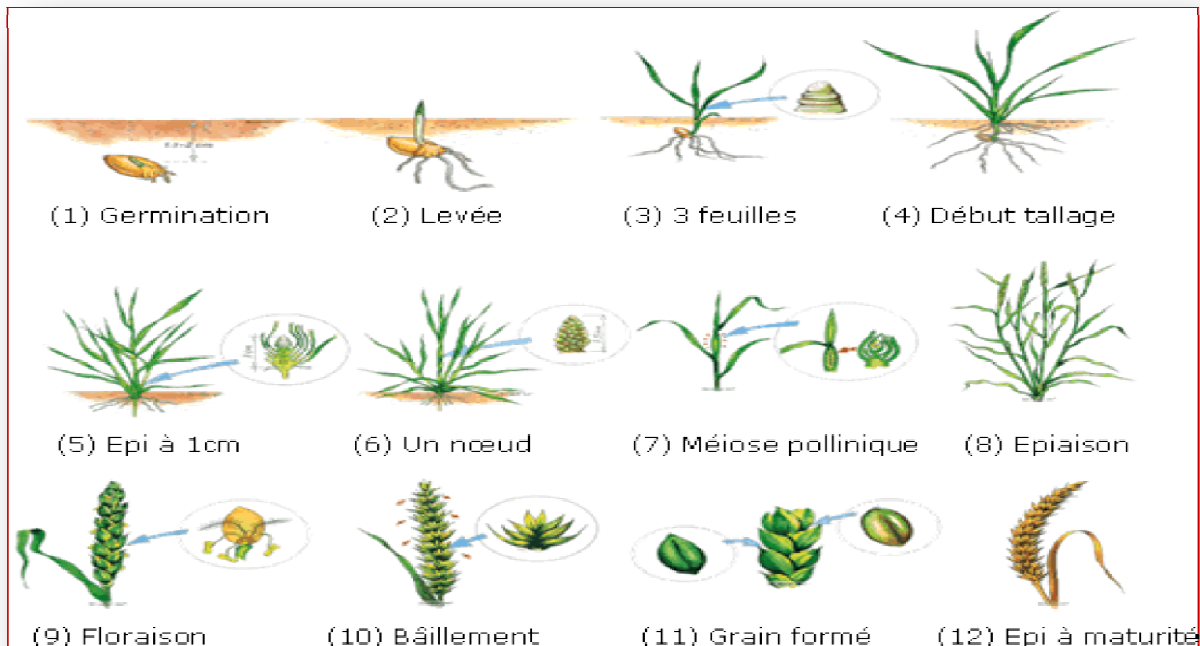
I.1.3. Cycle du développement du blé (figure 3 et tableau 1 pages 5 et 6)

Le cycle comporte une succession de plusieurs phases manifestant le fonctionnement de la plante. Certains auteurs dont Soltner (2005) les regroupent en trois périodes repères (période végétative, période reproduction et maturation). D'autres (Masle, 1982) distinguent 2 stades ; Le stade végétatif et le stade reproducteur. Le premier est caractérisé par la formation de la matière végétale (levée-montaison) ; le second concerne la reproduction et s'étale de la montaison à la maturité. Il est remarquable par l'apparition de l'épi et la formation de la graine.

I.1.3.1. Période végétative

Elle s'étend de la germination jusqu'au début de la montaison durant laquelle la plante forme des organes végétatifs tels que la racine, la tige, la feuille et le bourgeon. Pendant ce stade, les besoins de la culture sont très importants (Jonar, 1964). Cette période comprend trois phases :

- germination-levée ;
- levée –début tallage ;
- début tallage –début montaison.



(Fritas, 2012)

Figure 2. Etapes du cycle de développement du blé.

I.1.3.2. Période de reproduction

Elle correspond à une modification fondamentale du comportement de la plante et s'étend de la montaison à la fécondation. Elle est constituée de trois phases principales :

- formation des ébauches d'épillets ;
- morphogenèse florale,
- méiose fécondation.

I.1.3.3. Période de maturation

Au cours de celle-ci, aucune modification ne se produit dans les organes de la plante mais il y a formation d'embryon. Elle s'étend de la fécondation jusqu'à maturité complète des grains. Aussi, l'amidon s'accumule dans les grains ce qui joue évidemment un rôle dans le rendement. Cette période comprend ;

- la phase de multiplication cellulaire intense (12 à 15 jours chez le blé) ;
- la phase d'enrichissement en glucides et protides (10 à 12 jours chez le blé) ;
- la phase de dessiccation.

I.1.4. Exigences climatiques et édaphiques

Le rendement en grains du blé dépend à la fois du génotype ainsi que des conditions climatiques et édaphiques qui déterminent le nombre d'épis par unité de surface.

Le nombre de grains par épi et le poids de milles grains constituent deux composantes qui se forment tout au long du cycle de la plante. Ainsi, la phase de croissance du grain conditionne en grande partie le rendement final (Soltner, 1998).

I.1.4.1. Exigences climatiques

I.1.4.1.1. La température

La température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative. Elle agit sur le développement et conditionne la physiologie de chacune des phases du cycle. La germination commence dès que la température dépasse 0° C et l'optimum se situe à 25° C. Quand à la croissance, son maximum se trouve entre 15° et 22° C (Soltner, 1998). Les exigences globales pour ce qui est du cycle, elles varient entre 1800 et 2400° C selon les variétés. Notons que les exigences varient selon les stades (Bélaid, 1986).

I.4.1.2. La lumière

C'est un facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Le blé de printemps forme les ébauches florales après la 7^{ème} feuille en jours longs et après la 25^{ème} feuille en jours courts. Ses besoins en lumière sont de 12 à 14 heures. Selon (Soltner, 1988), pour garantir un bon tallage, il faut placer le blé dans des conditions optimales d'éclairement.

I.4.1.3. L'eau

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé qui exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800mm (Soltner, 1998). En zone aride, ils sont plus élevés compte tenu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1 cm à la floraison que les apports sont plus importants. La période critique se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 35 jours après la floraison (Loue, 1982).

I.4.2. Exigences édaphiques

I.4.2.1. Le sol

Le blé peut être cultivé sur différents types de sol à condition d'adapter les fumures et les variétés à chaque situation particulière, pouvant conduire à des rendements élevés. Cette espèce demande une terre ameublie pour permettre la germination de la graine et l'installation des fines racines. Les terres à blé sont préférentiellement limoneuses, argilo-siliceuses et argilo-calcaires. Du point de vue caractéristiques chimiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité. Un pH compris entre 6,5 et 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote (Soltner, 1998).

Le travail du sol est déterminant pour :

- améliorer son état physique ;
- conserver l'eau ;
- éliminer les mauvaises herbes ;
- préparer le lit de semences.

I.1.5. Différence entre le blé dur et le blé tendre

D'après Desfontaines (1789), le blé dur (*Triticum durum*) serait une espèce distincte du blé tendre (*Triticum aestivum*). Les différences les plus marquées concernent :

-la morphologie : le blé dur se différencie du blé tendre par un feuillage plus clair, totalement glabre ;

- le blé dur n'a pas les mêmes exigences que le blé tendre ; il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité. Son rendement moyen est en général inférieur à celui du blé tendre.

I.1.6. Maladies et ravageurs du blé

Le blé est une plante cultivée pouvant être attaquée par de nombreux ennemis. Les tableaux 2 et 3 illustrent respectivement les maladies cryptogamiques et ses quelques ravageurs animaux.

Tableau 1. Quelques maladies du blé.

Maladies et agent causal	Symptômes et dégâts	lutte
Rouille brune <i>Puccinia triticina</i>	Diminution sensible du rendement et de la qualité. Apparition à l'épiaison. Pustules circulaires de couleur orange ou brunâtre sur les feuilles.	Désinfection des grains. Le produit le plus utilisé est le quinolate (oxyquinolate de cuivre) avec une dose de 0.075 l/ql. Traitement pendant l'épiaison et floraison.
Rouille noire <i>Puccinia graminis</i>	Apparition après la moisson sur les pailles sous forme de pustules rouge brique très allongées sur les feuilles contenant des spores.	Traitement au stade grain laiteux –pâteux.

Fusariose <i>Fusarium nivale</i>	Dessèchement précoce suivi d'un échaudage. Contamination des épis à partir des débris végétaux contaminés.	Désinfection. Traitement du semis jusqu'à l'épiaison.
Fusariose <i>Fusarium roseum</i>	Noircissement à la base des tiges et dessèchement précoce de l'épi. Diminution du nombre de grains / épi.	Désinfection. Traitement du semis jusqu'à l'épiaison.
Charbon du blé <i>Ustilago tritici</i>	La dernière feuille avant l'épi jaunit et les épillets apparaissent entièrement détruits. Il se manifeste peu avant le moment où l'épi sort de la graine.	Désinfection des semences Elimination des épis charbonnés des champs.
Carie du blé <i>Tilletia cari</i>	Apparition à l'épiaison et couvre le blé de spores ce qui le rend inconsommable. Diminution sensible du rendement et de la qualité.	Désinfection des grains.

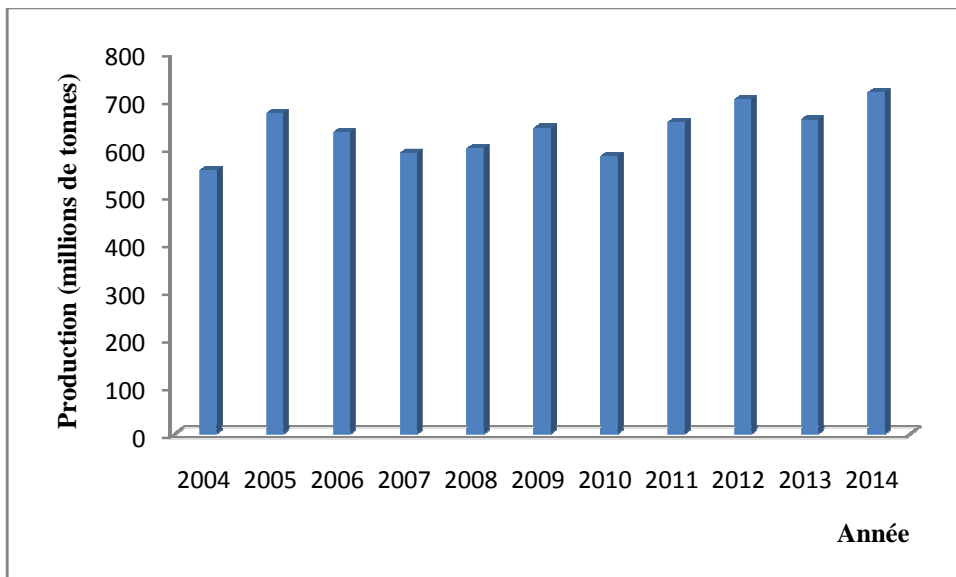
Tableau 2. Ravageurs des céréales (cas du blé).

Ravageurs	Symptômes et dégâts	Lutte
Puceron <i>Sitobion avenae</i>	Diminution du nombre de grains par épi. Prélèvement de la sève élaborée des plantes par ses piqures pour détourner à son profit une partie des éléments nutritifs. Avortement des grains.	Lutte chimique
Tribolium rouge <i>Tribolium castaneum</i>	Coloration rosée des denrées qu'il infeste	Lutte chimique
Les oiseaux Moineaux	Perte sur la récolte céréale. Dégâts sur jeunes plantes.	Enrobage des graines par un produit répulsif (spray répulsif).
Alucite <i>Sitotroga cerealella</i>	La coque de la semence est découpée et perte du germe.	Lutte chimique.
Les Muridés Rat noir	Provocation des souillures et des contaminations donc une altération des céréales stockées.	Appâts empoisonnés à déposer pendant la période hivernale. (utilisation des raticides)

I.1.7. Importance économique

I.1.7.1. Les céréales dans le monde

Les céréales et le blé en particulier occupent une place importante dans la production agricole et constitue la nourriture de base pour 35% de la production mondiale (Mebarkia *et al.* ; 2005). La superficie mondiale qui leur est consacrée est de l'ordre de 300 millions d'hectares soit la moitié environ des superficies consacrées aux cultures dans le monde (GATE, 1995 ; BOYELDIEU, 1997 ; SOLTNER, 1998 ; LECLECH, 1999). D'après la FAO, la production mondiale de blé a atteint 722 millions de tonnes en 2014, soit 1 million de tonnes de plus que l'année 2013 (figure 5 page 11).



(FAO, 2014).

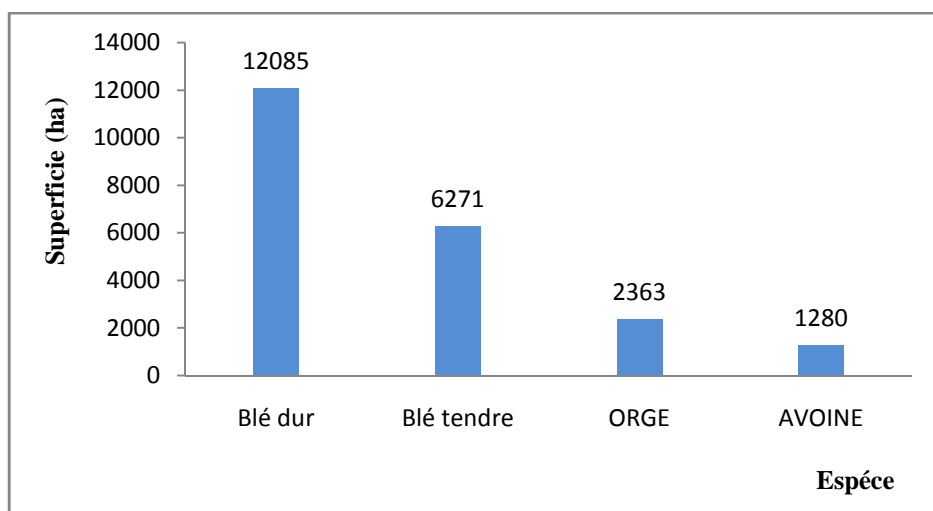
Figure 4. Production mondiale du blé au cours de la décennie 2004-2014.

I.7.1.2. Les céréales en Algérie

Les céréales constituent la base de l'alimentation en Algérie et occupent toujours une place privilégiée dans les habitudes alimentaires des ménages (Bencharif et Rastoin, 2007).

* Principales céréales cultivées en Algérie

La superficie des céréales (figure 6) est particulièrement occupée par le blé dur qui représente 60% de la surface totale suivie par le blé tendre (30 %), l'orge (20%) puis l'avoine (15%).



(ITGC, 2013).

Figure 5. Superficie des espèces céréalières en Algérie.

*** Evaluation des superficies emblavées et récoltées et de la production du blé en Algérie**

L'observation du tableau relatif aux superficies consacrées au blé durant cette dernière décennie montre que les superficies emblavées connaissent une chute importante durant la période 2007-2010, puis une augmentation avec des fluctuations d'une année à une autre. La production évolue également et varie au cours des années.

Tableau 3. Superficies emblavées et récoltées en Algérie au cours de la décennie 2004-2014.

Année	Superficies (ha)		Production (qx)
	emblavées	récoltées	
2004	2181245	1669800	27307000
2005	2036197	1603418	24147275
2006	2058053	1783825	26879300
2007	1911711	1358362	23189625
2008	1871859	1848575	11110325
2009	1889156	1006571	29531169
2010	1946565	1848575	29527000
2011	2031558	1672431	28232420
2012	2080789	1945776	34322305
2013	2066193	1727242	32990490
2014	2062190	1651311	24361968

(ITGC ,2014)

***Contraintes de la production de blé en Algérie**

- Contraintes climatiques

Les variations interannuelles de la production de blé sont dues principalement aux conditions climatiques qui varient chaque année et qui jouent un rôle dominant sur les fonctions de croissance et de développement (GATE, 1995).

- Pluviométrie

En Algérie quel que soit la zone cultivée, la pluviométrie est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (Feliachi, 2000). La pluviométrie est globalement déficitaire, puisque dans les zones les plus emblavées en céréales, elle varie de 350 mm à 550 mm (Hachemi et *al.*, 1979).

- Température

D'après (Gate, 1995), le froid constitue un des facteurs limitant de la production du blé dur. Il précise qu'une seule journée avec une température minimale inférieure à - 4 °C entre le stade épi à 1cm et un nœud pénalise le nombre de grains par épi. Les gelées printanières, dans les hautes plaines et même dans les plaines intérieures à basse altitude causent des pertes importantes par gels des épis au stade floraison (Hachemi et *al.*, 1979).

Les hautes températures interviennent aussi dans la réduction de la production. En effet, si une hausse survient au stade remplissage du grain, elle peut faire chuter le rendement de 50 % par l'échaudage (Chaker et Brinis, 2004).

- Contraintes techniques

Un faible taux d'utilisation des engrais, un mauvais suivi des techniques culturales, une utilisation des outils inadaptés et à un étalement des semis au-delà des délais techniques requis, rendent ainsi les céréales vulnérables à tout éventuel stress hydrique, notamment en fin de cycle (Anonyme, 2008).

-Contraintes foncières

Le statut de la terre d'une part, le morcellement et la dimension des exploitations, d'autre part, constituent des entraves aux tentatives d'amélioration de la production céréalière (Anonyme, 1999). Selon Rachedi (2003), 60 % des superficies se trouvent situées sur des terres peu productives et les efforts d'intensification et de mécanisation deviennent difficiles.

CHAPITRE II

GERMINATION

Les semences sont des organes issus de la reproduction par voie sexuée ou asexuée (exemples : graines, akènes, tubercules, spores...), destinés à donner naissance à de nouvelles générations de plants. Elles assurent la pérennité de l'espèce (Multon, 1982). Dans la pratique, les mots semence et graine sont souvent employés l'un pour l'autre (Vilain, 1997).

Pour Come (1970), dans l'acception la plus large du terme, il s'agit de tout ce qui se sème et de tout ce que la plante dissémine.

Une graine comprend un embryon et souvent un tissu de réserve, l'albumen (cas des céréales), protégé par une enveloppe ou tégument. L'embryon comprend les différentes parties de la future plantule qui sont la radicule, la tigelle avec à son extrémité la gemmule.

Les semences renferment de 6 à 15% d'eau, des éléments minéraux, des réserves glucidiques, lipidiques ou protidiques sous forme de grains d'aleurone (Vilain, 1997).

I.2.1. Définition de la germination

La germination désigne l'ensemble des processus physiologiques qui vont du début de la réhydratation de la graine à la sortie de la radicule. Elle est caractérisée par une importante absorption d'eau, une forte activité métabolique et thermogène intense (Heller *et al.*, 2004).

I.2.2. Facteurs de la germination

La germination d'un lot de semences dépend de nombreux facteurs selon l'origine des semences, les traitements qu'elles ont subis et les conditions de germination. En d'autres termes, la capacité germinative d'une semence est fonction de son génome mais aussi de divers facteurs que Come (1993) a regroupés en 4 catégories (figure7).

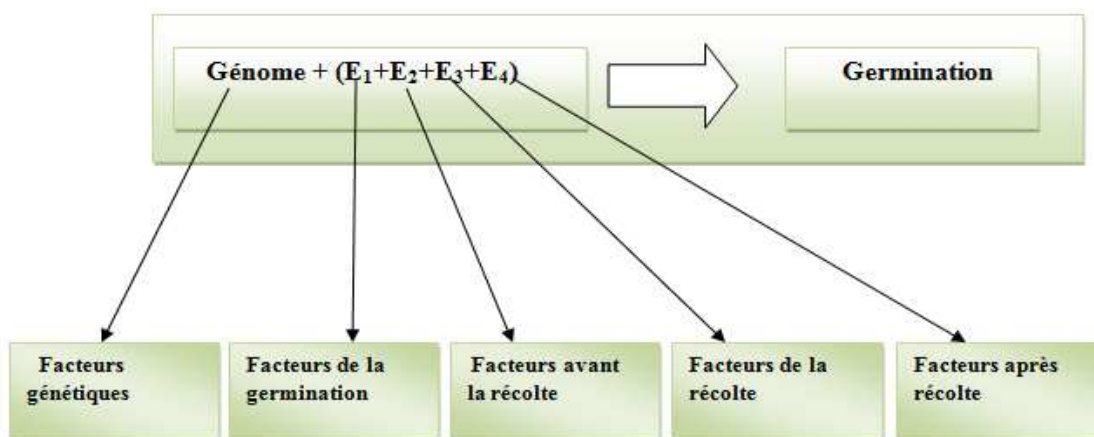


Figure 6. Facteurs impliqués dans la capacité germinative des semences (Come, 1993).

- ❖ Les facteurs avant la récolte correspondent :
 - au climat (température, lumière et pluie) ;
 - aux techniques culturales dont la fumure et les produits phytosanitaires ;
 - à la position des semences sur la plante mère ;
 - à l'âge de la plante mère.

- ❖ Les facteurs de la récolte reflètent le stade de maturité des semences au moment de leur récolte ce qui intervient principalement dans la germination.
- ❖ Quant aux facteurs après récolte, ils regroupent :
 - les traitements auxquels les semences sont soumises après leur récolte (séchage, nettoyage et triage) ;
 - la durée et les conditions de conservation des semences.
- ❖ En ce qui concerne les facteurs de la germination, ils sont d'ordre :
 - intrinsèque (levée de dormance, maturité de l'embryon, longévité de la graine)
 - extrinsèque (eau, oxygène, température, la lumière).

I.2.3. Phases de germination

Il existe 3 phases successives au cours du processus de germination (Come, 1982 ; Le Deuff, 1976 ; Evenari, 1957 ; Rollin, 1963 et 1975 ; Tissaoui) (figure 8).

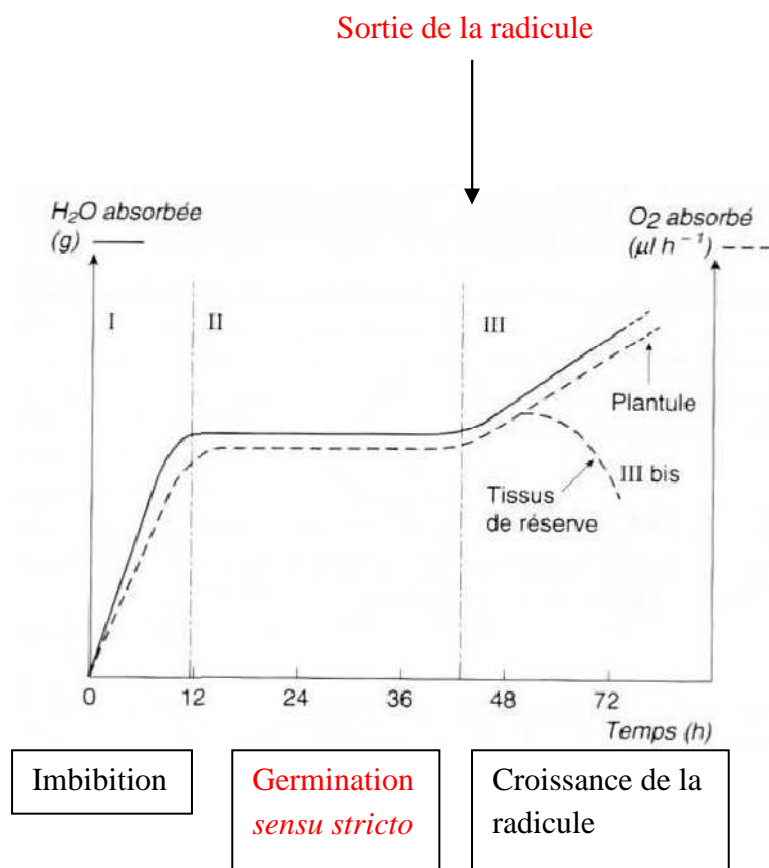


Figure 7. Courbe théorique d'imbibition d'une semence (d'après Come, 1982).

