

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET.
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTMENT DE SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
ACADEMIQUE

Domaine. Sciences de la nature et de la vie

Filière. Sciences biologiques

Spécialité. Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

MAGTOUF Yamina

ZADAMI Fatima Zahra

BAYA Hadjer

Thème

**Les effets du stress salin sur le processus de
germination chez trois variétés de blé dur
(*Triticum durum* Desf).**

Soutenu publiquement le 04/07/2019

Jury

Grade :

Présidente :	Mme SOUALMI .N	MAA	Univ.Ibn Khaldoun de Tiaret.
Encadreur :	Mme CHAHBAR .S	MCB	Univ.Ibn Khaldoun de Tiaret.
Co encadreur :	Mme BENSSAADI .N	MAA	Univ.Ahmed ben Yahia Tissemsilt.
Examineur :	Mr BOUFARES .K	MAA	Univ.Ibn Khaldoun de Tiaret.

PROMOTION : 2018/2019

Remerciements

À Dieu de nous avoir préservé la vie et la santé et le courage jusqu'à arriver à réaliser ce mémoire de fin d'étude en master. Au terme de ce travail, nous tenons à remercier tous d'abord les membres du jury qui ont accepté d'évaluer et de juger ce travail :

Nos remerciements au professeur M^{me} CHAHBAR. Safia MCB aux niveaux de la faculté des sciences de la nature et de la vie, Universités Ibn Khaldon Tairer pour avoir accepté de diriger ce travail.

Nos remerciements Co-promotrice M^{me} BENZAADI. Nawal pour ses conseils et nous avoir accompagnés durant notre travail.

Notre première gratitude s'adresse à Madame la présidente des jurys M^{me} SOUALMI Nadia (MAA) à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de l'Université Ibn Khaldoun-Tiaret.

Nos vifs remerciements vont à Mr BOUFARES .K. (MAA) à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun-Tiaret, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Un grand hommage à tous les individus qui ont fait l'objet de cette étude. Merci pour votre confiance, votre compréhension, votre accueil chaleureux et votre bonne humeur, sans vous ce travail n'aurait jamais vu la lumière.

Dédicace

*A l'aide de Dieu le tout puissant, qui