- **Phase I ou phase d'imbibition**

Elle correspond à la réhydratation des tissus permettant une reprise de l'activité métabolique et elle est accompagnée d'une augmentation de l'activité respiratoire. Au cours

de cette phase, la semence double ou triple son calibre. Elle est assez brève et dure 6 à 12 h selon les semences (Heller, 1995).

- **Phase II ou phase de germination sensu stricto**

Cette phase dite de germination “sensu stricto” ne se manifeste par aucune évolution morphologique de la semence. Elle dure 12 à 48 h et s’achève avec l’émergence de la radicule hors des téguments séminaux (Come, 1975 ; Heller, 1995). Ici, l’absorption en eau et en O₂ est infime, stable et les réserves sont mobilisées puis dégradées par la suite sous l’action d’enzymes spécifiques (figure 9). Toutefois, tant que la radicule n’a pas percé, la graine peut être réhydratée et déshydratée sans qu’elle ne soit endommagée.

- **Phase III ou phase de croissance**

Elle est caractérisée par une reprise de l’absorption de l’eau et une activité respiratoire de plus en plus importante due à l’allongement de la radicule (Mazliak, 1982). C’est un processus de croissance affectant la radicule puis la tige (Evenari 1957 ; Come 1970).

Selon Evenari (1975) cité par Mazliak (1982), elle se traduit par une activité enzymatique et une augmentation des taux de respiration et d’assimilation qui sont l’indice d’utilisation des éléments nutritifs mis en réserve et leur transfert vers les zones de croissance.

I.2.4. Quantification de la germination

La germination est quantifiée à travers certains paramètres comme suit :

- **Faculté germinative**

Le pouvoir germinatif d’un lot de semences est le pourcentage de semences capables de germer dans les conditions les plus favorables.

La capacité de germination est le pourcentage de germination, obtenu dans les conditions choisies par l’expérimentateur. Elle dépend des conditions de germination préalablement subies par les semences.

Le pouvoir germinatif et la capacité de germination ne donnent qu’une idée de l’aptitude à la germination d’un lot de semences car ils ne tiennent pas compte de la vitesse de germination (Mazliak, 1982).

- **La vitesse de germination (ou énergie de germinative)**

La vitesse de germination (temps de latence) est le temps nécessaire pour obtenir 50% de la capacité de germination ou le pourcentage de semences germées après un certain temps.

Selon Lang (1965), il faut considérer que c’est le temps mis par les semences pour germer. La vitesse de germination peut s’exprimer de plusieurs façons :

- par le pourcentage de semences germées, ou taux de germination, au bout d’un certain temps après l’ensemencement ;
- par le temps nécessaire pour atteindre 50% de la capacité de germination ;

- par le coefficient de vélocité de Kotowski (1962) qui s'exprime par l'intégration des temps de germination de chaque graine.

$$Cv = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_a}{N_1 \times T_1 + N_2 \times T_2 + \dots + N_a \times T_a} \times 100$$

N_1 : Nombre de semences germées au temps T_1

N_2 : Nombre de semences germées au temps T_1 et T_2

$$Tm = \frac{1}{Cv} \times 100 = \frac{N_1 \times T_1 + N_2 \times T_2 + \dots + N_a \times T_a}{N_1 + N_2 + \dots + N_a}$$

Tm : Temps moyen de germination qui représente l'inverse $\times 100$ du coefficient de vélocité

Selon Mazliak (1982), aucune grandeur ne peut à elle seule donner un reflet exact de l'aptitude à la germination d'un lot de semences. Il faut donc choisir au moins deux grandeurs, la capacité de germination et une expression de la vitesse de germination. Seules les courbes de germination décrivent complètement le phénomène étudié.

CHAPITRE III

SALINITE ET NUTRITION MINERALE

La salinisation est un processus d'enrichissement du sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin (Keren, 2000 ; Levy, 2000 ; Brady et Weil, 2002 ; Essington, 2004). Elle est identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres et à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides (El-Hendawy, 2004).

I.3.1. Effets de la salinité sur les plantes

L'effet de la salinité se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance ainsi que le développement et par conséquent, la productivité végétale (Wang *et al.*, 2001 ; Ashraf et Harris, 2004).

I.3.1.1. Germination

La germination utilisée pour le criblage aux stress abiotiques chez le blé, pourrait constituer un test rapide de tolérance à la salinité (Mallek-Maalej *et al.*, 1998 ; Ben Naceur *et al.*, 2001 ; Klay, 2004) ; cette dernière agit sur l'énergie germinative et le pourcentage de germination (Slama, 2004) et l'inhibe par son effet osmotique (Jamil *et al.*, 2006 ; Karmous, 2007) qui se traduit par la difficulté que trouve l'embryon à absorber la quantité d'eau nécessaire pour déclencher les processus métaboliques (Slama,2004)(figure10).

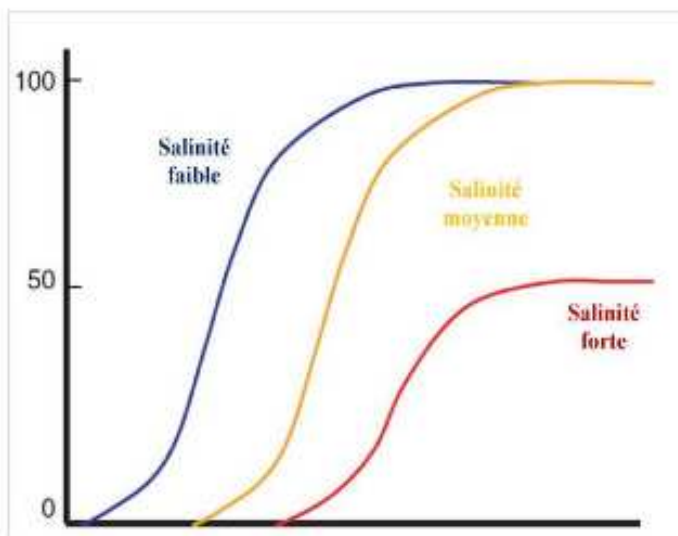


Figure 8. Diminution du pourcentage de germination avec l'augmentation de la salinité (Lauchli et Granttan, 2007).

I.3.1.2. Croissance et développement

La salinité retarde la croissance et le développement des feuilles ainsi que le tallage. Elle réduit significativement la croissance pour un seuil égal à 40 mM de NaCl pour la majorité des plantes et moins pour les plantes sensibles (phase osmotique).

Lorsque les concentrations s'élèvent à 100 mM, la capacité photosynthétique du végétal diminue et la plante meurt (phase ionique). En ce qui concerne les plantes tolérantes, les

jeunes feuilles se forment rapidement en assurant le processus de photosynthèse. Les glucides formés permettent le maintien des différentes activités vitales (Wyn et Gorham, 2002). Cependant, cette salinité pousse la plante vers la maturité (Munns et Rawson, 1999 ; Maas et Poss, 1989). Elle accélère donc la phase reproductive.

Chez le blé soumis à un stress, la phase terminale de la formation des épillets et l'anthèse se produisent deux semaines plus tôt par rapport au non stressé. Aussi, le stress augmente le phyllochrone mais réduit le nombre des feuilles engagées sur la tige principale (Grieve et al., 2001).

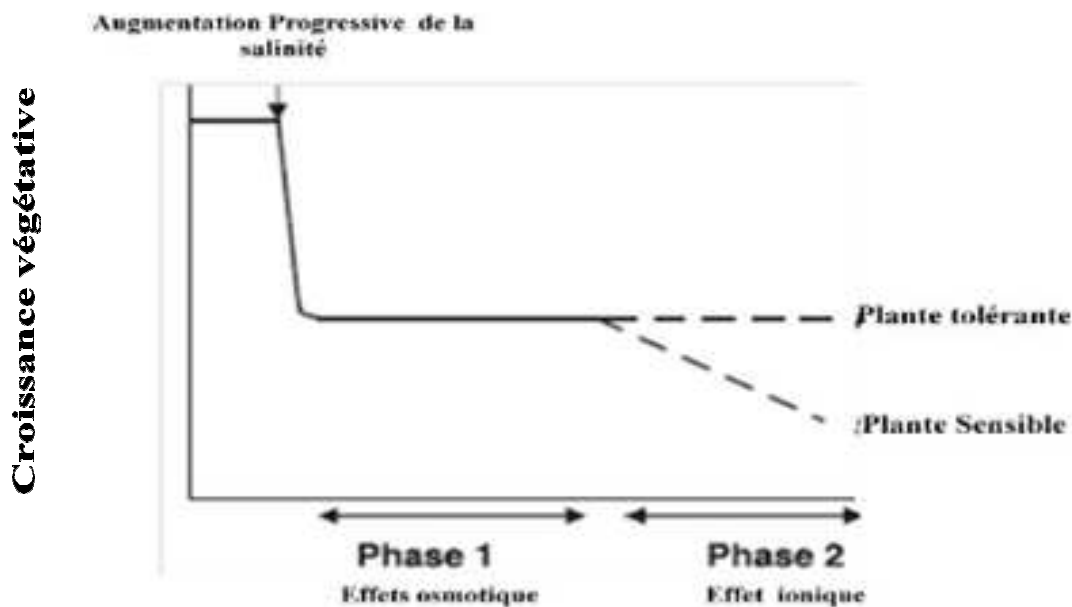


Figure 9. Schématisation des deux phases de développement des plantes tolérantes et sensibles sous stress salin (Munns, 2002).

I.3.1.3. Echanges gazeux et photosynthèse

La salinité affecte l'activité physiologique de la feuille et notamment la photosynthèse (Alem et al, 2002). Selon Munns et Tester (2008), la réduction de cette dernière est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire qui est à l'origine de la fermeture des stomates (Price et Hendry, 1991 ; Allen, 1995), en causant la réduction de la conductance stomatique (Orcutt et Nilsen, 2000). Ainsi, la diffusion du CO₂ à l'intérieur des stomates devient limitée et sa fixation au niveau chloroplastique diminue.

I.3.1.4. Reproduction

La salinité affecte la physiologie de la reproduction, et notamment la formation des grains de pollen. Chez le blé, la réduction de ces organes peut atteindre 24 à 37%. Aussi, certains auteurs dont Munns et Rawson (1999) rapportent que de courtes périodes de stress salin pendant l'organogenèse peuvent avoir des conséquences irréversibles sur la fertilité de l'épi en provoquant l'avortement des ovaires.

I.3.1.5. Rendement agronomique

Sous l'action de la salinité, tous les paramètres de rendement chez le blé subissent une réduction et plus la salinité est élevée, plus le rendement diminue (Katergi *et al.*, 1994 et Saadollah Houshmand *et al.*, 2005). Cette chute est principalement attribuée à la réduction du poids de l'épi et du poids de 1000 grains qui s'expliquerait par une mauvaise remobilisation des réserves au cours de la phase de remplissage (Saadollah *et al.*, 2005).

I.3.2. Classification des plantes vis-à-vis de la salinité (figure 12 page21)

Deux catégories se distinguent : les halophytes et les glycophytes.

Les halophytes sont capables de croître et de se développer sous un régime salin de 300 mM de NaCl (Tester et Davenport, 2008) et d'accumuler le sodium dans leurs feuilles à des concentrations élevées (Glenn *et al.*, 1999). Leur forte adaptation à la contrainte saline serait due à une modification de leurs enzymes (Flowers et Dalmond, 1977). Ces plantes sont classées selon Levigneron *et al.*, (1995) en deux catégories :

- Les plantes de types exclusif : empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, cependant cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence et des ramifications de la racine.
- Les plantes de types inclusif : capte le sel qui parvient aux feuilles de la même façon que l'eau, par un mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur le sel est stocké dans les vacuoles (qui sont des compartiments fermés au sein de la cellule) grâce à des systèmes de « pompe » moléculaires. Le sel est ainsi isolé.

Les glycophytes, par contre, sont incapables de survivre dans des conditions salines ; elles ont des comportements soit inclusifs ou exclusifs (Chinnusamy *et al.*, 2005). Une variabilité existe selon l'espèce et le génotype. Chez les céréales, le blé tendre est plus résistant que le blé dur. Cette caractéristique est liée à un gène responsable de l'exclusion du Na (Kna_1).

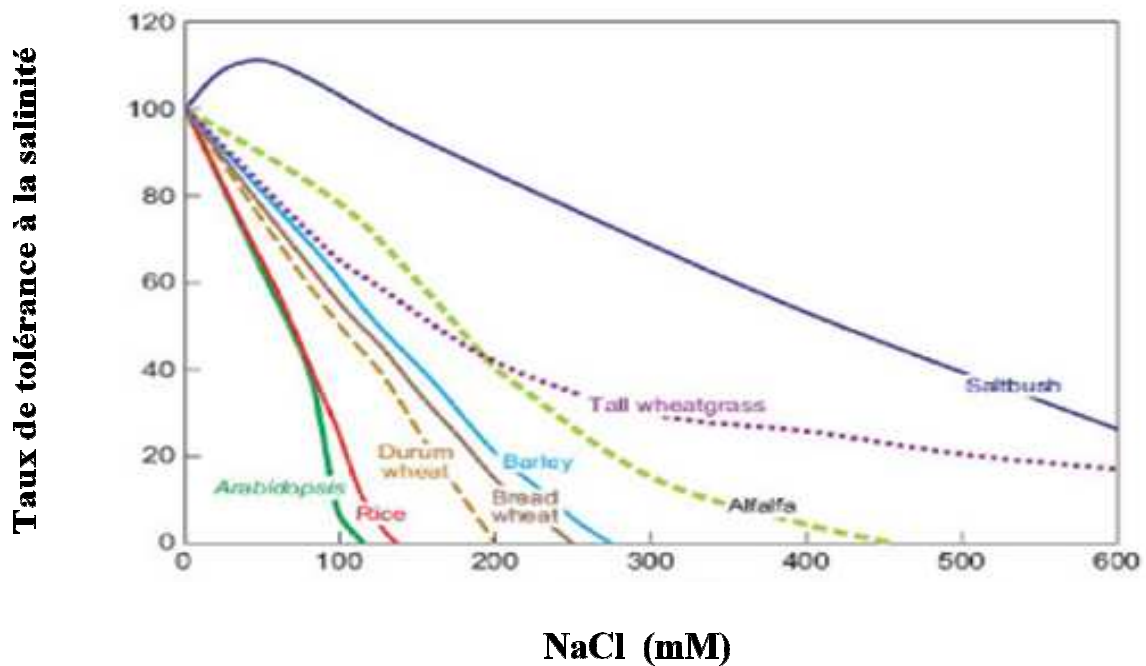


Figure 10. Classification de quelques plantes selon leur niveau de tolérance à la salinité (Munns et tester ,2008).

I.3.3. Réponses des plantes aux stress

Les plantes peuvent répondre aux stress de diverses façons. Elles peuvent éviter les effets de stress en accomplissant leur croissance durant les périodes de moindre stress ou bien elles ne peuvent pas le supporter auquel cas elles peuvent subir des lésions. Ou bien, des modifications spécifiques de leur métabolisme leur permettent d'éviter ou de tolérer les effets de stress Hopkins., (2003).

Les plantes réagissent à la salinité par un effet dépressif sur la croissance et le développement ce qui est fonction du genre, de l'espèce, de la variété ou de l'écotype (Epstein *et al.*, 1980 ; Cramer *et al.*, 1994). Selon son degré dans le milieu, les glycophytes en particulier sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (Ben Naceur *et al.*, 2001), biochimique (Grennan, 2006) et minéral (Martinez *et al.*, 2007).

La diminution de la surface foliaire chez le blé (dur) est une stratégie pour atténuer les pertes en eau dans les conditions de stress salin (Steduto *et al.*, 2000). Ainsi, par exemple, le blé dur transpire moins que le blé tendre. Par conséquent, ce dernier a tendance à mieux conserver les potentialités photosynthétiques du couvert végétal (Sarda *et al.*, 1993) du fait de la limitation de la diminution de la surface foliaire et la fermeture des stomates, ce qui permet un rendement plus appréciable par rapport au blé dur.

La réduction de la transpiration par la fermeture des stomates en condition de stress améliore l'état hydrique des tissus car les racines continuent à absorber l'eau. Le contrôle stomatique fait intervenir des messages de type chimique dont le pH de la sève (Wilkinson et

Davies, 1997) et l'acide abscissique (Davies, 1991 ; Tardieu et Davies 1993). Des plantes transformées qui synthétisent plus de cette hormone gardent un état hydrique plus favorable et survivent plus longtemps au stress (Iuchi *et al*, 2001 ; Borel *et al*, 2001). Une conséquence importante de ce mécanisme est que la plante réduit sa transpiration avant d'être en "stress" cellulaire.

De nombreuses plantes possèdent la capacité de résister aux stress par des mécanismes d'évitement ou de tolérance. Les mécanismes d'évitement réduisent l'impact d'un stress bien qu'il soit présent dans l'environnement Hopkins., (2003).

La tolérance exige que l'organisme soit en équilibre thermodynamique avec le stress, ce qui signifie que les conditions qui règnent dans la plante sont en équilibre avec les conditions de l'environnement externe. La tolérance à la sécheresse, par exemple, implique que l'organisme survive à une dessiccation qui n'endommage pas son protoplasme et qu'il conserve la capacité de répondre une croissance normale lorsque le protoplasme sera réhydraté. Un exemple extrême de tolérance est représenté par un groupe hétérogène de fougères et de plantes à fleurs qui sont globalement connues sous le terme de plantes reviviscentes (Gaff, 1977). Alors que la partie végétative de la plupart des plantes ne tolèrent pas une déshydratation même modérée, le feuillage des plantes reviviscentes survit, sans subir de dommages à un dessèchement de l'air qui provoque l'abaissement de leur teneur en eau à 7 % Hopkins., (2003).

Deux autres termes qui demandent à être expliqués sont adaptation et acclimatation. Les deux s'impliquent à une façon de tolérer un stress particulier Hopkins., (2003).

Adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héritable, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant Hopkins., (2003).

L'acclimatation, par ailleurs se rapporte à des modifications physiologiques non héritable, qui interviennent au cours de la vie d'un individu. La capacité de s'acclimater est bien sur un caractère génétique, mais les modifications produites en réponses au stress ne sont pas transmises à la génération suivante. Le processus d'acclimatation à un stress est appelé résistance et les plantes qui se sont acclimatées à un stress sont dites résistantes Hopkins., (2003).

1.3.4. Mécanisme de résistance au stress salin

Les halophytes adaptées aux stress salin, présentent trois mécanismes de résistance aux sels.

a) la régulation :

Les espèces adoptent cette stratégie pour ne pas accumulé le sel dans leurs « cytoplasme », pour cela elles disposent selon les espèces de plusieurs mécanismes. cours Mohamed Ouali ., (2013).

- exclusion du sel par les racines : s'effectue par des barrières au niveau des racines qui constitue un barrage sélectif limitant la pénétration des sels à l'intérieur des cellules.
- dilution par succulence : l'eau qui s'accumule dans les parenchymes lacuneux dilue le sel.
- redistribution du sel : le Na^+ et Cl^- peuvent rapidement migrer dans le phloème de telle façon à ce que ses ions soient redistribués à travers toute la plante et éviter leurs fortes accumulations dans les feuilles.
- L'élimination : certaines espèces laissent rentrer le sel puis l'évaporent sous différentes formes et des différentes manières (sous forme de substances volatiles, exsudation par des glandes spécialisées.... Etc.

b) la tolérance par « osmorégulation » :

Cette stratégie regroupe les espèces qui accumulent le sel. Cette tolérance est possible grâce à la capacité du cytoplasme à supporté les effets cytotoxiques et osmotiques ainsi que les déséquilibres ioniques, elle est réalisée au moyen de protéines de stress tel que (Hsp) et d'osomoprotéctant cytoplasmique « osmolytes et le sucre soluble » cours Mohamed Ouali ., (2013).

c) la compartimentation cellulaire :

Ces espèces accumulent le sel au niveau de la sève où adopte un mécanisme de compartimentation des ions dans la vacuole grâce aux ATP_{ase} membranaires à part les enzymes du cytoplasme sont sensibles aux sels. cours Mohamed Ouali ., (2013).

PARTIE II

MATERIELS ET METHODES

Ce travail a été réalisé au laboratoire de physiologie végétale du département d'agronomie de l'université Mouloud MAMMARI de TIZI-OUZOU au cours de l'année 2014-2015. Il a pour but d'étudier l'effet de contraintes saline et thermique sur la germination et la croissance de deux espèces de blé. Egalement, l'assimilation du potassium et du sodium est suivi au cours de la croissance. Ces 2 éléments sont retenus comme critères de sélection à la salinité.

L'expérimentation est menée dans des boîtes de Pétri dans le cas de la germination. Quant au suivi de la croissance, il a été mené en culture hydroponique pendant 2 semaines et en pots pendant 6 semaines.

II.1. Matériel végétal

Quatre variétés de blé fournies par le Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants (CNCC) et Coopérative des Cultures des Légumes Secs (CCLS) de Draa Ben Kheda. Ces variétés sont Bousselam, Siméto, Anza et Ain abid. Leurs Caractéristiques sont indiquées au tableau 4.

Tableau 4. Caractéristiques des variétés étudiées (catalogue officiel ITGC, 2013)

Variétés		Blé dur		Blé tendre	
		Bousselam	Siméto	Anza	Ain abid
Caractéristiques	forme de la graine	demi-allongée	demi-allongée	allongée	ovoïde
	épi :-aspect -couleur	assez compact blanc	assez compact blanc	lâche blanc	assez compact blanc
Tolérance aux maladies	rouille brune	sensible	moyennement sensible	résistante	-
	oïdium sur feuille	moyennement sensible	moyennement sensible	résistante	résistante
	oïdium sur épi			résistante	-
	septoriose	résistante	résistante		
	fusariose	moyennement sensible	moyennement sensible	résistante	résistante
		-	-	résistante	résistante
Technologie	teneur en protéines	15,5%	15,8%	11,63%	-
	PMG	élevé	élevé	élevé	-
	mitadinage	résistante	résistante	-	-
	rendement	élevé	élevé	élevé	élevé
Inscription au catalogue officiel		2000	2001	1997	2001

II.2. Méthodes

II.2.1 Germination

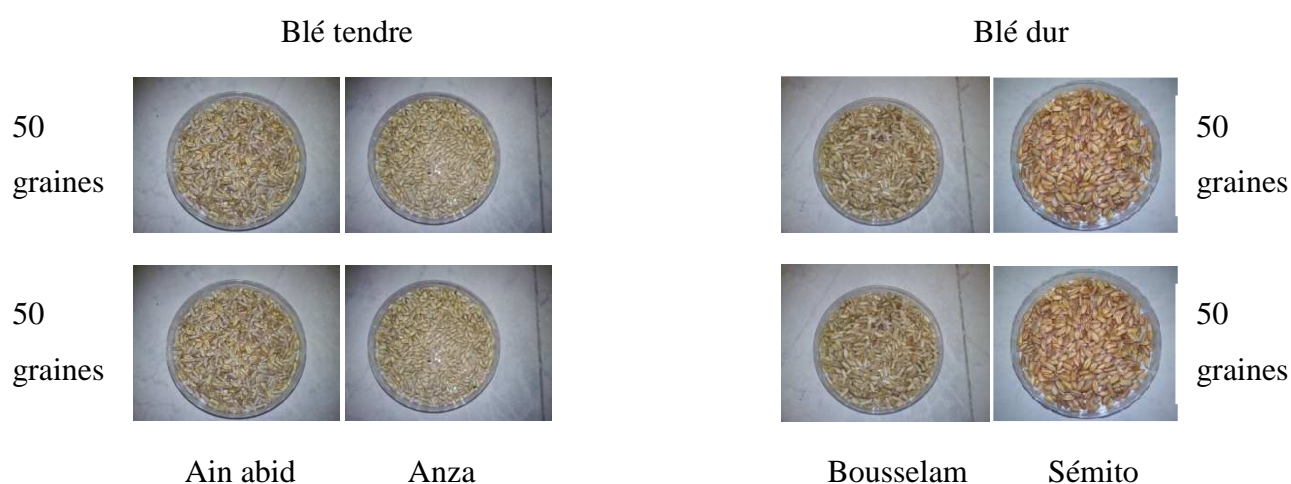
Les essais de germination portant sur 100 graines/variété ont été effectués sous différentes concentrations de chlorure de sodium [NaCl] et à différentes températures. Ces semences sont au préalable désinfectées à l'eau de javel puis lavées abondamment à l'eau de robinet. Elles sont ensuite mises à germer à raison de 50 graines par boîte de Pétri.

Les niveaux de salinité retenus sont 0, 100, 200, 275, 350 et 425 mM de NaCl. Quant aux températures, nous avons testé une gamme allant de 15 à 40°C avec un intervalle de 5°C. Le dispositif adopté est indiqué à la (figure14).

Le stade repère pour la germination est la sortie ou percée de la radicule (1mm) hors des téguments de la graine. Les relevés sont effectués quotidiennement avec un intervalle de 24 h pour chaque lot pendant 15 jours.

Les critères retenus pour l'appréciation de cette germination sont la faculté et l'énergie germinative.

Matériel végétal



Traitements

- salin (en g.l^{-1})
- +
- thermique (en $^{\circ}\text{C}$)

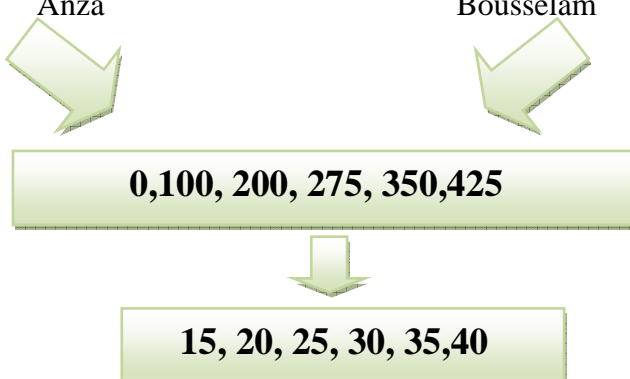


Figure11. Dispositif expérimental adopté.

II.2.2.Croissance

La croissance des jeunes plantules est suivie par des observations au laboratoire dans le cas de l'hydroponie et sous abri pour les essais conduits en pots.

II-2- 2-1- Culture hydroponique

Des plantules issues des semences germées sont mises dans des tubes à essai à raison d'une plantule par tube ; le milieu de culture est composé de 0,1 mM CaCl_2 , 0,1 mM de KNO_3 et 0,5 mM de MgSO_4 , additionné de 20ml des solutions salines (KNOP modifié). Les niveaux considérés étant 0, 75, 150, 225 et 300 mM de NaCl.

Quinze jours après la germination, nous avons effectué des mesures portant sur :

- la longueur du coléoptile (mm) ;
- le nombre moyen de racines séminales ;
- la longueur maximale des racines séminales, estimée par la longueur de la racine la plus longue (mm) ;
- le nombre de feuilles par plante ;
- le poids sec de la partie aérienne et de la partie racinaire ;

II.2.2.2.Culture en pots

L'expérimentation est conduite sous abri (tunnel) dont la superficie est de 6m^2 . La température moyenne à l'intérieur est de 25°C au mois d'avril et de 30°C au 0 moi de mai. Les semis sont réalisés dans des pots de 10 l à raison de 30 graines par pot et par variété. Le substrat est constitué d'1/3 de sable et 2/3 de terre. Pour cet essai, 3 concentrations de [NaCl] sont retenues, ce sont 0mM correspondant au témoin, 150mM et 275 mM.

La solution d'arrosage de base comprend 0,1 mM. l^{-1} de CaCl_2 , 0,1 Mm. l^{-1} de KNO_3 et 0,1 mM. l^{-1} de MgSO_4 pour chaque niveau de salinité.

Les arrosages sont réalisés avec 500 ml de solution avec une fréquence de deux fois par semaine pendant 15 jours puis trois fois du fait de la hausse des températures.

Les observations portent sur 6 répétitions / variété/ [NaCl]. Leur âge étant limité à 30 jours, 45 jours et 60 jours après semis. Lors de chaque prélèvement, nous avons mesuré:

- la longueur de la coléoptile (mm) ;
- le nombre moyen de racines séminales ;
- la longueur maximale des racines séminales estimée par la longueur de la racine la plus longue (mm) ;
- le poids sec de la partie aérienne et de la partie racinaire ;
- la quantité de K^+ et Na^+ assimilée par les racines et les tiges.

II.2.3. Détermination de la matière sèche

Les échantillons de feuilles et de racines sont mis à l'étuve à une température de 70 °C pendant 48 h pour la détermination de leur poids sec et ce jusqu'à stabilisation du poids. Ensuite, nous avons procédé au broyage de ces organes séparément pour obtenir de la poudre végétale. Cette dernière est utilisée pour le dosage du potassium et du sodium.

II.2.4. Dosage du potassium et du sodium

Le dosage du taux de potassium et de sodium dans les parties aériennes et racinaires est réalisé par la minéralisation par voie sèche qui consiste en une incinération du matériel végétal suivie d'une solubilisation des cendres.

Le mode opératoire s'effectue comme suit :

- Peser dans un creuset en porcelaine 200 à 300 mg de poudre végétale dont le taux d'humidité résiduelle est connu.
- Le creuset est placé ensuite dans un four à moufle à 300°C jusqu'à ce que le carbone cesse d'être incandescent. Ensuite la température du four est montée à 400-500°C jusqu'à l'obtention de cendres blanches. Après refroidissement de la capsule, 1 à 2 ml HNO₃ sont ajoutés pour l'oxydation des dernières traces de matière organique. Enfin, l'évaporation à sec est réalisée sur une plaque chauffante. Puis, ce matériel est replacé au four à 400°C pendant 1heure.
- La solubilité des cendres est obtenue par ajout de 3ml de HCl. La solution obtenue est filtrée puis ajustée à 50 ml avec de l'eau distillée.
- La lecture des résultats se fait à l'aide d'un photomètre à flamme.

II.2.5. La mesure du pH et de la conductivité électrique du sol

Des échantillons de sol cultivé par chaque variété sont prélevés, pour mesurer le pH et la conductivité électrique, ceci compte tenu des différents traitements salins. La période est de 45 jours.

II.2.5.1. Mode opératoire pour la détermination du pH

- peser 10g de sol tamisé au travers d'un crible de 2mm ;
- ajouter 50ml d'eau distillée ;
- agiter pendant 10 minutes ;
- laisser reposer pendant 2heures ;
- la solution est prête pour la mesure à l'aide d'un pH mètre

II.2.3.2. Mode opératoire pour mesurer la conductivité électrique

- peser 20g de sol tamisé au travers d'un crible de 2mm ;
- porter dans un bécher de 250ml, y ajouter 100ml d'eau distillée ;
- agiter pendant 2minutes avec un agitateur magnétique ;
- laisser reposer pendant 30minutes ;
- filtrer ;
- refiltrer pour obtenir un filtrat clair ;
- ajouter 2 gouttes d'hexamétophosphate de sodium à 0,1%, ce produit évitera la précipitation de CaCO₃.
- la solution est prête pour être mesurée à l'aide d'un conductimètre .

II.3.Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis au test de l'analyse de la variance. Cette analyse est réalisée par un logiciel stat box.

CONCLUSION

III. Résultats et discussion

Cette expérimentation est conduite dans le but de tester la capacité germinative des semences de 2 variétés de blé dur et 2 variétés de blé tendre soumises à des conditions de contraintes saline et thermique. En outre, des observations portant sur des plants élevés sous stress salin sont réalisées durant les 1^{ers} stades de croissance.

Afin d'évaluer le phénomène de tolérance à la salinité, nous avons choisi, comme critères physiologiques de sélection, l'accumulation et l'absorption du Na⁺ et du K⁺ des plantules en cours de croissance.

La présentation des résultats obtenus est structurée comme suit :

- Influence des contraintes saline et thermique sur la germination ;
- Influence de la contrainte saline sur le développement des plants sous conditions de culture hydroponique et de culture en pots ;
- Répartition de la teneur en potassium et en sodium dans les parties aériennes et racinaires des plantules issues de la culture en pots pour les 4 variétés de blé étudiées ;
- Evaluation de la conductivité électrique en fonction de la salinité.

III.1. Influence de la salinité sur la germination des semences étudiées sous conditions de large gamme thermique

Les résultats obtenus montrent l'action de la salinité conjuguée à celle de la température sur la germination des semences des variétés de blé tendre (2) et blé dur (2) étudiées.

III.1.1. Blé tendre

III.1.1.1. Variété Anza (figure17 page 33)

Pour cette variété, à 15, 20, 25 et 30 °C, l'ensemble des semences soumises aux différents traitements commence à germer 24 h après la mise en culture.

A 15°C, le pourcentage maximal de germination est de 100 % pour le témoin après 4 jours, 100mM et 200 mM après 5 jours, 99% pour 275mM après 7 jours, 85% pour 350mM après 7 jours et 60% pour 425mM après 8 jours.

Les pourcentages de germination obtenus à 20°C sont comme suit :

- 100% pour le témoin après 1jour ;
- 100% à la fois pour 100 mM de NaCl et 200mM après 6 jours ;
- 99% et 97% respectivement pour 275 mM et 350 mM de NaCl après 6 jours ;
- 95% pour 425 mM de NaCl après 7 jours.

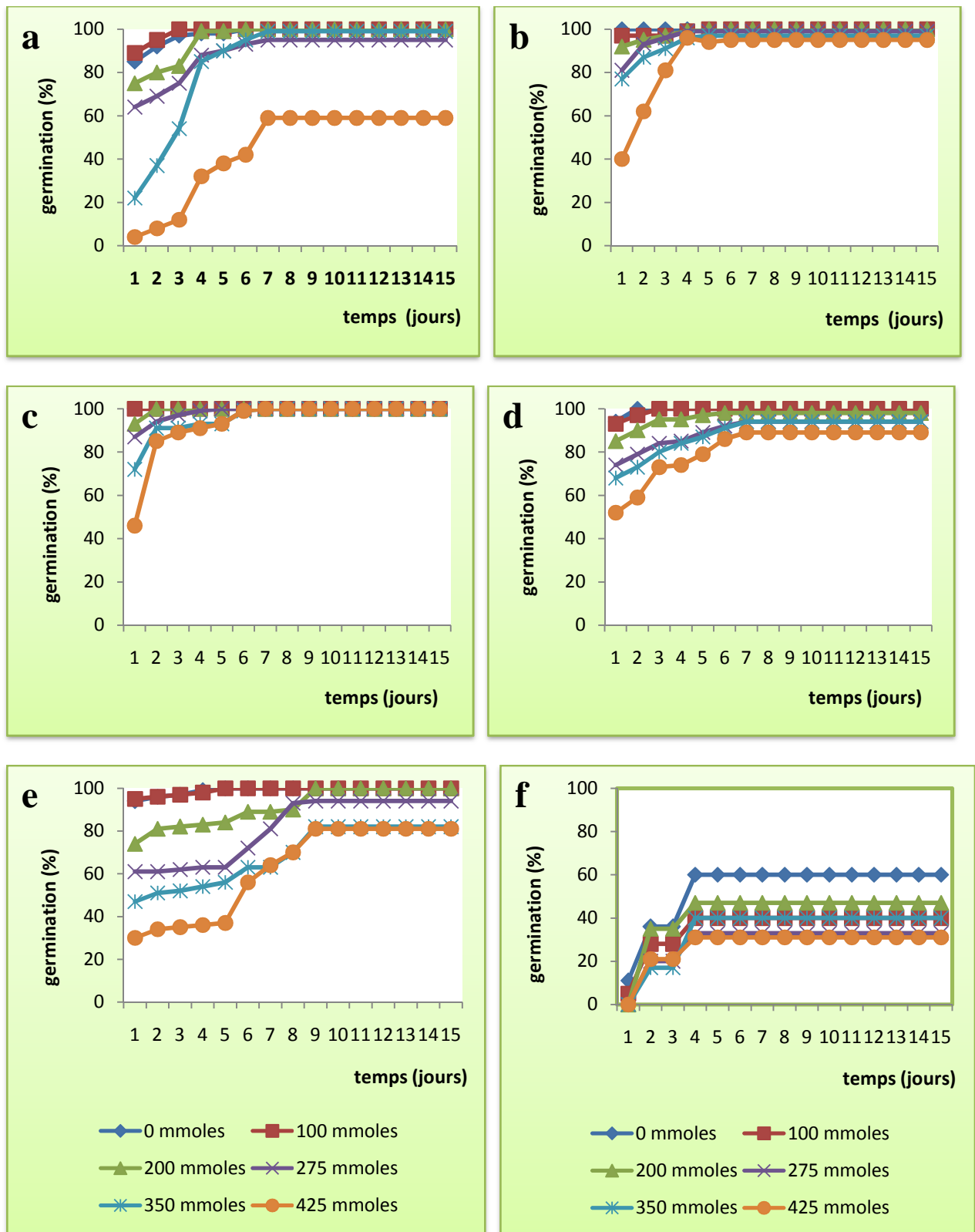


Figure 12. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Anza à différentes températures.

a = 15°C , b = 20°C , c = 25°C , d = 30°C , e = 35°C , f = 40 °C

A 35°C, le temps de latence est de 24h pour les différentes concentrations et le maximum de germination est de :

-100% pour le témoin ainsi que pour 100 mM NaCl après 6 jours et 200mM après 7 jours.

Pour les concentrations supérieures, le maximum atteint après 10 jours est de 94%, 82% et 81% respectivement pour 275mM, 350mM et 425mM.

A 40°C, la germination débute également un jour après la mise en culture pour le témoin et 100 mM de NaCl et après 2 jours pour les autres niveaux de salinité.

Le maximum de germination obtenu est de 60% pour le témoin, 40% pour 100 mM, 47% pour 200 mM, 33% pour 275 mM, 40% pour 350 mM et 31% pour 425 mM de NaCl et cela, après 5 jours.

Il ressort de ces données que ce génotype présente une germination réduite à 40°C avec les concentrations de l'ordre de 425 mM de NaCl en comparaison avec les autres traitements.

Néanmoins, les températures de 25°C et 30°C permettent des résultats très appréciables avec 100% pour la première et 89% pour la seconde. Toutefois, le pourcentage dépasse les 50% sur les températures allant 15° à 35°C.

III.1.1.2. Variété Ain abid (figure 18 page 35)

Comme la variété Anza, à 15, 20, 25 et 30 °C, la germination a lieu après 24 h pour l'ensemble des niveaux de salinité.

A 20°C le maximum de germination atteint est de :

- 100% pour le témoin après 1 jour ;
- 100% pour 100 mM de NaCl après 4 jours ;
- 100% pour 200 mM de NaCl après 5 jours ;
- 100% pour 275 mM de NaCl après 5 jours ;
- 99% pour 350 mM de NaCl après 5 jours ;
- 99% pour 425 mM de NaCl après 7 jours.

A 35°C, la germination a eu lieu après 24h d'imbibition. Le maximum atteint est de 100% pour le témoin, 99% pour 100 mM de NaCl, 95 % pour 200 et 275 mM, 79% pour 350 mM de et 70% pour 425 mM de NaCl après 10 jours.

A 40°C, le temps de latence est également de 24h pour le témoin et 100 mM de NaCl alors que pour les autres concentrations, il est de 48h. Les résultats obtenus indiquent que le maximum de germination oscille entre 22% (425mM NaCl après 3 jours) et 68% (témoin après 5 jours). Les niveaux de salinité intermédiaires correspondant à 100mM, 200mM, 275mM, 350mM et 425 mM de NaCl ont permis respectivement après 5 jours un pourcentage de 57%, 40%, 37%, 30% et 22% après 3 jours.

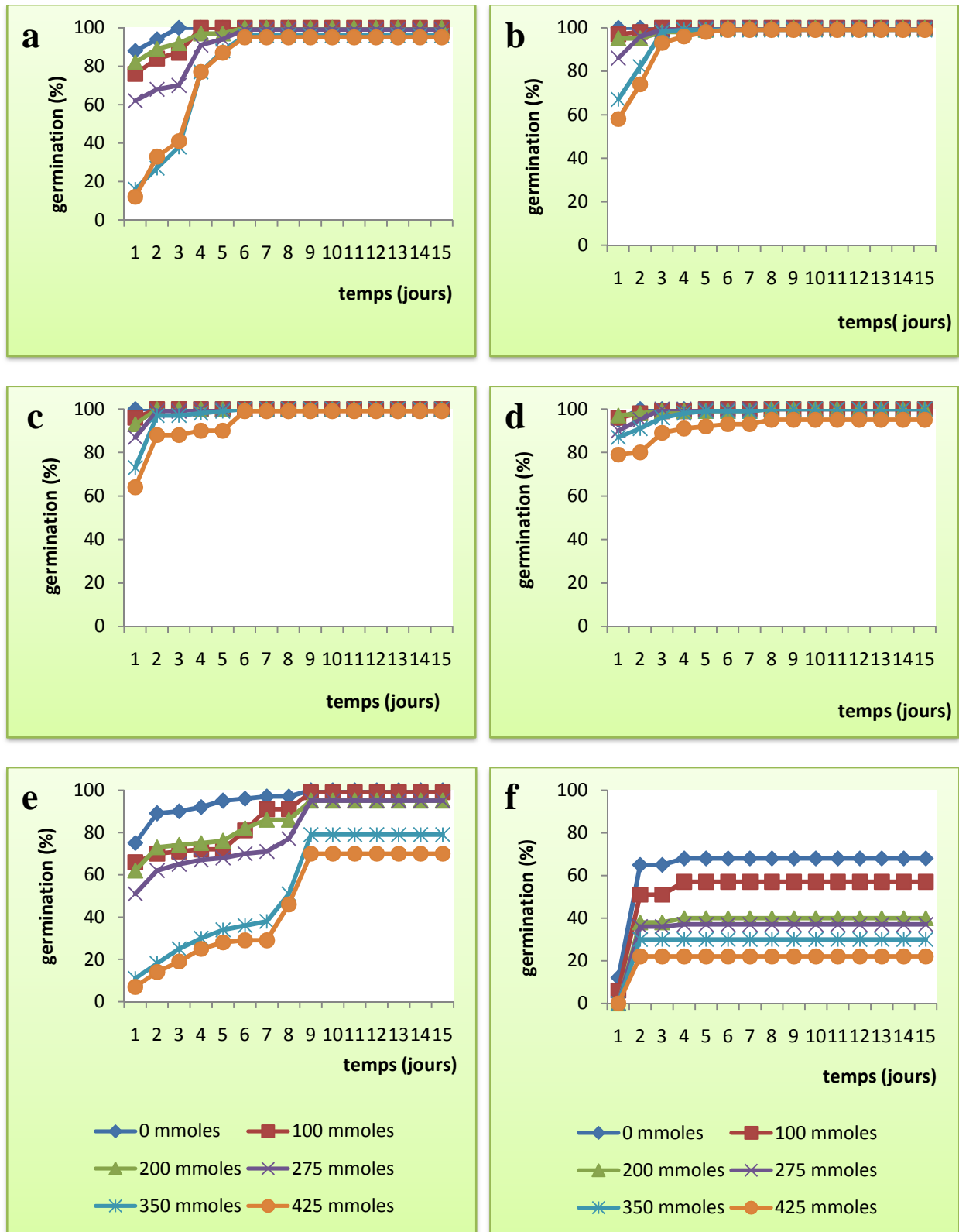


Figure 13. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Ain abid à différentes températures.

a = 15°C , b = 20°C , c = 25°C , d = 30°C , e = 35°C , f = 40 °C

Les données obtenues indiquent une germination réduite à 40°C pour l'ensemble des niveaux de salinité par rapport à l'ensemble des essais. Seuls le témoin (68%) et 100mM NaCl (57%) ont permis l'obtention de plus de 50% de semences germées. Les autres traitements thermiques s'étalant de 15 à 35°C ont abouti à des résultats très appréciables.

III.1.2. Blé dur

III.1.2.1. Variété Bousselam (figure 19 page 37)

Dans le cas de cette variété, aux températures 15, 20, 25 et 30°C, le temps nécessaire pour le déclenchement du processus de germination est de 24h après la mise en culture pour tous les traitements thermiques et salins.

A 15°C, le maximum de germination atteint est de 100% avec le témoin, 100 mM et 200 mM, 98% avec 275 mM, 93% avec 350 mM et 51% avec 425 mM de NaCl après respectivement 2, 3, 4, 4 et 6 jours.

A 20°C, nous avons enregistré :

- 100% de semences germées pour le témoin après 7 jours ;
- 99% pour 100 mM de NaCl après 7 jours ;
- 96% pour 200 mM de NaCl et 275 mM après 5 jours ;
- 91% pour 350 mM de NaCl après 7 jours ;
- 57% pour 425 mM de NaCl après 5 jours.

A 35°C la germination a débuté 24h après la mise en culture. Les observations mentionnent une stabilité de la germination entre 9 et 12 jours avec :

- 100% pour le témoin après 9 jours ;
- 99% pour 100 mM de NaCl après 11 jours ;
- 85% pour 200 mM de NaCl après 11 jours ;
- 85% pour 275 mM de NaCl après 12 jours ;
- 69% pour 350 mM de NaCl après 12 jours ;
- 56% pour 425 mM de NaCl après 12 jours.

Par contre à 40°C, le temps de latence est de 24h pour toutes les concentrations salines à l'exception de 425 mM de NaCl qui est étalé sur 72h. Le maximum de germination obtenu est de 11% pour le témoin après 1 jour, 9% pour 100 mM de NaCl et 275 mM de NaCl après 5 jours, 1% pour 200 mM de NaCl après 1 jour, 10% pour 350 mM de NaCl après 5 jours et 6% pour 425 mM de NaCl après 5 jours.

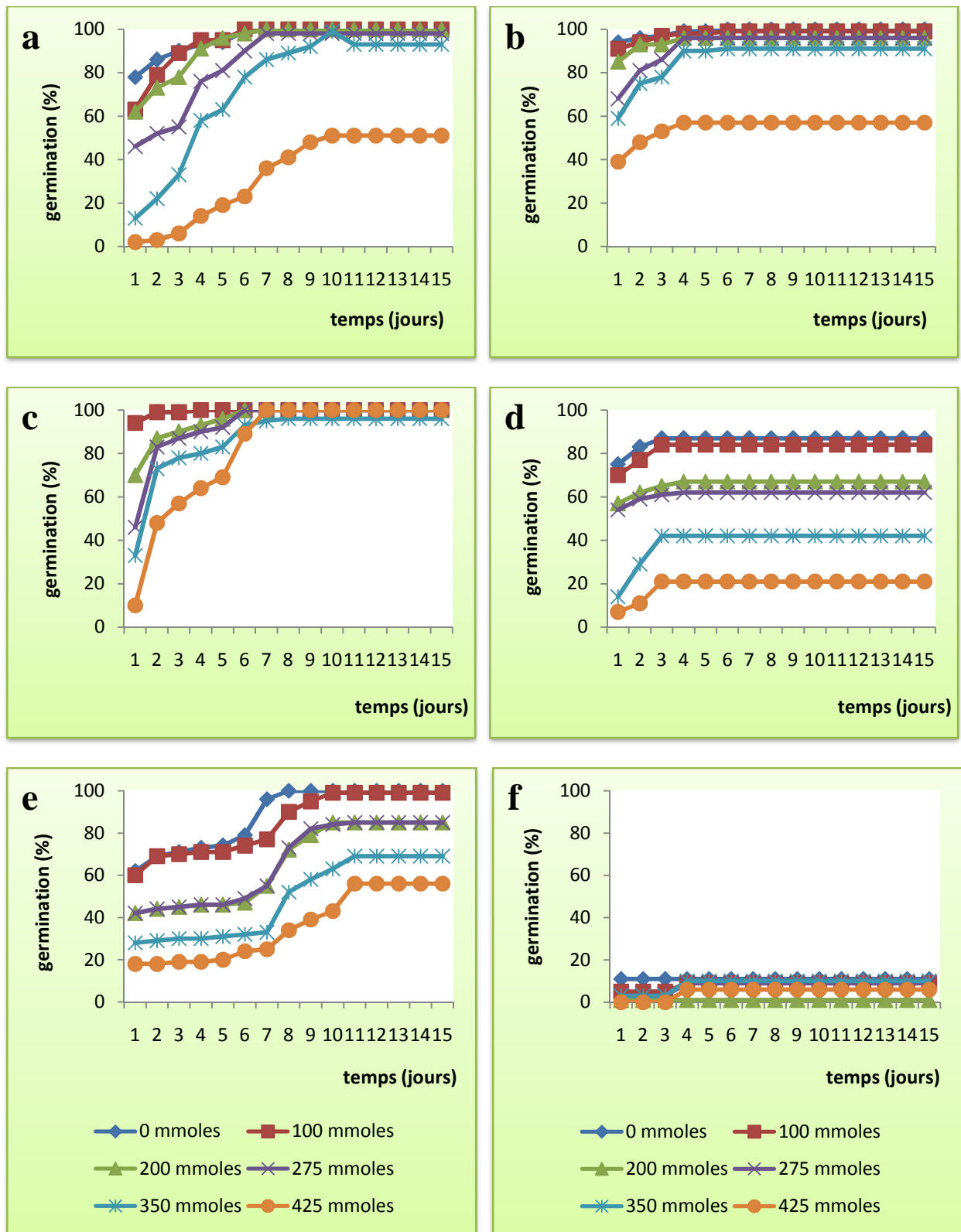


Figure 14. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Bousselam à différentes températures.

a = 15°C , b = 20°C , c = 25°C , d = 30°C , e = 35°C , f = 40 °C

De ses essais, il ressort que cette variété présente une germination inhibée à 40°C avec tous les traitements salins. Les résultats affichent un pourcentage maximal allant de 1% à 11 % avec 11% pour le témoin et 1% pour 200 mM et 6 % pour 425mM NaCl

III.1.2.2. Variété Siméto (figure 20 page 39)

Avec les températures 15, 20, 25 et 30°C, Siméto présente le même comportement que Bousselam. La germination est observée 24h après l'imbibition. Par exemple, à 20°C, le taux de germination est de :

- 98% pour le témoin après 3 jours ;
- 97% pour 100 mM de NaCl après 5 jours ;
- 98% pour 200 mM de NaCl après 5 jours ;
- 95% pour 275 mM de NaCl après 7 jours ;
- 98% pour 350 mM de NaCl après 5 jours ;
- 84% pour 425 mM de NaCl après 8 jours.

A 25°C, le taux de germination est de 100% pour le témoin, 100 mM et 200 mM, 97% pour 275 mM, 100% pour 350 mM et 98% pour 425mM respectivement après 7 jours, 7 jours, 9 jours, 11 jours, 8 jours et 9 jours.

A 35°C, la radicule est apparue après 24h avec tous les niveaux de salinité. Le taux de germination est de 96% pour le témoin, 93% pour 100 mM de NaCl, 77% pour 200 mM, 67% pour 275 mM, 72% pour 350 mM et 35% pour avec 425 mM de NaCl après 10 jours. Par contre, à 40°C, le temps de latence est de 48h pour le témoin qui a atteint 37% après 5 jours mais aucune germination n'est observée pour le reste des traitements.

Il ressort que des résultats très appréciables sont obtenus avec ce génotype et ce quelque soit le traitement appliqué à l'exception de 40°C. Par exemple, nous avons enregistré 89% de semences germées avec 425 mM de NaCl à 15°C, 98% à 25°C, 35% à 30°C mais 0% à 40°C.

III.2. Analyse de la variance relative à l'effet des facteurs température et salinité sur le pourcentage de germination

Pour la gamme de températures testées allant de 15°C à 40°C, l'analyse de la variance (annexe 2.a) montre une différence très hautement significative pour l'effet variétal ce qui nous a permis d'appliquer le test de NEWMAN-KEULS. Ce dernier fait ressortir 3 groupes homogènes avec dans le premier (a) Ain abid et Anza. Les variétés Siméto et Bousselam sont classées respectivement dans les deuxième (b) et troisième (c) groupes.

Egalement, cette analyse révèle un effet très hautement significatif pour les facteurs température, concentration et l'interaction température-concentration. Par contre, l'interaction variété-concentration saline n'est pas significative ce qui permet de déduire que le facteur salinité n'influence pas sur le comportement variétal (annexe 2.b).

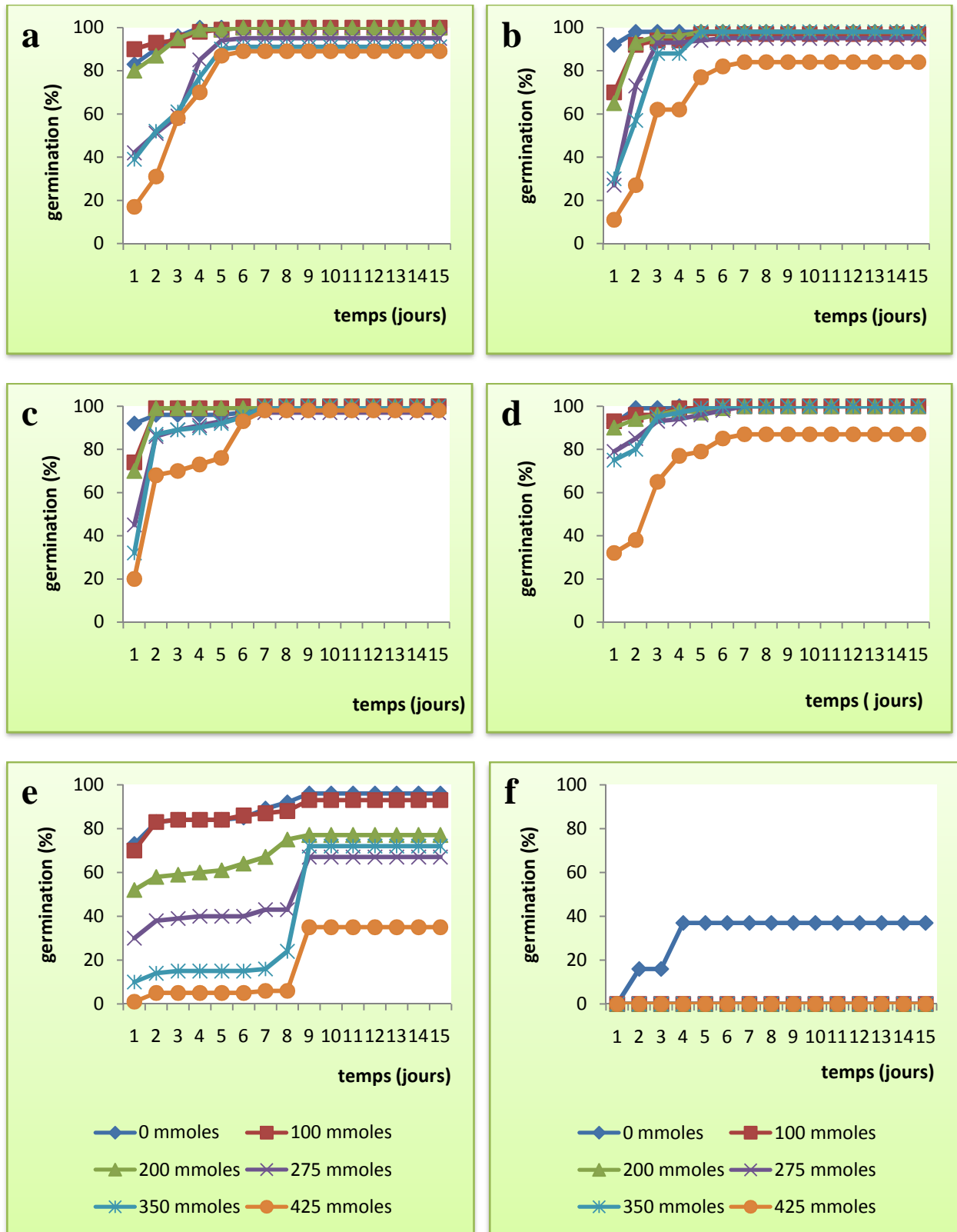


Figure 15. Influence de la salinité sur la germination des semences de la variété Siméto à différentes températures.

a = 15°C , b = 20°C , c = 25°C , d = 30°C , e = 35°C , f = 40 °C

Discussion

La germination d'une semence ne peut avoir lieu que si les conditions intrinsèques et extrinsèques sont favorables (Mazliak, 1982 ; Côme, 1970 ; Heller, 2000).

Dans le cas de notre expérimentation, nous avons tenté de mettre en évidence l'impact de la salinité sur la germination en présence d'une large gamme de températures. Les résultats obtenus montrent l'effet inhibiteur des fortes concentrations salines notamment lorsque les semences sont soumises à des températures élevées. Notons que les résultats diffèrent selon les variétés. En effet Anza, Ain Abid et Bousselam montrent que les semences mises à germer à 0 mM de NaCl présentent un pouvoir germinatif de 100% sous la température 20°C et cela, respectivement après 7 jours, 1 jour et 7 jours. Siméto accuse une légère baisse avec 98% après 6 jours.

A 15°C, la germination atteint les 100% pour l'ensemble du matériel végétal avec 0 mM, 100 mM et 200 mM de NaCl, à l'exception d'Ain Abid pour la dernière dose. Par contre, la germination est appréciable à 275 mM, 350 mM et 425 mM de NaCl pour toutes les variétés de 59% à 98%.

A 15, 20, 25, et 30°C, les résultats relatifs à l'ensemble des variétés sont très satisfaisants compte tenu des traitements salins de l'ordre de 0 mM de NaCl (100%), 275 mM (98%), 350 mM (96%) et 425 mM (98%).

A 35°C, la germination est satisfaisante pour toutes les variétés à partir de 0 mM jusqu'à 275 mM de NaCl (95%) mais reste appréciable pour 350 mM et 425 mM de NaCl (70%).

A 40°C, nous observons une réduction de la germination mais elle reste acceptable pour Anza et Ain abid jusqu'à 425 mM de NaCl, Siméto seulement pour le témoin. A noter que pour la variété Bousselam le taux de germination est négligeable pour toutes les concentrations, et nul pour Siméto à partir de 100 mM jusqu'à 425 mM de NaCl.

Pour ce qui est de l'énergie germinative, nous l'avons exprimée par le temps moyen pour atteindre 50 % de semences germées (T_{50}). Pour cela, nous avons choisi les températures les plus représentatives (15°C, 25°C et 35°C) parmi la gamme que nous avons retenue (figure 21 page 41).

La lecture de la figure fait ressortir que plus la concentration en sel augmente, plus il faut du temps pour atteindre 50% de semences germées. En d'autres termes, l'énergie germinative devient faible et l'eau arrive difficilement à parvenir jusqu'à l'embryon. Aussi, l'hydratation des réserves s'effectue très lentement ce qui retarde leur mobilisation et leur dégradation et par conséquent la germination.

Il apparaît aussi une tolérance à la salinité jusqu'à 200mM à l'exception de la variété Bousselem avec la température de 35°C pour laquelle, l'effet se fait sentir à partir de 150mM de NaCl.

Il est à noter que les températures inférieures à 20°C (=15°C) et celles supérieures ou égales à 40°C tendent à diminuer la germination voire l'inhiber comparativement à celle retenue comme référence c'est-à-dire 30°C. Signalons toutefois que 20°C et 25°C peuvent être considérées comme optimales car elles offrent des résultats très appréciables.

La comparaison des 2 espèces révèle une meilleure tolérance des variétés de blé tendre par rapport au blé dur.

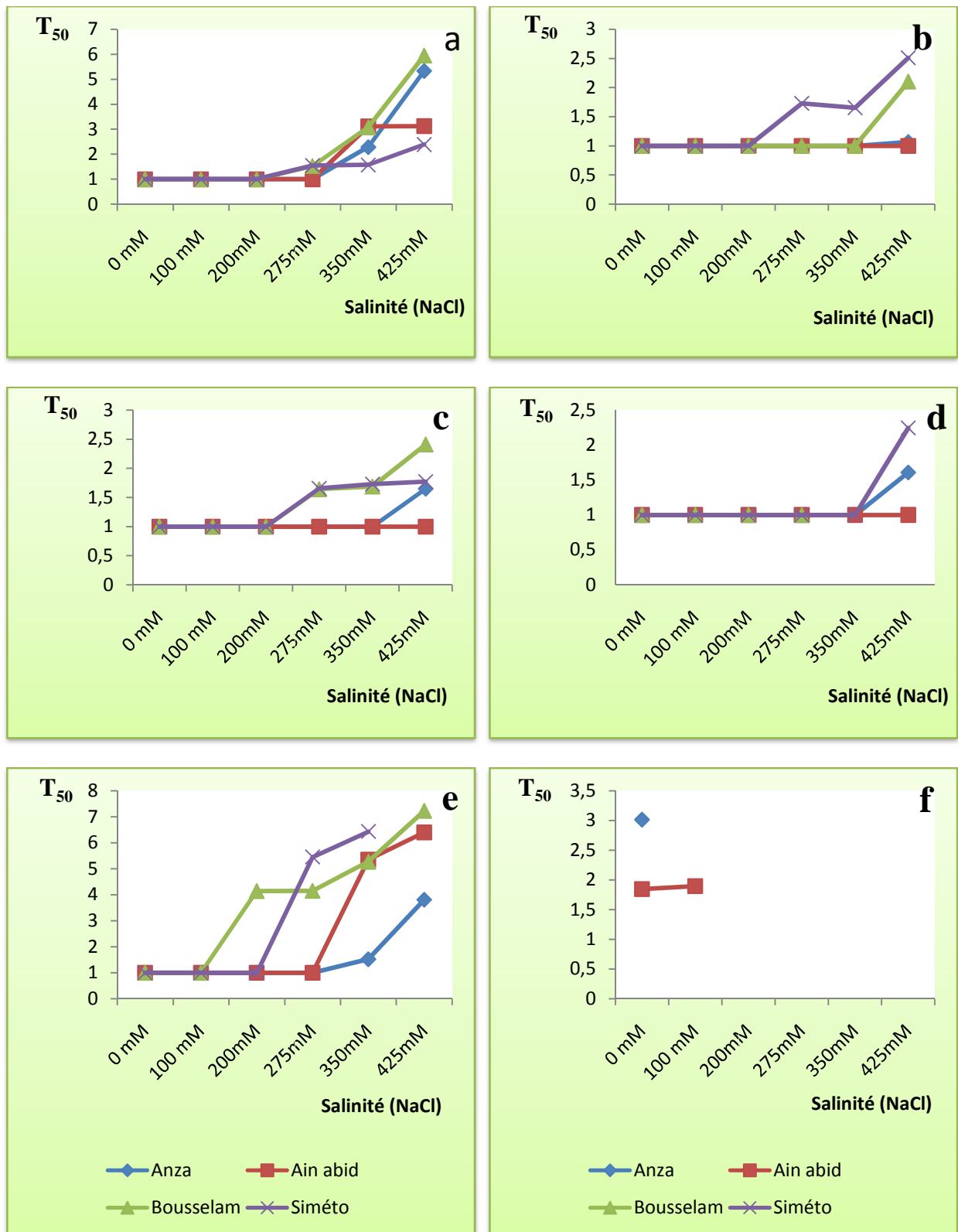


Figure 16. Evolution du T_{50} en fonction de la salinité.

a = 15°C , b = 20°C , c = 25°C , d = 30°C , e = 35°C , f = 40 °C

La gamme compatible avec la germination se situe entre 15 et 35°C y compris et remarquons à 30°C la variété Bousselam n'atteint que 87% de semences germées. Ceci peut être expliqué par le fait que cette variété a tendance à pourrir juste après l'imbibition ce qui serait dû à un phénomène pathologique (présence de champignons) pour lequel cette température est favorable au développement.

Lorsque la température atteint 40°C, la capacité de germination diminue pour l'ensemble des variétés mais il ressort aussi, que les blés tendres (Anza et Ain abid) sont plus tolérants que les blés durs (Bousselam et Siméto) (figure 22 page 42). Il est connu que lorsque la température augmente, la solubilité diminue de plus en plus et la respiration augmente. Signalons aussi que les enzymes impliquées dans le processus de germination sont influencées par la température. Celles qui sont trop élevées réduisent leur action (Mazliak, 1992).

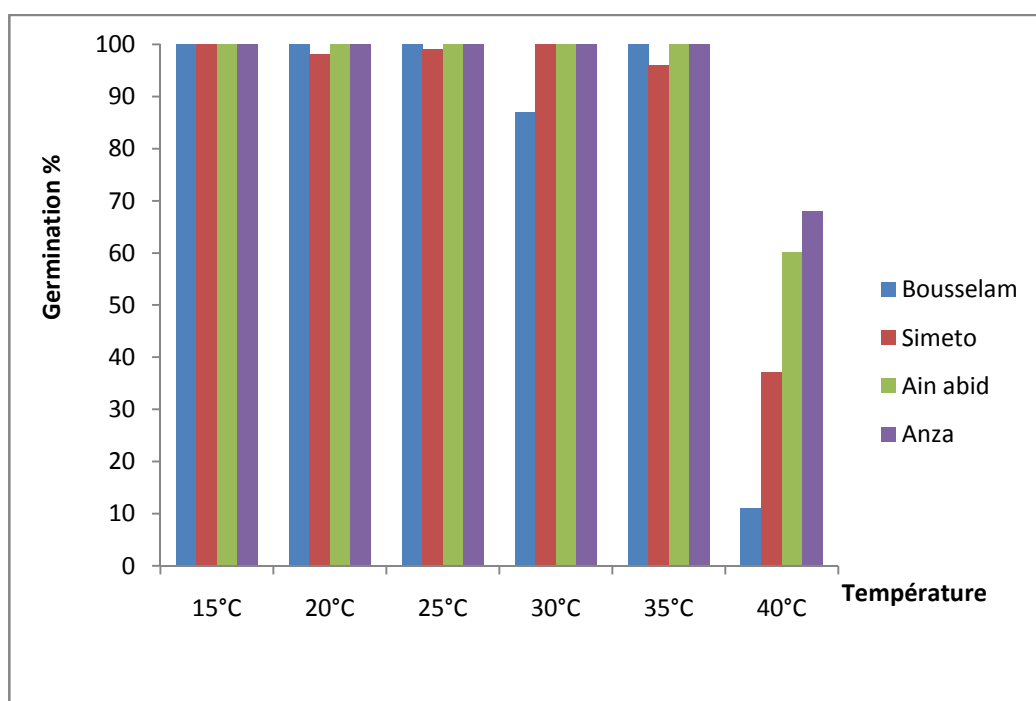


Figure 17. Germination des variétés étudiées en fonction de la température (cas du témoin).

Sur la base de nos observations, le classement des variétés peut s'établir comme suit :

A 15°C : Ain abid > Siméto > Anza > Bousselam

A 20°C : Ain abid > Anza > Siméto > Bousselam

A 25°C : Ain abid = Anza > Bousselam > Siméto

A 30°C : Ain abid > Siméto > Anza > Bousselam

A 35°C : Anza > Ain abid > Bousselam > Siméto

A 40°C : Anza=Ain abid> Bousselam= Siméto

Il ressort que dans le cas du blé tendre, la variété Ain abid germe mieux que Anza avec la gamme de températures allant de 15 à 30°C ; cependant, elle accuse un légère baisse par rapport à cette seconde lorsque les semences sont placées à 35°C et 40°C. D'après ces résultats, ces variétés Ain abid et Anza pourraient convenir pour une culture dans les zones tempérées mais aussi dans les zones semi arides.

Pour ce qui est du blé dur, nous constatons que la variété Siméto vient en première position avec les températures 15°C et 20°C. Par contre à 35°C et 40°C, c'est Bousselam qui présente un taux de germination plus élevé. Pour cela, Siméto pourrait être préconisée à des fins de culture dans les zones tempérées et Bousselam en semi aride.

La comparaison des deux espèces étudiées laisse penser que les variétés de blé tendre sont les plus résistantes au stress thermique avec un pourcentage de germination plus élevé que celui des variétés de blé dur ; cela concorde avec les résultats de Beldjoud et Moussaoui, (2008) sur Arz et HD1220 dans le cas du blé tendre ainsi que chen's et vitron pour le blé dur. Egalement, cela confirme les données rapportées par ALAOUI *et al.*, (2013) sur 6 variétés marocaines.

La faculté germinative est prolongée jusqu'à 40°C pour le blé tendre et nulle ou varie entre 3 et 6% pour le blé dur. A ce propos, LAFON *et al.*, (1990) et MAZLIAK (1982) signalent que la température est le facteur le plus important de la germination donc si cette température est trop basse, elle augmente sa durée et si elle est élevée, elle peut l'inhiber.

Au cours de notre expérimentation, nous avons pu constater que la salinité affecte peu ou pas le % de germination et cela concorde avec les observations signalées par M'barek *et al.*, (2001) sur des variétés marocaines et algériennes (Achetar, Nesma et Mohamed ben bechir) qui tolèrent bien la salinité, contrairement aux variétés tunisiennes qui se sont montrées sensibles au sel.

Egalement, d'après les résultats obtenus par Alaoui *et al.*, (2013), les variétés marocaines Karim, Acheter, Arrehane ne sont pas affectées par des concentrations modérées de sel, contrairement aux concentrations élevées où une différence est bien marquée entre le témoin et les différents traitements.

L'analyse de la variance (annexe 1) des résultats obtenus montre une différence très hautement significative pour les facteurs étudiés (variété, concentration et température).

Globalement, nos résultats montrent un effet de tolérance avec un stress salin allant de 100 à 350 mM de NaCl ce qui concorde avec ceux de Laid Benderradji (2013) sur la sélection *in vitro* pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) ; également, ils corroborent ceux obtenus par Nasri (2014) sur l'effet de la contrainte saline sur la germination et la croissance de quelques Provenance Algériennes d'arganier. Un effet dépressif est observé avec les concentrations élevées de l'ordre de 425 mM de NaCl. Cela confirme les travaux de Beldjoud et Moussaoui, (2008) sur 3 espèces de céréales (blé dur, blé tendre et orge)

III-3. Influence du stress salin sur la croissance et le développement

Afin d'apprécier l'impact de la salinité sur la croissance, différents paramètres morphologiques, physiologiques et chimiques sont retenus. Les observations portent sur :

- le dénombrement des feuilles et des racines ;
- les mesures de la longueur maximale des feuilles et des racines ;
- le poids sec des feuilles et des racines ;
- le taux de sodium dans les feuilles et les racines ;
- le taux de potassium dans les feuilles et les racines ;
- le pH
- la conductivité électrique.

III-3-1. Impact de la contrainte saline sur les différents organes en culture hydroponique

Tableau 5. Récapitulatif des résultats obtenus en culture hydroponique avec 2 variétés de blé dur (Bousselma et Siméto) et 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) cultivées en conditions de salinité.

Variété	Concentration	NF	NR	LMF(mm)	LMR(mm)	PA	PR
Siméto	0 mM	2,16	4,33	184,33	293,16	0,0187	0,0106
	75 mM	2,5	4,33	187,33	188,66	0,0325	0,0066
	150 mM	2	3,83	187,33	186,66	0,0108	0,0026
	225 mM	-	-	-	-	-	-
	300 mM	-	-	-	-	-	-
Bousselam	0 mM	2,16	5,66	156,5	88,83	0,0135	0,0045
	75 mM	1,83	5,16	206,16	170,66	0,0214	0,0083
	150 mM	1,66	4,5	99,6	91	0,0111	0,0111
	225 mM	1	3	51	50	0,005	0,005
	300 mM	1	4,5	15	25	0,0053	0,0053
Anza	0 mM	2	3,83	173,5	149	0,0133	0,0065
	75 mM	1,83	3,83	139,83	153,66	0,0169	0,0081
	150 mM	1,66	3,33	109,16	104,16	0,0169	0,0068
	225 mM	1,83	2,83	76	82	0,0101	0,0058
	300 mM	2	4	91	75	0,0018	0,0043
Ain abid	0 mM	2,33	4,66	215,83	200	0,0183	0,0113
	75 mM	2,16	5	237,5	138,5	0,0166	0,0081
	150 mM	2	5	188,66	115,33	0,0172	0,006
	225 mM	1,75	5	89,5	46,75	0,01	0,0047
	300 mM	2	5	59	16,5	0,0074	0,0031

NF : Nombre de feuilles. **LMF** : Longueur maximale de feuilles. **PA** : Poids aérien.

NR. Nombre de racine **LMR**. Longueur maximale de racine **PR**. Poids racinaire.

De la lecture du tableau 6, il ressort que 2 semaines après la germination, le nombre de feuilles varie d'une concentration à une autre avec toutes les variétés retenues.

La formation des racines est moins inhibée chez les plantules en conditions de culture hydroponique (pendant 15 jours), par rapport à celle menées en pots.

A 2 semaines de la germination, nous avons noté :

- 4,33 racines avec le témoin et 75 mM de NaCl et 3,83 avec 150 mM de NaCl pour Siméto ;
- 5,66 racines avec le témoin, 5,16 avec 75 mM de NaCl, 4,5 avec 150 et 300 mM de NaCl et 3 avec 225 mM de NaCl pour Bousselam.
- 3,83 racines avec le témoin et 75 mM de NaCl, 3,33 avec 150 mM de NaCl, 2,83 avec 225 mM de NaCl et 4 avec 300 mM de NaCl pour Anza.
- 4,66 racines avec le témoin, 5 avec toutes les autres concentrations pour Ain abid.

Notons que la variété Siméto ne présente pas de rhizogenèse avec les concentrations 225 et 300 mM de NaCl.

Aussi, la longueur des feuilles des plantes cultivées en solutions salines présente un développement réduit pour toutes les variétés, à l'exception de la variété Siméto.

Après 2 semaines de germination sous conditions de culture hydroponique, la longueur racinaire la plus importante en absence de salinité est de 293,16mm avec Siméto. En présence de 75 mM de NaCl, elle est de 170,66 mm avec Bousselam, 153,66 mm avec Anza et 138,5 mm avec Ain abid. Toutes ces valeurs diminuent avec 150 mM de NaCl et au-delà.

Le poids de la matière sèche des organes (feuilles et racines) présente un comportement variable vis-à-vis de la concentration en sel et cela, en fonction de la variété

III-3-2. Impact de la contrainte saline sur le nombre de feuilles des plants cultivés en pots

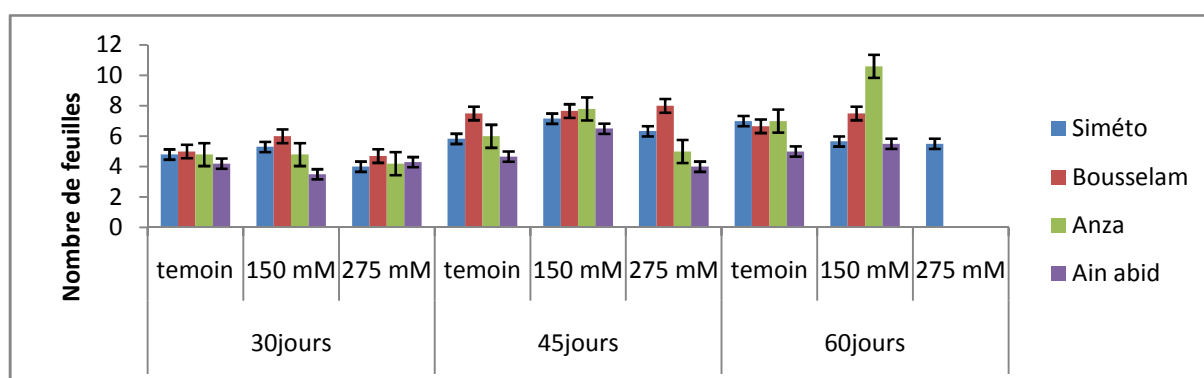


Figure 18. Influence de la salinité sur le nombre de feuilles de plants de blés (dur et tendre) cultivés en pots et âgés de 30, 45 et 60 jours.

Les résultats indiqués à la figure 23 montrent que chez l'ensemble des variétés, le nombre de feuilles varie avec la concentration en sel.

A 30 jours, il ressort que chez le blé dur, le nombre de feuilles est plus élevé avec 150 mM de NaCl par rapport au témoin. Par exemple chez Siméto, le nombre de feuilles varie de 4,8 chez le témoin à 5,3 avec 150 mM de NaCl soit une augmentation de 10,41%. Par contre, une réduction est observée lorsque la concentration augmente à 275 mM et elle est de 16,66% par rapport au témoin. Chez le blé tendre, le nombre de feuilles diminue de 4,2 feuilles avec le témoin à 3,5 feuilles lorsque la dose passe à 150 mM de NaCl soit une réduction de 16,66% pour la variété Ain abid. Dans le cas d'Anza, le témoin et le traitement 150 mM de NaCl présentent 4,8 feuilles alors que le niveau de salinité correspondant à 275 mM n'a formé que 4,2 feuilles soit une diminution de 12,5%.

A 45 jours, les résultats montrent que le nombre de feuilles est plus élevé à 150 mM de NaCl que pour le témoin pour l'ensemble des variétés. Allant de 5,83 feuilles pour le témoin à 7,16 feuilles pour 150 mM de NaCl pour Siméto de 6 feuilles pour le témoin à 7,8 pour 150 mM de NaCl pour Anza, de 4,66 feuilles pour le témoin à 6,5 pour 150 mM de NaCl pour Ain abid témoin et de 7,5 à 7,66 feuilles pour 150 mM de NaCl pour Bousselam

Il ressort que la variété Ain abid se développe mieux à 150 mM de NaCl avec une augmentation de 39,48% par rapport au témoin suivie d'Anza avec 30%, Siméto avec 22,8% puis Bousselam avec seulement 2,13% plus que le témoin. Par contre avec une dose égale à 275 mM de NaCl, c'est Siméto qui se développe mieux avec un taux de 8,57%, Bousselam avec 6,66% plus que le témoin puis Ain abid avec 14,16%. Quant à Anza, elle accuse une réduction de 16,66% par rapport au témoin.

A 60 jours, il apparaît que le nombre de feuilles est réduit pour la variété Siméto mais il augmente pour le reste du matériel végétal avec 150 mM de NaCl. Avec la première, il diminue de 7 feuilles à 5,66 feuilles soit une réduction de 19,14% pour 150 mM de NaCl. Par contre, il varie de 6,66 feuilles à 7,5 feuilles pour Bousselam soit 13,63% de plus que le témoin. Pour Anza, il passe de 7 à 10,6 feuilles soit 51,42% de plus que le témoin. En ce qui concerne Ain abid, il varie de 5 à 5,5 feuilles soit une augmentation de 10% par rapport au témoin. Cependant, nous constatons qu'avec une concentration saline égale à 275 mM, l'ensemble des plants des variétés retenues ont fini par mourir à l'exception de la variété Siméto qui elle n'accusé qu'une réduction de 21,42% par rapport au témoin.

III-3-2-1. Impact de la contrainte saline sur le nombre de racines des plants cultivés en pots

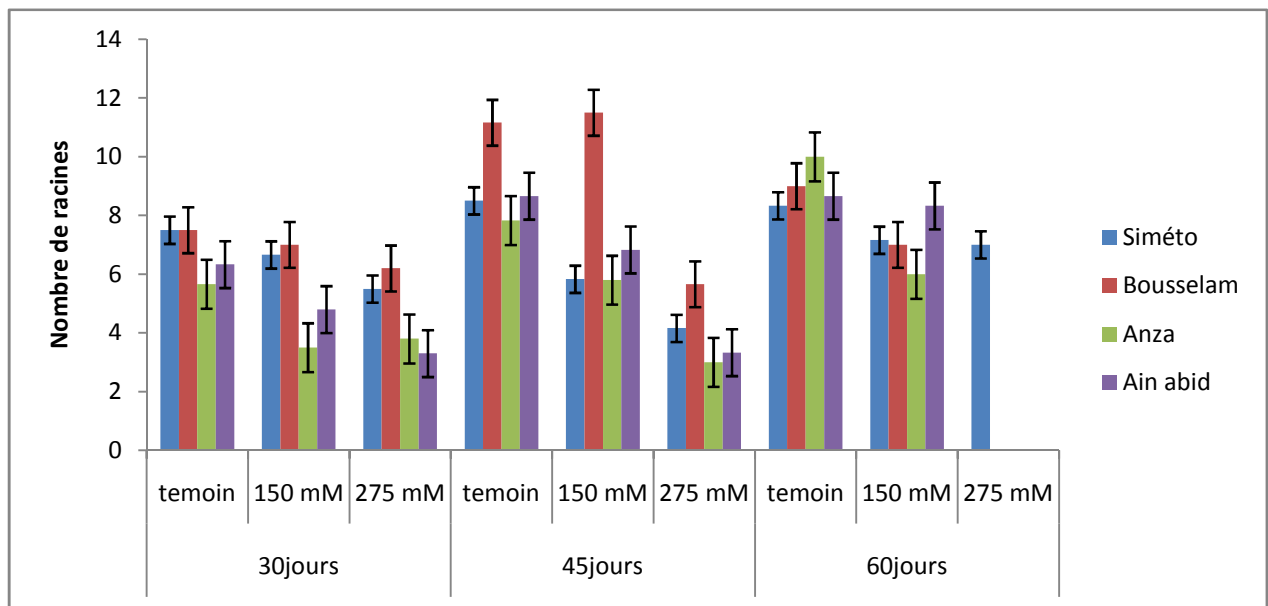


Figure 19. Influence de la salinité sur le nombre de racines de plants de blés (dur et tendre) cultivés en pots et âgés de 30, 45 et 60 jours.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que le nombre de racines est réduit pour l'ensemble des variétés allant du témoin jusqu'à 275 mM de NaCl avec 30 et 45 jours à l'exception de Bousselam à 45 jours avec 150 mM de NaCl où le nombre de racines est de 11 racines avec 10,30% de plus que le témoin.

A 60 jours du semis, le nombre de racines est de :

- 8,33 avec le témoin, 7,16 avec 150 mM et 7 avec 275 mM de NaCl dans le cas de la variété Siméto ; il en ressort des réductions de 14,04% et 15,96% par rapport au témoin respectivement pour les première et seconde concentrations ;
- 9 avec le témoin et 7 avec 150 mM de NaCl, soit -22,22% que le témoin pour la variété Bousselam ;
- 10 avec le témoin et 6 avec 150 mM de NaCl pour Anza, soit -40% que le témoin ;
- 8,66 avec le témoin et 8,33 avec 150 mM de NaCl pour Ain abid, soit une diminution de 3,81% par rapport au témoin. Notons aussi qu'avec un niveau atteignant 275 mM, tous les plants sont morts car ils n'ont pas pu résister à cette teneur en sel à l'exception de la variété Siméto.

III-3-2-2. Impact de la contrainte saline sur la longueur maximale des feuilles des plants cultivés en pots

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 21.

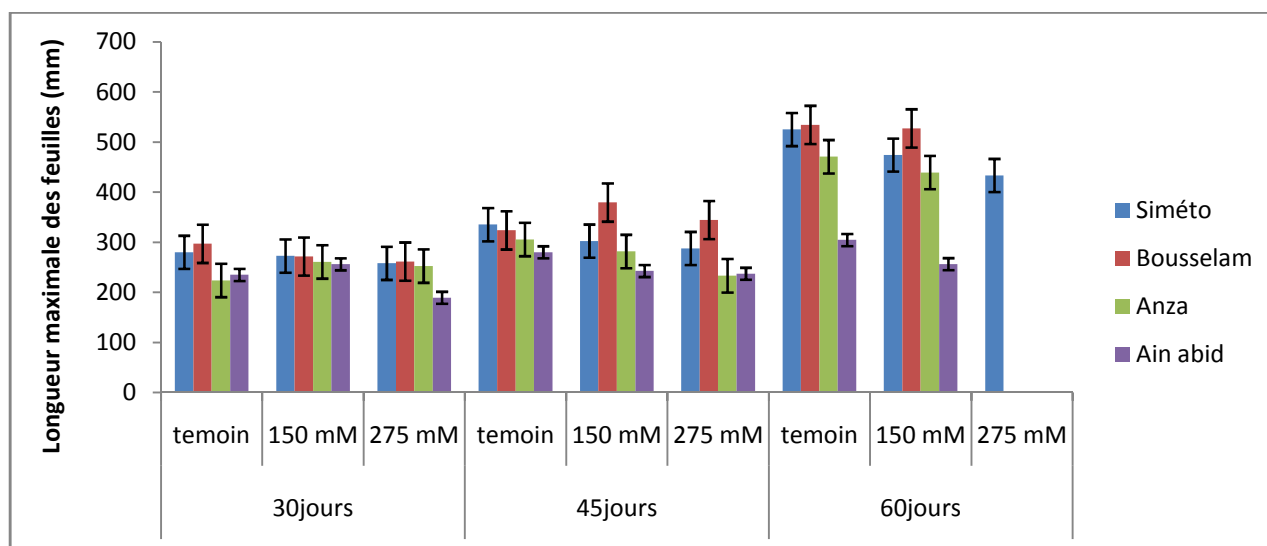


Figure 20. Influence de la salinité sur la longueur maximale de feuilles de plants âgés de 30, 45 et 60 jours chez 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) et blé dur (Bousselam et Siméto).

Il ressort qu'à 30 jours, les plants cultivés en solutions salines présentent un développement réduit par rapport au témoin et cela en fonction du gradient de NaCl, à l'exception des variétés Anza et Ain abid à 150mM de NaCl. Notons que la vitesse de croissance diminue avec l'augmentation de la concentration en NaCl (tableau 8 page 52). L'analyse statistique montre une différence hautement significative pour l'effet variétal, significative pour l'effet concentration en NaCl mais aucune différence pour leur interaction.

A 45 et 60 jours après le semis, il ressort que les plants cultivés en présence de 150mM et 275mM de NaCl sont peu affectés ; la longueur maximale des feuilles étant inférieure à celle du témoin à l'exception des plants de la variété Bousselam âgés de 45 jours avec tous les niveaux de salinité. Pour ces derniers, nous avons noté une augmentation de 17,19% de la longueur maximale de feuilles (379,5mm) par rapport au témoin (323,83mm) avec 150mM de NaCl comme il a été observé aussi une meilleure croissance foliaire (+6,43%) avec 275mM de NaCl toujours avec le même matériel végétal. L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative pour les facteurs (variété et concentration en NaCl) et aucune différence pour leur interaction.

III-3-2-3. Impact de la contrainte saline sur la longueur maximale des racines des plants cultivés en pots

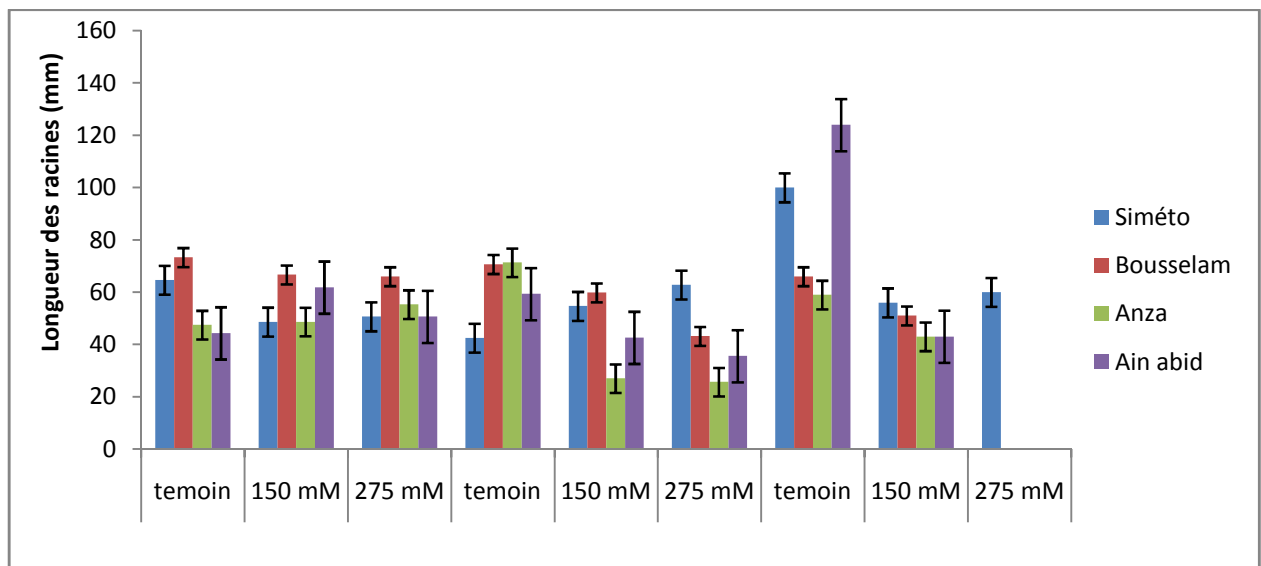


Figure 21. Influence de la salinité sur la longueur maximale de racines de plants chez 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) et blé dur (Bousselam et Siméto) âgés de 30, 45 et 60 jours.

De la figure, il ressort qu'après 30 jours du semis, la longueur racinaire la plus importante est de 73,33mm avec Bousselam en absence de NaCl.

En présence de contrainte saline 150mM de NaCl elle est de 66,66 mm avec Bousselam et 48,66mm avec Siméto. Remarquons que toutes ces valeurs diminuent par rapport au témoin. Ceci est contraire aux variétés de blé tendre où nous observons une augmentation de la longueur racinaire estimée à 48,66mm pour Anza soit +2,31% et à 61,83 mm pour Ain abid soit 39,47 % de plus que le témoin.

A 45 jours du semis, les meilleures longueurs sont représentées par les plants du témoin avec la variété Anza (71,33 mm) et Bousselam (70,66mm) ainsi que par le niveau de salinité équivalent à 275mM pour Siméto (62,83 mm)

A 60 jours après semis, la longueur racinaire la plus importante est observée chez la variété Ain abid avec 124 mm en absence de NaCl, suivie de Siméto avec 100 mm, Bousselam avec 66mm puis Anza avec 59 mm.

En présence de contrainte saline (150 mM), une réduction de la longueur racinaire par rapport au témoin est enregistrée chez toutes les variétés.

Tableau 6. Influence du traitement salin sur la vitesse de croissance (mm/j) des feuilles et des racines de plants chez 2 variétés de blé tendre et 2 variétés de blé dur âgés de 30, 45 et 60 jours.

Variété	NaCl mM/L	Vmc (mm/j) 30 jours		Vmc (mm/j) 45 jours		Vmc(mm/j) 60 jours	
		Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Siméto	0 mM	2,15	9,33	0,94	7,45	1,66	8,75
	150 mM	1,62	9,08	1,21	6,72	0,93	7,9
	275 mM	1,68	8,6	1,39	6,39	1	7,22
Bousselam	0 mM	2,44	9,9	1,57	7,19	1,1	8,91
	150 mM	2,22	9,05	1,32	8,43	0,85	8,79
	275 mM	2,2	8,72	0,95	7,65	-	-
Anza	0 mM	1,58	7,46	1,58	6,79	0,98	7,85
	150 mM	1,62	8,7	0,6	6,26	0,71	7,32
	275 mM	1,84	8,42	0,57	5,18	-	-
Ain abid	0 mM	1,47	7,83	1,31	6,22	2,06	5,07
	150 mM	2,06	8,54	0,94	5,39	0,71	4,32
	275 mM	1,68	6,31	0,79	5,27	-	-

III-3-2-4. Impact de la contrainte saline sur le poids de matière sèche des feuilles des plants cultivés en pots

Les données de la figure 23 indiquent que les plants ont un comportement variable vis-à-vis de la concentration en sel et cela en fonction de la variété. En général, le poids est inversement proportionnel à l'augmentation de la teneur en NaCl mais il apparaît quelques spécificités.

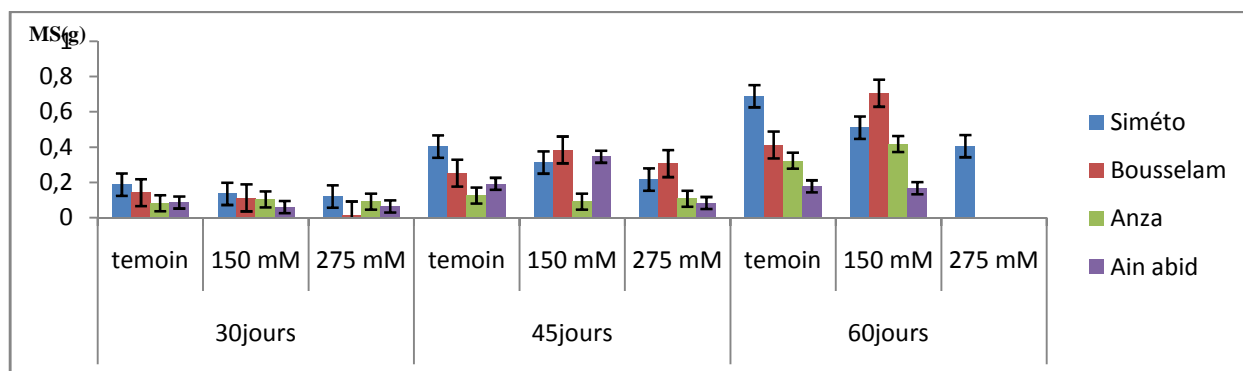


Figure 22. Influence de la salinité sur le poids de matière sèche des feuilles de plants de blés (dur et tendre) cultivés en pots et âgés de 30, 45 et 60 jours.

A 30 jours, nous observons une réduction du poids sec des feuilles par rapport au témoin dans le cas des variétés Siméto et Ain abid respectivement avec 27,65% et 29,73% pour la concentration 150mM de NaCl, et 35,74% et 25,60% pour 275mM de NaCl. Par contre, les variétés Bousselam et Anza montrent une augmentation du poids sec par rapport au témoin, avec 150mM de NaCl. Celle-ci est estimée à +20,82% pour Bousselam et 25,87% pour Anza. Cependant, une réduction est relevée avec 275mM pour la variété Bousselam.

A 45 jours, nous remarquons une diminution du poids sec par rapport au témoin pour toutes les concentrations et avec toutes les variétés à l'exception de Bousselam (+72,29%) et Anza (+51,87%) pour lesquelles une augmentation est relevée avec la dose 150mM de NaCl.

A 60 jours, les résultats sont les mêmes qu'avec ceux observés à 45 jours, mais l'augmentation du poids sec avec 150mM de NaCl pour Bousselam et Anza est estimée respectivement à 71,11% et 29,38% de plus que le témoin. Notant qu'à 275 mM de NaCl, seuls les plants de la variété Siméto ont survécu. Le poids de la matière sèche des feuilles est évalué à 0,406 g soit une réduction de 41,05% par rapport au témoin.

III-3-2-5. Impact de la contrainte saline sur le poids de matière sèche des racines des plants cultivés en pots

Les résultats obtenus (figure 24) montrent que le poids de matière sèche est inversement proportionnel à l'augmentation de la concentration en NaCl pour l'ensemble du matériel végétal à l'exception de la variété Bousselam. En effet, à 30 jours, cette dernière présente une importante augmentation du poids sec (28,57 %).

A 45 jours, nous avons observé une réduction pour le blé dur contrairement au blé tendre avec 150 mM de NaCl. Les plants des variétés Anza et Ain abid ont révélé une augmentation respective de 0,88 % et 28,42 % par rapport au témoin.

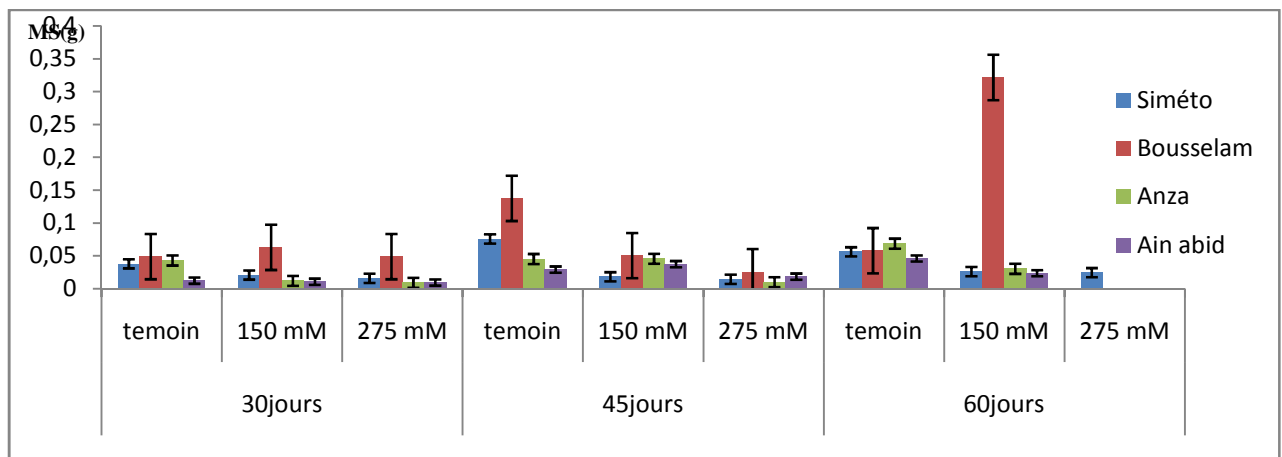


Figure 23. Influence de la salinité sur le poids de matière sèche des racines de plants chez 2 espèces de céréales (blé dur et blé tendre) cultivés en pots et âgés de 30, 45 et 60 jours.

Les plants âgés de 60 jours présentent une réduction du poids sec par rapport au témoin pour toutes les variétés à l'exception de Bousselam pour laquelle une augmentation importante estimée de 127% de plus que le témoin est observé à 150 mM de NaCl.

III-3-2-6. Impact de la contrainte saline sur la répartition de la teneur en sodium (/g de MS) dans les organes des plants cultivés en pots

Les résultats indiqués au tableau 7, montrent que la teneur en sodium est différente entre les feuilles et les racines. Elle est plus élevée dans les organes souterrains. En outre, cette teneur tend à augmenter lorsque la concentration en NaCl est élevée et cela, pour l'ensemble du matériel végétal. Signalons toutefois qu'une diminution est parfois observée lorsque la concentration en sel est égale à 150mM.

Tableau 7. Influence de la salinité sur la répartition du sodium dans les organes (feuilles et racines) de 2 variétés de blé dur (Bousselam et Siméto) et de 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) âgées de 30, 45 et 60 jours.

Temps (Jours)		30 jours		45 jours		60 jours	
Variété	Concentration	PR	PA	PR	PA	PR	PA
Siméto	0mM	19,6	10,8	4,2	7,2	15,4	5,6
	150mM	2,8	14,4	14	12,4	37,8	8,4
	275mM	30,8	7,6	15,4	16,4	18,2	11,2
Bousselam	0mM	11,6	7,2	23,8	7,6	8,4	6,8
	150mM	21	14,4	9,8	5,6	18,2	9,2
	275mM	19,6	26,8	28	15,2	-	-
Ain abid	0mM	21	10,8	21	19,6	28	17,2
	150mM	22,4	14	19,6	6	23,8	14,8
	275mM	19,6	23,2	16,8	22,4		
Anza	0mM	23,8	11,6	18,2	20,8	11,2	5,6
	150mM	25,2	13,2	12,2	11,2	22,4	7,6
	275mM	22,4	19,2	29,4	19,6	-	-

La lecture de la figure 25 montre que la variété Siméto présente un rapport de la partie aérienne sur la partie racinaire (PA/PR) le plus élevé (5,142) après 30 jours du semis avec 150 mM de NaCl. Cependant, ce rapport varie selon la concentration et la variété durant toute la période de l'essai.

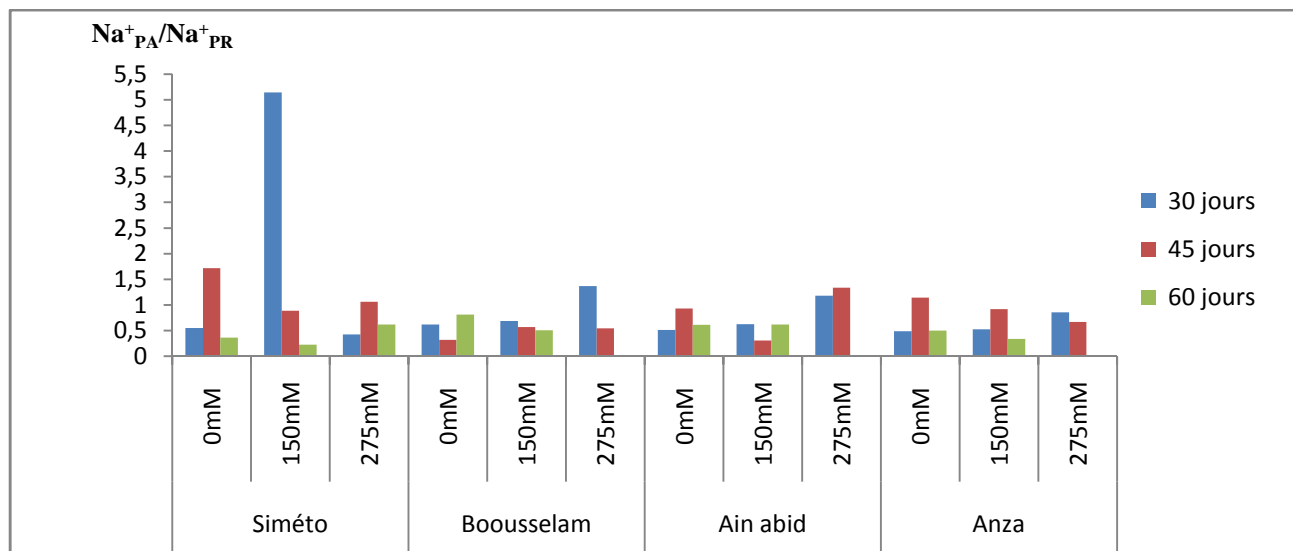


Figure 24. Evolution de la teneur en Na^+ du rapport PA/PR en fonction de la salinité chez les plants 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) et 2 variétés de blé dur (Bousselam et Siméto) âgés de 30, 45 et 60 jours.

III-3-2-7. Impact de la contrainte saline sur la répartition de la teneur en potassium (/g de MS) dans les organes des plants cultivés en pots

Dans cette partie, nos résultats montrent que la teneur en potassium dans les parties aériennes est plus élevée que dans les parties racinaires et cela chez toutes les variétés et avec tous les prélèvements que ce soit à 30, 45 et 60 jours (annexe 13).

A 30 jours, les données sont les suivantes :

*pour les feuilles

-0 mM de NaCl : 372 $\mu\text{g MS}$ pour Siméto, 328 $\mu\text{g MS}$ pour Bousselam, 600 $\mu\text{g MS}$ pour Anza et 164 $\mu\text{g MS}$ pour Ain abid.

-150 mM de NaCl : 628 $\mu\text{g MS}$ pour Siméto, 444 $\mu\text{g MS}$ pour Bousselam, 920 $\mu\text{g MS}$ pour Anza et 384 $\mu\text{g MS}$ pour Ain abid.

-275 mM de NaCl : 200 $\mu\text{g MS}$ pour Siméto, 412 $\mu\text{g MS}$ pour Bousselam, 472 $\mu\text{g MS}$ pour Anza et 548 $\mu\text{g MS}$ pour Ain abid.

*pour les racines

-0 mM de NaCl : 65,8 $\mu\text{g MS}$ pour Siméto, 117,6 $\mu\text{g MS}$ pour Bousselam, 99,4 $\mu\text{g MS}$ pour Anza et 163,8 $\mu\text{g MS}$ pour Ain abid.

-150 mM de NaCl : 259 $\mu\text{g MS}$ pour Siméto, 215,6 $\mu\text{g MS}$ pour Bousselam, 298,2 $\mu\text{g MS}$ pour Anza et 124,6 $\mu\text{g MS}$ pour Ain abid.

-275 mM de NaCl : 281,4 $\mu\text{g MS}$ pour Siméto, 57,4 $\mu\text{g MS}$ pour Bousselam, 226,8 $\mu\text{g MS}$ pour Anza et 138,6 $\mu\text{g MS}$ pour Ain abid.

A 45 jours, elles sont de :

***pour les feuilles**

-0 mM de NaCl : 168 µg / de MS pour Siméto, 268 µg MS pour Bouselam, 376 µg MS pour Anza et 452 µg MS pour Ain abid.

-150 mM de NaCl : 236 µg MS pour Siméto, 356 µg MS pour Bouselam, 356 µg MS pour Anza et 340 µg pour Ain abid.

-275 mM de NaCl : 116 µg MS pour Siméto, 104 µg MS pour Bouselam, 456 µg MS pour Anza et 324 µg MS pour Ain abid.

***pour les racines**

-0 mM de NaCl : 184,8 µg MS pour Siméto, 180,6 µg MS pour Bouselam, 99,4 µg MS pour Anza et 134,4 µg MS pour Ain abid.

-150 mM de NaCl : 75,6 µg MS pour Siméto, 134,4 µg MS pour Bouselam, 114,8 µg MS pour Anza et 93,8 µg MS pour Ain abid.

-275 mM de NaCl : 28 µg MS pour Siméto, 123,2 µg MS pour Bouselam, 140 µg MS pour Anza et 86,8 µg MS pour Ain abid.

A 60 jours, les résultats notés sont de :

***pour les feuilles**

-0 mM de NaCl : 104 µg MS pour Siméto, 216 µg MS pour Bouselam, 172 µg MS pour Anza et 268 µg pour Ain abid.

-150 mM de NaCl : 92 µg MS pour Siméto, 104 µg MS pour Bouselam, 176 µg MS pour Anza et 268 µg MS pour Ain abid.

-275 mM de NaCl : 144 µg MS pour Siméto.

***pour les racines**

-0 mM de NaCl : 93,8 µg MS pour Siméto, 165,2 µg MS pour Bouselam, 140 µg MS pour Anza et 91 µg MS pour Ain abid.

-150 mM de NaCl : 128,2 µg MS pour Siméto, 145,6 µg MS pour Bouselam, 96,6 µg MS pour Anza et 128,8 µg MS pour Ain abid.

-275 mM de NaCl : 121,8 µg MS pour Siméto.

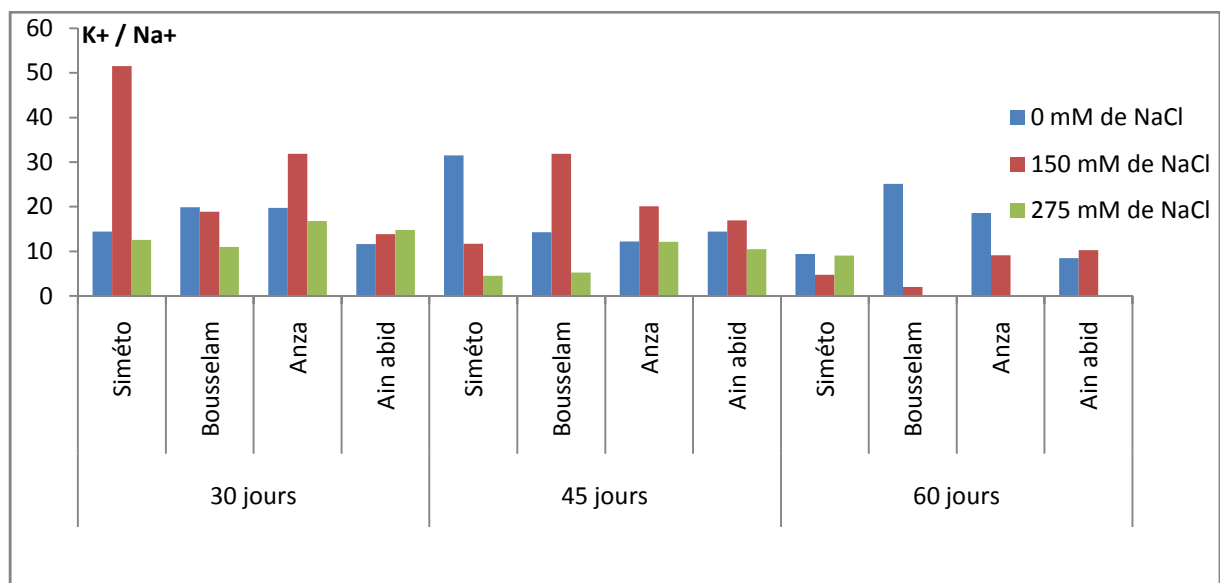


Figure 25. Influence du traitement salin sur le rapport K^+/Na^+ dans les plants de 2 variétés de blé dur (Siméto et Bousselam) et de 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) âgées de 30, 45 et 60 jours.

D'après cette figure, on peut déduire que le rapport K^+/Na^+ le plus élevé est observé chez la variété Siméto après 30 jours du semis avec la concentration 150 mM de NaCl. Notant que ce rapport varie en fonction de la concentration en sel et la période de prélèvement.

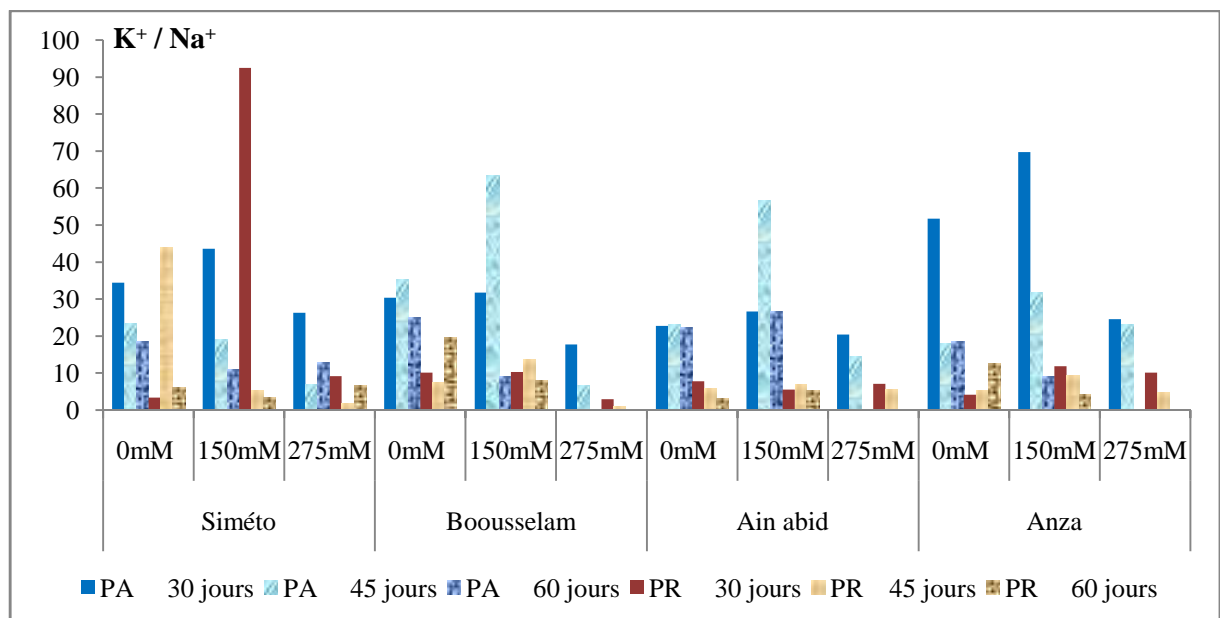


Figure 26. Influence du traitement salin sur le rapport K^+/Na^+ dans les organes de 2 variétés de blé dur (Siméto et Bousselam) et de 2 variétés de blé tendre (Anza et Ain abid) âgées de 30, 45 et 60 jours.

De cette figure, nous pouvons voir que le rapport K^+/Na^+ le plus élevé est observé dans les parties aériennes pour l'ensemble des variétés et avec toutes les concentrations en sel, excepté Siméto après 30 jours avec la concentration 150 mM de NaCl.

III-3-2-8. Evolution du pH en fonction de la contrainte saline

Les mesures du pH effectuées sur le sol à 45 jours du semis révèlent une légère alcalinité pour l'ensemble des traitements testés (figure 28). Cependant, il apparaît que la salinité influe peu sur le potentiel hydrogène mais l'optimum se situe à 45 jours. Il est de l'ordre de 8 pour l'ensemble du substrat supportant les plants de l'ensemble des variétés.

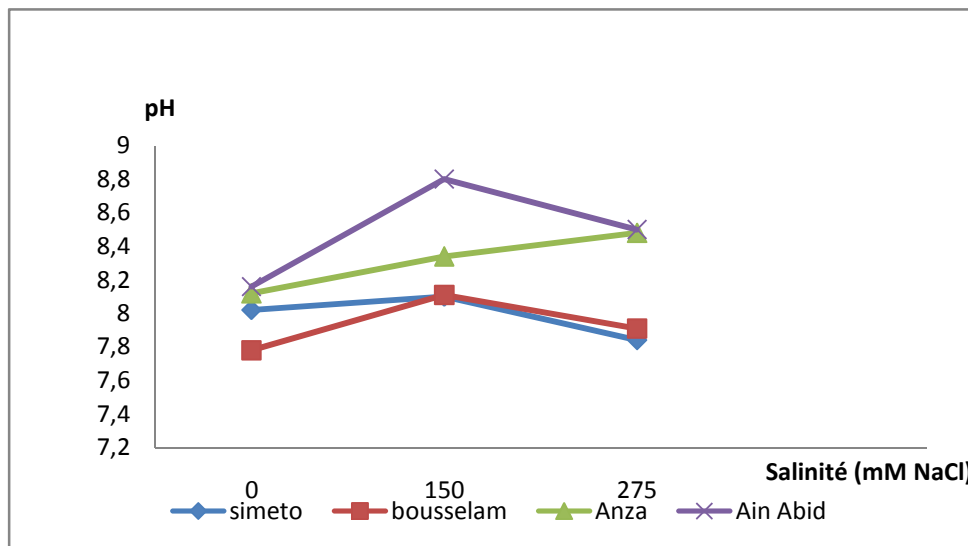


Figure 27. Evolution du pH du sol en fonction des niveaux de salinité.

III-3-2-9. Evolution de la conductivité électrique en fonction de la salinité du sol

Les données obtenues en mesurant la CE (figure 29) indiquent un gradient de salinité qui évolue proportionnellement avec la salinité. Les résultats sont :

- pour 0 mM de NaCl : 0,82 mmhos/cm pour Siméto, 2 mmhos/cm pour Bousselam, 0,515 mmhos/cm pour Anza et 2,05 mmhos/cm pour Ain Abid ;
- pour 150 mM de NaCl : 1,4 (Siméto), 1,8 (Bousselam), 0,975 (Anza) et 1,245 mmhos/cm (Ain Abid) ;
- pour 275 mM de NaCl : 1,295 (Siméto), 3,85 (Bousselam), 2,15 (Anza) et 1,775 mmhos/cm (Ain Abid).

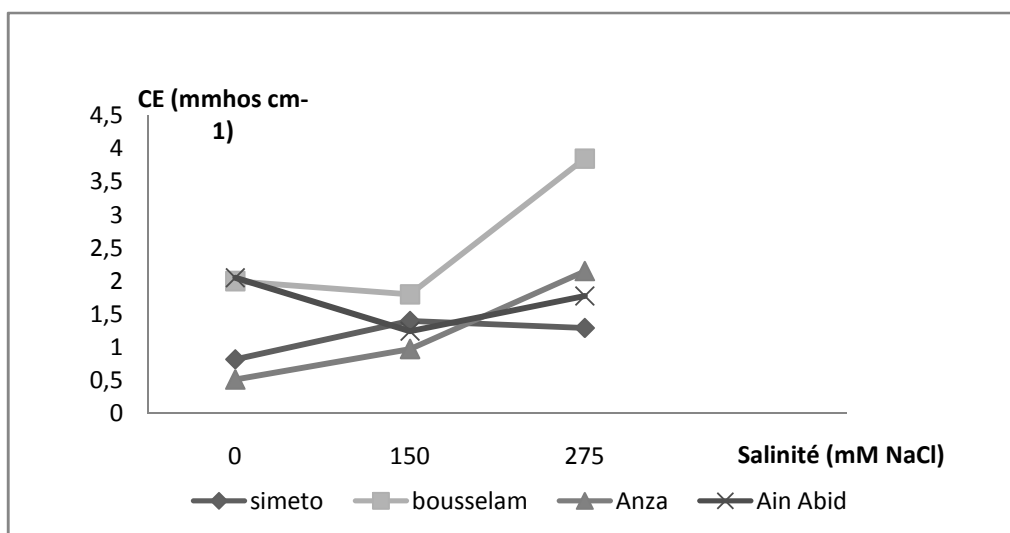


Figure 28. Evolution de la conductivité par apport à la salinité du sol.

Discussion

Dans nos conditions de culture, la concentration 150 mM de NaCl est celle qui donne de meilleurs résultats. Elle a permis une augmentation du nombre de feuilles chez toutes les variétés et à chaque prélèvement. Notons que la formation de feuilles la plus importante est enregistrée à 60 jours avec la variété Anza (10,5 feuilles avec 150 mM de NaCl).

L'analyse de la variance montre une différence variétale très hautement significative à 15 (hydroponie), 30 et 45 jours après le semis et non significatif à 60 jours après le semis. Pour l'effet concentration et l'effet interaction [variété/concentration], l'analyse présente une différence non significative avec tous les prélèvements à l'exception de la culture hydroponique avec laquelle où nous avons obtenu un résultat très hautement significatif. Cela concorde avec les travaux qui ont été réalisés par Beldjoud et Moussaoui, 2008 sur la germination de 2 variétés de blé dur (Chen's et Vitron), blé tendre (Arz et HD1220) et d'orge (Rihane et Saida) sous conditions salines. Concernant le nombre de racines, nous avons observé une réduction avec l'augmentation de la concentration en sel avec l'ensemble du matériel végétal et avec tous les prélèvements, à l'exception de la variété Bousselam. Cette dernière a accusé une augmentation de 10,30% par rapport au témoin avec 150 mM de NaCl à 45 jours du semis.

Pour la longueur de la partie aérienne, on a pu constater une réduction de cette dernière au fur et à mesure que la concentration en sel augmente et pour chaque prélèvements cela pour être expliqué par le fait que la salinité à un effet négatif sur les plantes qui se traduit par une réduction de la croissance en hauteur, ceci concorde avec les résultats obtenu par Katerji et *al.*, (2006). L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative en culture hydroponique (après 15jours), significative sur l'effet interaction [variété/concentration] après 30jours du semis. Par contre, à 45 et 60 jours du semis, il n'y a aucune signification et cela peut être justifié par l'adaptation des espèces aux différentes concentrations. Les résultats obtenus concordent avec ceux de Beldjoud et Moussaoui, (2008) sur la germination de 2 variétés de blé dur (Chen's et Vitron), blé tendre (Arz et HD1220) et

d'orge (Rihane et Saida) où les plants cultivés en présence de 75 et 150 mM de NaCl sont légèrement affectés et l'analyse de la variance ne montre aucune différence pour leur interaction.

Concernant, la longueur de la partie racinaire on a pu voir que la longueur racinaire diminue avec l'augmentation de concentration en sel et cela que soit en culture hydroponique (après 15 jours) et la culture en pots (après 30, 45 et 60 jours) pour l'ensemble des variétés étudiées ce qui peut être expliqué par le fait que le sel affecte le développement de la plante en particulier la croissance des racines Epstein et *al.*, (1993).

Signalons toutefois, que seule la variété Siméto qui a pu résister à une concentration en sel élevée 275 mM de NaCl en culture en pots contrairement en culture hydroponique où elle n'a pas pu se développer et donner naissance aux plants, ceci peut être dû au facteur substrat qui présente des minéraux qui contribuent à son développement.

L'analyse de la variance effectuée sur la croissance du système racinaire montre que l'effet variétal n'est pas significatif après 30 jours du semis mais significatif après 45 jours et très hautement significatif après 15 et 60 jours. L'effet concentration n'est pas significatif après 30 jours du semis et très hautement significatif après 15, 45 et 60 jours. L'effet interaction [variété/concentration] est très hautement significatif à 15 jours, non significatif après 30 jours du semis, significatif après 45 et 60 jours du semis.

On peut déduire qu'en présence de contrainte saline la plante dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau.

Le taux de la matière sèche des feuilles le plus élevé est observé chez la variété Bousselam (0,706 g) après 60 jours du semis avec 150 mM de NaCl, suivie de la variété Siméto (0,689 g) avec le témoin.

L'analyse de la variance montre une différence variétale très hautement significative après 30 et 60 jours du semis et significative après 45 jours du semis.

Les résultats montrent que le taux de la matière sèche racinaire le plus élevé est observé chez la variété Bousselam (0,348 g) après 60 jours du semis avec 150 mM de NaCl. L'analyse de la variance présente une différence hautement significative sur l'effet variétal et l'effet concentration après 30 jours du semis, très hautement significative après 15 et 45 jours et non significative après 60 jours. Par contre, l'interaction entre les deux effets n'est pas significative à l'exception de la culture hydroponique où il y'a eu un résultat très hautement significatif.

La teneur en sodium la plus élevée dans la partie racinaire est enregistrée chez la variété Siméto (37,8 $\mu\text{g/gMS}$) avec 150 mM de NaCl après 60 jours du semis.

Par contre, dans la partie aérienne, c'est la variété Bousselam qui l'emporte avec (26,8 μg) avec 275 mM de NaCl après 60 jours.

Selon Heller, (2004) Un rapport K^+/Na^+ élevé dans les feuilles est favorable pour la photosynthèse. Nos résultats révèlent une teneur en K^+ dans les feuilles plus élevée que celle des racines. Or, les plantes absorbent puis transportent dans leurs parties aériennes une certaine quantité de potassium qui se traduit par la croissance dont un des critères d'appréciation est l'augmentation de la matière sèche. Dans le cas de cette expérimentation, la variété Bousselam âgée de 45 jours présente une augmentation du poids de la matière sèche avec l'augmentation de la salinité contrairement au reste du matériel végétal retenu pour lequel le poids de MS est inversement proportionnel à la salinité.

Cette forte accumulation de K^+ pourrait constituer une caractéristique de résistance au sel. En tenant compte de ces données, la variété Bousselam se présente comme la plus tolérante suivie de la variété Ain abid, la variété Siméto puis la variété Anza.

CONCLUSION

Conclusion

Cette expérimentation a pour objectif d'évaluer la capacité de germination de 2 espèces de céréales sous des conditions de deux contraintes saline et thermique. Ceci pour le premier volet.

Quant au second, il traite de l'impact de la salinité sur la croissance de plantules élevées en pots contenant un substrat avec différents niveaux de NaCl (0 mM, 150 mM et 275 mM). Le suivi du matériel végétal étant réalisé sur une période de 60 jours. Cette phase est accompagnée du dosage des éléments Na^+ et K^+ sur 2 variétés de blé dur (Bousselam et Sémito) et 2 variétés de blé tendre (Ain Abid et Anza).

Les résultats obtenus montrent que la faculté germinative des 4 variétés retenues est satisfaisante c'est-à-dire (> 50%) pour la gamme de température allant de 15 à 35°C et avec toutes les concentrations en sel. Par contre pour la température 40°C, celles les variétés de blé tendre qui ont pu montrées un pouvoir germinatif satisfaisant (> 50%) avec les concentrations 0 et 100 mM de NaCl.

Toutefois, la faculté germinative diminue au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente.

L'estimation de la tolérance à la salinité est établie sur la base de la réponse du matériel végétal et l'évaluation de la faculté germinative avec la concentration 425 mM de NaCl, nous permet de classer les variétés retenues comme suit :

- A 15°C: Ain abid> Siméto> Anza> Bousselam ;
- A 20°C: Ain abid> Anza> Siméto> Bousselam ;
- A 25°C: Anza= Bousselam> Ain abid> Siméto ;
- A 30°C: Ain abid> Anza> Siméto > Bousselam ;
- A 35°C: Anza> Ain abid > Bousselam> Siméto ;
- A 40°C: Anza>Ain abid> Bousselam> Siméto.

Nos résultats montrent que dans le cas du témoin, la meilleure capacité germinative est enregistrée avec 30°C pour Siméto (100%) en présence de concentrations allant de 100 à 350 mM de NaCl, pour Bousselam (84%) pour la concentration 100 mM, (100%) pour Ain abid pour toutes les concentrations à l'exception de 425 mM de NaCl (95%) et Anza (100%) pour les concentrations 0 et 100 mM de NaCl et une diminution à partir de la concentration 200 mM de NaCl .

Il ressort également que le stress salin agit négativement sur la croissance, cette dernière est inhibée par la contrainte saline (275 mM de NaCl) avec pour conséquence une réduction :

- de la hauteur de la tige;
- de la longueur racinaire;
- de nombre de feuilles et de racines;
- du poids sec de la plante entière, des feuilles et des racines;
- du taux de K^+ et Na^+ dans les parties aériennes et racinaires de la plante.

Les dosages réalisés sur le potassium et le sodium montrent que la teneur en Na^+ varie entre les feuilles et les racines et est fonction de la concentration en NaCl pour toutes les variétés étudiées. Elle augmente proportionnellement à la salinité.

Pour ce qui est du potassium dont les prélèvements de plants sont réalisés à 45 jours, il varie en fonction des concentrations en sel. Nos résultats montrent que le rapport K^+/Na^+ augmente avec la concentration 150 mM de NaCl pour la variété Bousselam, Anza et Ain Abid et cela pour la partie aérienne. Pour la concentration 275 mM de NaCl, nous avons observé, une diminution pour toutes les variétés.

D'après notre essai, le comportement des variétés au cours de la germination vis-à-vis de la salinité est différent de celui en pots. En effet, le blé tendre s'avère plus tolérant alors que durant la croissance, c'est Bousselam (150mM NaCl) et Siméto (275mM NaCl) variétés de blé dur qui se développent mieux.

Pour terminer, nous pouvons dire sur la base de la comparaison du matériel étudié que les variétés de blé tendre semblent plus tolérantes au sel dans le cas de la germination alors que les blés durs se comportent mieux que les premiers au cours de la phase de croissance au stade 45 jours ce qui n'est pas le cas à 60 jours exceptée pour siméto avec 275 mM NaCl. Toutefois, ces travaux ne sont que préliminaires et ils devraient être approfondis sur tout le cycle de développement.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- Alaoui M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antari L., Zahouily M., et Hmyene A. (2013)** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *Revu J. Mater. Environ. Sci.* **4 (6)** : 997-1004
- Alem C., Labhilili M., Brahimi K., Jlibene M., Nasrallah N., et Filali-Maltouf A. (2002)** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C. R. Biologies*, **Vol. 325**: 1097-1109.
- Alem C., et Tester, (2008)** Sodium excluding genes from durum wheat and sea barley grass improve sodium exclusion of bread wheat. *2nd International Salinity Forum. Salinity, Water and Society- global issues* .p: 15-17
- Allen R.D., (1995)** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol.* **107**: 1049-1054.
- Amtmann A. et Sanders D., (1999)** Mechanisms of Na⁺ uptake by plant cells. *Adv. Bot. Res.* **29** : 76-112.
- Anonyme, (1999)** Analyse des contraintes liées à la céréaliculture de développement de la filière céréale, pp 8-10.
- Anonyme, (2008)** La filière céréales en Algérie, Ministère de l'Agriculture (contraintes), 25p.
- Ashraf M. et Harris P., (2004)** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, **166**: 3-6.
- Ayliffe M., Mitchell H., Deuschle K. et Pryor A., (2005)** Comparative analysis in cereals of a key proline catabolism gene. *Mol Gen Genomics.* **274**: 494-505
- Azevedo Neto A., Prisco J., Eneas-Filho J., De Abreu C., Gomes - Filho E., (2006)** Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt sensitive maize genotypes. *Environ Exp Bot* **56** : 87-94.
- Belaid D., (1986)** Contribution à l'étude de l'influence des types et des doses d'engrais phosphatés sur le prélèvement du potassium par une culture de blé dur dans la région d'El Gléa. *OPU. Alger.* 126 p.
- Beldjoud, S. et Moussaoui R., (2008)** Germination de deux variétés de blé dur, de blé tendre et d'orge sous conditions de contraintes saline et Thermique et évaluation de la croissance. *Mémoire d'ingénieur en science agronomique.* 112 p.

Benaceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Medahi M. et Selmi M., (2001) Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, **12 (3)** : 167-174.

Bencharif A., et Rastoin J. L., (2007) Concepts et méthodes de l'analyse de filières agroalimentaires : application par la chaîne globale de valeur au cas des blés en Algérie. Montpellier, UMR MOISA. Working Paper **7**, 24 p.

Blumwald E., (2000) Sodium transport and salt tolerance in plant cells. *Current Opinion in Cell Biology*. **12**, 431-434.

Boyeldieu J., (1980) Amélioration génétique, production. ED.TA. pp 72-111. Campus Inra - Agro Montpellier.

Boyeldieu J., (1997) Techniques agricoles – précis de physiologie végétale. *Techniques Agricoles Fascicule n°2020*.

Brady N.C. et Weil R.R., (2002) The nature and properties of soils. 13 th end. Prentice Hall, Upper Saddle river, NJ, USA. 935p.

Chaker A. et Brinis L., (2004) Effet d'un stress thermique à la chaleur sur quelques traits biochimiques de quelques génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Céréaliculture*, N° **42**: 21-28.

Chinnusamy V., Schumaker K. et Zhu J. K., (2005) Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *J of Experimental Botany*. **55**: 225-236.

Claussen, M. et Gayler, V., (1997) The greening of Sahara during the mid-Holocene: results of an interactive atmosphere - biome model, *Global Ecol. and Biogeography Lett.*, **6** : 369-377.

Côme D., (1970) Les obstacles à la germination. Edition Masson et Cie. Terminologie, pp : 9-10.

Côme D., (1982) Germination, p. 132 In Mazliak P. « croissance et développement. Physiologie végétale II » Hermann, 465 p.

Côme D., (1993) Apports de la recherche à l'amélioration de la qualité germinative des semences. *Acad. Agric. Fr.* **79**: 35-46.

El Hendawy S., (2004) Salinity Tolerance in Egyptian Spring Wheat Genotype, p: 65-68.

- Epstein E., Norlyn J.D. , Ruch D.W. , Kinsbury R.W. , Cunningham A.F. , Wrona A.F., (1993)** Les signaux racinaires de la régulation stomatique. Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale, Editions INRA, Paris (les colloques, n°64), pp : 75-79.
- Essington M.E., (2004)** Soil and water chemistry, an integrative approach. *CRC Press, USA*. pp : 16-19.
- Événari M., (1957)** Les problèmes physiologiques de la germination. *Bulletin Société Française Physiologie Végétale*, **3(4)**: 108.
- FAO, (2014)** [Http://www.faostate.com/](http://www.faostate.com/)
- Feliachi K., (2000)** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. *In proc. Symposium blé 2000*, enjeux et stratégie Algérie. pp : 21-27.
- Feuillet P., (2000)** Le grain de blé. INRA.Paris. N°280168v. 25p.
- Flowers T., Dalmond J., Yeo F., A., R., (1977)** The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **28** :89-121.
- Gallais A. et Bannerot H., (1992)** Génétique et amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection, Ed. INRA, Paris, 367p.
- Garg A., Kim K., Owens J., Ranwala T., Choi A., Kochian Y.V.et Wu R.J., (2002)** Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **99**: 15898-15903.
- Gate P., (1995)** Ecophysiologie du blé. *Technique et Documentation*. Lavoisier. Paris. 120p.
- Glenn, E. P., Pfister, R., Brown, J., Thompson, T. L. et O’Leary J., (1996)** Na and K accumulation and salt tolerance of *Atriplex canescens* (Chenopodi-aceae) genotypes. *Am. J. Bot.* **83**: 997–1005.
- Gorham J., Hardy C., Wyn Jones R. G., Joppa L. R., Law C.N., (1987)** Chromosomal location of a K/Na discrimination character in the D genome of wheat. *Theor. Appl. Genet.* **74**: 584- 88.
- Gorham J., Wyn Jones R. G and Bristol A., (1990)** Partial characterization of the trait for enhanced K⁺ and Na⁺ discrimination in the D genome of wheat. *Planta* **180**: 590-97.
- Grennan A. K., (2006)** High Impact Abiotic Stress in Rice. An «Omic» Approach; *Plant Physiology*, **Vol. 140** : 1139-1141.

- Hachemi MM., Saidani.,Bouattoura et Ait ameur C., (1979)** Situation des céréales en Algérie. *Céréaliculture*, N° 11. pp: 7-12.
- Heller R., Esnault R. et Lance C., (1998)** Physiologie Végétale, tome I Nutrition., 6^e Edition de l'Abrégé, Imprimerie Dunod, Paris. 323 p.
- Heller R., Esnault R. et Lance C., (2004)** Physiologie Végétale1, tome I. Nutrition. Dunod, Paris, 350 p.
- Heller R., (1995)** Physiologie végétale, tome 2 : développement. Dunod, Paris, 241 p.
- Hernandez J.A., Ferrer M.A., Jimenez A., Ros-Barcelo A., et Sevilla F., (2000)** Antioxidant systems and O₂/H₂O₂ production in the apoplast of *Pisum sativum* L. leaves: its relation with NaCl induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiol.*, **127**: 817-31.
- Hopkins W.G., (2003)** Physiologie Végétale. Edition de Boeck Université. pp : 288-314.
- Jonar P., (1964)** Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Annal de l'amélioration des plantes*. pp : 101-130.
- Karmous C., (2007)** Contribution à l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. *Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale*. INAT, Tunis. 211p.
- Katerji, N.; Mastrorilli, M. and Rana, G., (1994)** Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: *Review and analysis. Europe. J. Agronomy* **2**: 493– 507.
- Keren R., (2000)** Salinity. In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. *CRC Press, NY,USA*. pp: G3-G25.
- Kotowski F., (1962)** Temperature relations to germination of veg. *Seeds Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* **23**:176-184.
- Laid Benderradji A., (2013)** Selection In vitro pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.).*Thèse de Doctorat en Sciences en Génétique et Amélioration des Plantes*. 143 p.
- Levy G.J., (2000)** Sodicity. In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. *CRC Press. NY. USA*. pp: G27-G62.

Louchli et Granttan (2007) plant growth and development under salinity stress. *Braz. J. Plant Physiol.* **Vol.24 (4)**. 5p.

Loue A., (1982) Le potassium et les céréales. *Dossier K2O, SCPA n°22*. pp: 1-40.

Maalej-Mallek E., Boulesnam F. et Ben Salem M., (1998) Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cahiers Agricultures 1998*. **2**: 153-6.

Maas E.V., and Poss J.A., (1989) Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.* **10**: 29-40.

Martinez JP., Silva H., Ledent JF., et Pinto M., (2007) Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *European journal of agronomy. Jan.* **Vol. 26(1)**. pp : 30-38.

Masle M., (1982) Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (*T.durum* Desf) sous conditions semi-aride. *Agronomie*. **2**: 15-16.

Mazliak P., (1982) Physiologie Végétale II : croissance et développement. Ed. Dumond. pp : 133-225.

Mbarek B., Chaabane R., Sdiri H., Meddahi M.L., et Selmi M., (2001) Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Inst Nati de Reche Agro de Tunisie. Sécheresse Volume 12(3)*: 167-174.

Mebarkia A., Benkohila H.S., Hamza M., et Makhoul M., (2005) Efficacité d'une protéine entomotoxique du type A1B des graines de légumineuses. *Agriculture n°3*. 4p.

Grieve C.M., Poss J.A., Grattan S.R., Suarez D.L., Benes S.E., et Robinson P.H., (2004) Evaluation of salt-tolerant forages for sequential water reuse systems. *II. Plantation .Relations. Agric. Water Manag.* **70**: 121-136.

Moinuddin A., Fischer R., Sayre K. et Reynolds M.P., (2005) Osmotic Adjustment in Wheat and Relation to Grain Yield under Water Deficit Environments. *Agro. J.* **97**: 1062-1071.

Morant-Manceau A., Pradier E. et Tremblin G., (2004) Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *J. Plant Physiol.* **161**. Pp : 25-33.

Multon J.L., (1982) Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Derivés- Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. *Technique & Documentation*. Lavoisier, Paris. 576p.

Munns R., (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* **25**: 239-250.

Munns R., (2008) Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improve sodium exclusion of bread wheat. *2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action*. p.

Munns R., Greenway H. et Kirst G.O., (1983) Halotolerant eukaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment*. Eds. O L Lange, P S Nobel, CB Osmond and H Zeigler. *Encycl. Plant Physiol.. New Series. Springer. Berlin. Vol. 12C*: 59-135.

Munns R., Richard A.J.et Lauchli A., (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany. Vol. 57(5)*: 1025-1043.

Munns, R., et Rawson H.M., (1999) Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* **26**: 459-464.

Munns R., Tester M., (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* **59**: 651- 681.

Nasri S., (2014) Effet de la contrainte saline sur la germination et la croissance de quelques Provenances Algeriennes (ARGARNIA SPINOSA L.). *Thèse de Magister en Foresterie.* 92p.

Orcutt D.M. and Nilsen E.T., (2000) Physiology of plants under stress. *John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA*.

Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M., Kangasjarvi J., Jiang X. and Polle A., (2005) Populus euphratica Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and soluble Carbohydrates and Develops Leaf Succulence under Salt Stress 1. *Plant Physiology, Vol. 139*. pp 1762.

Parida A.K. et Das A.B., (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants. *A.Rev.Ecotoxicol.envIRON. Safety.* **60**: 324-349.

Price A.H. and Hendry G.A.F., (1991) Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. *Plant Cell Environ.***14**: 477-484.

Prior L. D., Grieve A. M., Bevington K. B., Slavich P. G., (2007) Long-term effects of saline irrigation water on 'Valencia' orange trees: relationships between growth and yield, and salt levels in soil and leaves. *Aust. J. Agric.* **58**: 349-58.

Rachedi K., (2003) les céréales en Algérie : Problématique et option de réforme. *Céréaliculture* .n°**38**. pp: 6-9.

Rahnama H., et Ebrahim Zadeh H., (2005) the effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedling. *Biol Plant.* **49(1)**: 93-97.

Reddy AR., Chaitanya KV. et Vivekanandan M., (2004) Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J Plant Physiol.* **161**: 1189-1202.

Sarda X., Vansuyt G., Tousch D., Casse-Delbart F., Lamaze T., (1993) Les signaux racinaires de la régulation stomatique, Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Éditions Inra, Paris (Les colloques, n° **64**). pp: 75-79.

Slama., (2004) La salinité et la production végétale. *Centre de publication universitaire, Tunis*. pp : 5-149.

Soltner D., (1990) Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées-prairies 16^{ème}Ed. Collection sciences techniques agricoles. pp: 9-54.

Soltner D., (1998) Les grande production végétales céréalières, plantes sarclées-prairies 16^{ème}Ed, collection sciences techniques agricoles.463p.

Soltner D., (2005) Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées-prairies. 20^{ème}Ed, collection sciences techniques agricoles. pp: 8-80.

Steduto P., Albrizio R., Giorio P. et Sorrentino G., (2000) Gas exchange response and stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation of sunflower under salinity. **144 (3)**: 243-255.

Sudhakar C., Lakshmi A., et Giridarakumar S., (2001) Changes in the antioxidant enzyme efficiency in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. *Plant Sci.* **161**: 613–619

Tardieu F. et Davies W.J.,(1993) Integration of hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and water status of droughted plants. *Plant, Cell and Environment*. **16**: 341–349.

Teakle N., Flowers L., Real T.J., D et Colmer T. D., (2007) Lotus tenuis tolerates the interactive effects of salinity and waterlogging by `excluding' Na⁺ and Cl⁻ from the xylem. *Journal of Experimental Botany*, published online on May 17, 2007.

Wyn Jones RG., Gorham J., (2002) Intra- and inter-cellular compartmentation of ions. In: Läuchli A, Lüttge U. (eds). *Salinity: Environment - Plants - Molecules*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer. pp: 159-180.

ANNEXES

Annexe 1. Analyse de la variance relative à la faculté germinative de deux variétés de blé tendre et de deux variétés de blé dur soumises à une large gamme thermique.

Taux de germination	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	127854,6	143	894,088				
VAR.FACTEUR 1	6502,969	3	2167,656	35,968	0		
VAR.FACTEUR 2	95853,63	5	19170,73	318,1	0		
VAR.FACTEUR 3	7319,297	5	1463,859	24,29	0		
VAR.INTER F1*2	8922,703	15	594,847	9,87	0		
VAR.INTER F1*3	1277,352	15	85,157	1,413	0,16323		
VAR.INTER F2*3	3458,703	25	138,348	2,296	0,00312		
VAR.RESIDUELLE 1	4519,977	75	60,266			7,763	9,57%

Annexe 2. Effet des différentes doses de température et de concentration en sel sur le taux de germination

Annexe 2-a . Analyse de la variance de l'effet de la température et de la salinité sur le pourcentage de germination des semences des variétés étudiées.

Variété		Bousselem	Siméto	Anza	Ain Abid
Temp°C	Concent mM				
15	0	100%	100%	100%	100%
	100	100%	100%	100%	100%
	200	100%	100%	100 %	99%
	275	98%	95%	95%	99%
	350	93%	91%	99%	96%
	425	51%	89%	59%	95%
20	0	100%	98%	100%	100%
	100	99%	97%	100%	100%
	200	96%	98%	100%	100%
	275	96%	95%	99%	100%
	350	91%	98%	97%	99%
	425	57%	84%	95%	99%
25	0	100%	99%	100%	100%
	100	100%	100%	100%	100%
	200	100%	100%	100%	100%
	275	100%	97%	100%	100%
	350	96%	100%	100%	100%
	425	100%	98%	100%	99%
30	0	87%	100%	100%	100%
	100	84%	100%	100%	100%
	200	67%	100%	98%	100%
	275	62%	100%	94%	100%
	350	45%	100%	94%	100%
	425	21%	87%	89%	95%
	0	100%	96%	100%	100%

35	100	99%	93%	100%	99%
	200	85%	77%	100%	95%
	275	85%	67%	94%	95%
	350	69%	72%	82%	79%
	425	56%	35%	81%	70%
40	0	11%	37%	60%	68%
	100	9%	0%	40%	57%
	200	1%	0%	47%	40%
	275	9%	0%	33%	37%
	350	10%	0%	40%	30%
425	6%	0%	31%	22%	
Moyenne variétale		71,75% ^c ±7,514	77,86% ^b ± 5,163	86,86% ^a ± 4,214	88,14% ^a ± 5,317
Effet variétal F1		35,968 THS			
Effet température F2		318,1 THS			
Effet concentration F3		24,29 THS			
Effet interaction temp /concen F2 X F3		0,00312 THS			

Annexe 2-b. Résultats de l'interaction variété / température et variété / concentration.

Interaction variété/ température	Bousselam	Siméto	Anza	Ain Abid
15°C	90,33% ^{ab} ± 4,8	95,83% ^{ab} ±6,6	92,27% ^{ab} ±7,7	98,27% ^a ±5,9
20°C	89,83% ^{ab} ±5,6	95% ^{ab} ±1,3	98,5% ^{ab} ±3,3	99,67% ^a ±2,9
25°C	99,33% ^a ±5,3	99% ^a ±1,8	100% ^a ±2,0	99,83% ^a ±3,1
30°C	61% ^d ±11,8	97,83% ^a ±4,9	95,83% ^{ab} ±3,1	99,27% ^a ±5,1
35°C	82,33% ^b ±3,8	73,33% ^c ±9,0	92,83% ^{ab} ±5,4	89,67% ^{ab} ±2,7
40°C	7,67% ^f ±12,6	6,27% ^f ±5,6	41,83% ^e ±3,6	42,33% ^e ±10,6
Effet Interaction variété / température F1XF2		9,87THS		
Interaction variété / concentration	Bousselam	Siméto	Anza	Ain Abid
C1=0mM	83	88,333	93,333	94,667
C2=100mM	81,833	81,667	90	92,667
C3=200mM	74,833	79,167	90,833	89
C4=275mM	75	75,667	85,833	88,5
C5=350mM	67,333	76,833	85,333	84
C6=425mM	48,5	65,5	75,833	80
Effet Interaction variété / concentration F1XF3		1,413 NS		

Annexe 3. Analyse de la variance relative au nombre de feuilles formées chez deux variétés de blé tendre et de deux variétés de blé dur.

Annexe 3-a. Plants âgés de 2 semaines cultivés en hydroponie.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	123,571	119	1,038				
VAR.FACTEUR 1	3,247	3	1,082	2,852	0,04048		
VAR.FACTEUR 2	67,022	4	16,756	44,153	0		
VAR.INTER F1*2	15,352	12	1,279	3,371	0,0004		
VAR.RESIDUELLE 1	37,949	100	0,379			0,616	42,47%

Annexe 3-b. Plants âgés de 4 semaines cultivés en pots.

NF	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	49,875	71	0,702				
VAR.FACTEUR 1	7,819	3	2,606	4,715	0,0052		
VAR.FACTEUR 2	2,333	2	1,167	2,111	0,12787		
VAR.INTER F1*2	6,556	6	1,093	1,977	0,08258		
VAR.RESIDUELLE 1	33,167	60	0,553			0,743	16,37%

Annexe 3-c. Plants âgés de 6 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	160,875	71	2,266				
VAR.FACTEUR 1	61,931	3	20,644	19,924	0		
VAR.FACTEUR 2	22,583	2	11,292	10,898	0,00012		
VAR.INTER F1*2	14,194	6	2,366	2,283	0,04707		
VAR.RESIDUELLE 1	62,167	60	1,036			1,018	15,97%

Annexe 4. Analyse de la variance relative au nombre de racines formées chez deux variétés de blé tendre et de deux variétés de blé dur.

Annexe 4-a. Plants âgés de 2 semaines cultivés en hydroponie.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	541,505	119	4,55				
VAR.FACTEUR 1	35,113	3	11,704	7,344	0,00021		
VAR.FACTEUR 2	295,891	4	73,973	46,415	0		
VAR.INTER F1*2	51,127	12	4,261	2,673	0,00378		
VAR.RESIDUELLE 1	159,374	100	1,594			1,262	39,34%

Annexe 4-b. Plants âgés de 4 semaines cultivés en pots.

NR	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	264,875	71	3,731				
VAR.FACTEUR 1	71,486	3	23,829	11,302	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	54,75	2	27,375	12,984	0,00003		
VAR.INTER F1*2	12,139	6	2,023	0,96	0,46101		
VAR.RESIDUELLE 1	126,5	60	2,108			1,452	25,81%

Annexe 4-c. Plants âgés de 6 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	562,611	71	7,924				
VAR.FACTEUR 1	109,611	3	36,537	11,261	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	234,195	2	117,097	36,092	0		
VAR.INTER F1*2	24,139	6	4,023	1,24	0,29861		
VAR.RESIDUELLE 1	194,667	60	3,244			1,801	26,25%

Annexe 5. Analyse de la variance relative à la longueur des feuilles de deux variétés de blé tendre et de deux variétés de blé dur.**Annexe 5-a.** Plants âgés de 2 semaines cultivés en hydroponie.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	859468,6	119	7222,425				
VAR.FACTEUR 1	45885,88	3	15295,29	15,299	0		
VAR.FACTEUR 2	662494,9	4	165623,7	165,663	0		
VAR.INTER F1*2	51111,38	12	4259,281	4,26	0,00002		
VAR.RESIDUELLE 1	99976,44	100	999,764			31,619	28,59%

Annexe 5-b. Plants âgés de 4 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	126358	71	1779,69				
VAR.FACTEUR 1	28474,77	3	9491,589	7,711	0,00023		
VAR.FACTEUR 2	8050,32	2	4025,16	3,27	0,04381		
VAR.INTER F1*2	15976,24	6	2662,707	2,163	0,05872		
VAR.RESIDUELLE 1	73856,66	60	1230,944			35,085	13,76%

Annexe 5-c. Plants âgés de 6 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	264578	71	3726,451				
VAR.FACTEUR 1	73984,36	3	24661,45	10,982	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	29761,13	2	14880,56	6,626	0,00265		
VAR.INTER F1*2	26089,2	6	4348,201	1,936	0,08886		
VAR.RESIDUELLE 1	134743,3	60	2245,722			47,389	15,78%

Annexe 6. Analyse de la variance relative à la longueur des racines de deux variétés de blé tendre et de deux variétés de blé dur.

Annexe 6-a. Plants âgés de 2 semaines cultivés en hydroponie

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	873470,7	119	7340,09				
VAR.FACTEUR 1	46529,81	3	15509,94	17,345	0		
VAR.FACTEUR 2	599447,8	4	149861,9	167,592	0		
VAR.INTER F1*2	138072,6	12	11506,05	12,867	0		
VAR.RESIDUELLE 1	89420,56	100	894,206			29,903	29,45%

Annexe 6-b. Plants âgés de 4 semaines cultivés en pots.

LMR	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	38497,95	71	542,225				
VAR.FACTEUR 1	3693,836	3	1231,279	2,27	0,08818		
VAR.FACTEUR 2	38,699	2	19,35	0,036	0,96511		
VAR.INTER F1*2	2227,078	6	371,18	0,684	0,66466		
VAR.RESIDUELLE 1	32538,34	60	542,306			23,287	41,20%

Annexe 6-c. Plants âgés de 6 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	38962,88	71	548,773				
VAR.FACTEUR 1	3676,262	3	1225,421	3,208	0,02894		
VAR.FACTEUR 2	6540,25	2	3270,125	8,562	0,00062		
VAR.INTER F1*2	5830,195	6	971,699	2,544	0,02908		
VAR.RESIDUELLE 1	22916,17	60	381,936			19,543	38,60%

Annexe 7. Analyse de la variance relative au poids sec des feuilles de deux variétés de blé tendre et de deux variétés de blé dur.

Annexe 7-a. Plants âgés de 2 semaines cultivés en hydroponie.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,001	119	0				
VAR.FACTEUR 1	0	3	0	10,169	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	0	4	0	10,169	0		
VAR.INTER F1*2	0	12	0	10,169	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0	100	0			0,002	44,49%

Annexe 7-b. Plants âgés de 4 semaines cultivés en pots.

PA 30j	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,21	71	0,003				
VAR.FACTEUR 1	0,072	3	0,024	20,92	0		
VAR.FACTEUR 2	0,034	2	0,017	14,636	0,00001		
VAR.INTER F1*2	0,036	6	0,006	5,215	0,00025		
VAR.RESIDUELLE 1	0,069	60	0,001			0,034	33,00%

Annexe 7-c. Plants âgés de 6 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,306	71	0,032				
VAR.FACTEUR 1	0,284	3	0,095	3,214	0,02877		
VAR.FACTEUR 2	0,016	2	0,008	0,273	0,76552		
VAR.INTER F1*2	0,242	6	0,04	1,369	0,24107		
VAR.RESIDUELLE 1	1,765	60	0,029			0,172	66,21%

Annexe 7-d. Plants âgés de 6 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5,077	47	0,108				
VAR.FACTEUR 1	1,497	3	0,499	6,069	0,00176		
VAR.FACTEUR 2	0,018	1	0,018	0,215	0,6499		
VAR.INTER F1*2	0,272	3	0,091	1,104	0,35955		
VAR.RESIDUELLE 1	3,29	40	0,082			0,287	70,15%

Annexe 8. Analyse de la variance relative au poids sec des racines de deux variétés de blé tendre et de deux variétés de blé dur.

Annexe 8-a. Plants âgés de 2 semaines cultivés en hydroponie.

PR30j	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7984,079	71	112,452				
VAR.FACTEUR 1	336,006	3	112,002	0,996	0,40228		
VAR.FACTEUR 2	226,784	2	113,392	1,008	0,37258		
VAR.INTER F1*2	673,48	6	112,247	0,998	0,43566		
VAR.RESIDUELLE 1	6747,809	60	112,464			10,605	835,57%

Annexe 8-b. Plants âgés de 4 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,002	119	0				
VAR.FACTEUR 1	0	3	0	13,21	0		
VAR.FACTEUR 2	0,001	4	0	48,46	0		
VAR.INTER F1*2	0	12	0	5,989	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,001	100	0			0,002	41,33%

Annexe 8-c. Plants âgés de 6 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,032	71	0				
VAR.FACTEUR 1	0,01	3	0,003	16,416	0		
VAR.FACTEUR 2	0,009	2	0,004	22,532	0		
VAR.INTER F1*2	0,002	6	0	1,923	0,09107		
VAR.RESIDUELLE 1	0,012	60	0			0,014	45,25%

Annexe 8-d. Plants âgés de 8 semaines cultivés en pots.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,032	47	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,003	3	0,001	2,014	0,12597		
VAR.FACTEUR 2	0,009	1	0,009	20,39	0,00008		
VAR.INTER F1*2	0,002	3	0,001	1,596	0,20422		
VAR.RESIDUELLE 1	0,018	40	0			0,021	53,79%

Annexe 9. Récapitulatif de l'analyse de la variance pour l'essai en pots.

	Moyenne variétale	PR	PA	PA/PR	LMF	NR	LMR	NF
30J	Siméto	0,024 ^{ab} ±0,02	0,155 ^a ±5,173	9,30 ^a ±5,173	270,33 ^a ±26,59	6,56 ^a ±1,54	54,67 ±11,95	4,67 ^a ±0,67
	Bousselem	0,029 ^a ±0,026	0,091 ^b ±1,248	3,60 ^c ±1,248	276,83 ^a ±37,55	6,67 ^a ±1,63	68,67 ±33,54	4,89 ^a ±0,56
	Anza	0,013 ^b ±0,005	0,093 ^b ±2,3	7,99 ^{ab} ±2,3	245,89 ^b ±30,85	4,44 ^b ±1,23	50,5 ±17,53	4,61 ^a ±0,71
	Ain Abid	0,011 ^b ±0,004	0,071 ^b ±2,303	6,39 ^b ±2,30	226,94 ^b ±35,723	4,83 ^b ±0,95	52,28 ±18,41	4 ^b ±0,83
	Effet traitement	4,136HS 6,16HS	20,92THS 14,64THS	9,847THS 0,35NS	7,711 THS 3,27S	11,302THS 12,984THS	2,27NS 0,036NS	4,72THS 2,11NS
	Effet variété F1							
	Effet concentration F2							
Effet interaction F1XF2	1,085NS	5,22THS	2,43S	2,163NS	0,96NS	0,684NS	1,98NS	
Ecart type	0,018	0,034	3,32	35,085	1,45	23,29	0,74	
CV	92,58%	33,00%	48,66%	13,76%	25,81%	41,20%	16,37%	
45J	Siméto	0,021 ^b ±0,01	0,312 ^a ±0,13	17,44a ±10,62	308,61 ^b	6,17 ^b	57,28 ^a	6,44 ^b
	Bousselem	0,05 ^a ±0,019	0,315 ^a ±0,161	7,84b ±2,91	349,33 ^a	8,94 ^a	57,89 ^a	7,72 ^a
	Anza	0,023 ^b ±0,006	0,16 ^b ±0,177	5,62b ±1,41	272,11 ^b	6,56 ^b	41,39 ^a	5,11 ^c
	Ain Abid	0,029 ^b ±0,014	0,249 ^{ab} ±0,172	8,53b ±3,95	271,28 ^b	5,78 ^b	45,94 ^a	6,22 ^b
	Effet variété F1	16,416THS	3,214S	12,383S	10,982THS	11,261THS	3,208S	19,924THS
	Effet concentration F2	22,532THS	0,273NS	2,249NS	6,626THS	36,092THS	8,562THS	10,898THS
	Effet interaction F1XF2	1,923NS	1,369NS	1,188NS	1,936NS	1,24NS	2,544S	2,283S
Ecart type	0,014	0,172	6,272	47,389	1,801	19,543	1,018	
CV	45,25%	66,21%	63,62%	15,78%	26,25%	38,60%	15,97%	
60J	Siméto	0,041 ±0,018	0,654 ^a ±0,165	18,964 ^a ±6,87	499,83a ±47,6	7,75 ±1,813	86,583 ^a ±25,726	6,333 ±0,55
	Bousselem	0,042 ±0,029	0,472 ^{ab} ±0,483	9,849 ^b ±7,237	443,27a ±208,27	6,833 ±2,975	49,917 ^b ±23,489	5,833 ±2,944
	Anza	0,047 ±0,02	0,336 ^{bc} ±0,183	8,925 ^b ±6,472	409,25 ^a ±137,34	7,5 ±3,384	47 ^b ±16,692	7,917 ±4,907
	Ain Abid	0,027 ±0,01	0,173 ^c ±0,072	6,802 ^b ±2,279	282,13 ^c ±137,34	8,5 ±1,723	83,083 ^a ±18,904	5,25 ±0,707
	Effet variété F1	2,014NS	6,069THS	8,591THS	5,672THS	0,779NS	10,487THS	1,704 NS
	Effet concentration F2	20,39THS	0,215NS	6,777S	6,755S	12,051THS	57,13THS	0,036 NS
	Effet interaction F1XF2	1,596NS	1,104NS	1,02	0,714NS	2,178NS	4,18S	0,873 NS
Ecart type	0,021	0,287	6,35	134,168	2,703	22,553	3,037	
CV	53,79%	70,15%	57,03%	32,84%	35,35%	33,84%	47,96%	

Annexe 10. Tableau récapitulatif du T₅₀.

Variétés	Températures	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
	Concentrations						
Anza	0 mM	1	1	1	1	1	3,013
	100 mM	1	1	1	1	1	-
	200 mM	1	1	1	1	1	-
	275 mM	1	1	1	1	1	-
	350 mM	2,283	1	1	1	1,52	-
	425 mM	5,328	1,607	1,648	1	3,807	-
Ain abid	0 mM	1	1	1	1	1	1,844
	100 mM	1	1	1	1	1	1,894
	200 mM	1	1	1	1	1	-
	275 mM	1	1	1	1	1	-
	350 mM	3,113	1	1	1	5,35	-
	425 mM	3,122	1	1	1	6,393	-
Bousselam	0 mM	1	1	1	1	1	-
	100 mM	1	1	1	1	1	-
	200 mM	1	1	1	1	4,141	-
	275 mM	1,53	1	1,643	1	4,152	-
	350 mM	3,079	1	1,688	-	5,268	-
	425 mM	5,946	2,1	2,408	-	7,222	-
Siméto	0 mM	1	1	1	1	1	-
	100 mM	1	1	1	1	1	-
	200 mM	1	1	1	1	1	-
	275 mM	1,548	1,73	1,656	1	5,45	-
	350 mM	1,571	1,655	1,731	1	6,428	-
	425 mM	2,386	2,51	1,772	2,244	-	-

Annexe 11. Tableau récapitulatif de la teneur en potassium dans les parties aériennes et racinaires de deux variétés de blé dur et de deux variétés de blé tendre

Temps (Jours)		30 jours		45 jours		60 jours	
Variété	Concentration	PR	PA	PR	PA	PR	PA
Siméto	0mM	65,8	372	184,8	168	93,8	104
	150mM	259	628	75,6	236	128,2	92
	275mM	281,4	200	28	116	121,8	144
Boousselam	0mM	117,6	328	180,6	268	165,2	216
	150mM	215,6	444	134,4	356	145,6	104
	275mM	57,4	412	123,2	104		
Ain abid	0mM	163,8	164	134,4	452	91	292
	150mM	124,6	384	93,8	340	128,8	268
	275mM	138,6	548	86,8	324		
Anza	0mM	99,4	600	99,4	376	140	172
	150mM	298,2	920	114,8	356	96,6	176
	275mM	226,8	472	140	456		

Annexe 12. Evaluation du rapport sodium des parties aériennes / sodium parties racinaires (PA/PR) de deux variétés de blé dur et de deux variétés de blé tendre.

variétés	Concentration (NaCl)	30 jours	45 jours	60 jours
Siméto	0mM	0,551	1,714	0,363
	150mM	5,142	0,885	0,222
	275mM	0,426	1,064	0,615
Boousselam	0mM	0,62	0,319	0,809
	150mM	0,685	0,571	0,505
	275mM	1,367	0,542	-
Ain abid	0mM	0,514	0,933	0,614
	150mM	0,625	0,306	0,621
	275mM	1,183	1,333	-
Anza	0mM	0,487	1,14	0,5
	150mM	0,523	0,918	0,339
	275mM	0,857	0,666	

Annexe 13. Evaluation du rapport potassium des parties aériennes / potassium des parties racinaires (PA/PR) des deux variétés de blé dur et de deux variétés de blé tendre.

variétés	Concentrations (NaCl)	30 jours	45 jours	60 jours
Siméto	0mM	5,653	0,909	1,108
	150mM	2,424	3,121	0,717
	275mM	0,71	4,142	1,182
Boousselam	0mM	2,789	1,483	1,307
	150mM	2,059	2,648	0,714
	275mM	7,177	0,844	-
Ain abid	0mM	1,001	3,363	3,208
	150mM	3,081	3,624	2,08
	275mM	3,953	3,732	-
Anza	0mM	6,036	3,782	1,228
	150mM	3,085	3,101	1,821
	275mM	2,081	3,257	-

Résumé

Ce travail a pour but de tester la réponse de 4 variétés de blé [3 locales (Bousselam, Anza, Ain abid) et une variété italienne (Siméto)] sous des conditions de stress salin et thermique. Les stades considérés sont la germination et la croissance.

Les niveaux de salinité retenus dans le cas de la germination sont 0mM, 100 mM, 200 mM, 275 mM, 350 mM et 425 mM de NaCl. Quant aux températures, la gamme s'étend de 15 à 40°C avec un intervalle de 5°C.

Pour la croissance des plantules, l'effet de la salinité est suivi avec les concentrations correspondant à 0 mM, 75 mM, 150 mM, 225 mM et 300 mM de NaCl pendant 2 semaines en culture hydroponique ; par ailleurs une culture en pots est menée sous tunnel plastique pendant 2 mois. Les doses de sel expérimentées sont 0 mM, 150mM et 275 mM. En outre, des dosages de sodium et de potassium dans les organes de l'ensemble des variétés sont effectués.

Les résultats montrent que le pouvoir germinatif relatif à l'ensemble des variétés est satisfaisant aux températures 20, 25 et 30°C compte tenu des traitements salins allant de 0 mM de NaCl à 425 mM. Toutefois, cette faculté diminue au fur à mesure que la température augmente.

Il ressort aussi une réduction de la croissance des plants, du nombre de feuilles et de racines formées mais aussi du poids de la matière sèche mais cet effet varie en fonction de l'intensité du stress salin et de la variété. Les dosages réalisés sur les feuilles et les racines indiquent que chez la variété Ain abid, l'accumulation de Na^+ la plus élevée s'accroît avec la salinité du milieu tandis que celle de K^+ varie en fonction des concentrations en sel et des variétés. Les mesures du pH et de la conductivité électrique du sol montrent que le sol est alcalin et la conductivité s'accroît avec la salinité du milieu.

La lecture de l'ensemble des données présente les variétés de blé tendre comme étant plus tolérantes au sel que l'ensemble des génotypes étudiés ; ceci serait d'un intérêt certain dans le cadre de programmes d'amélioration variétale pour la tolérance au sel et également de la valorisation des zones salines .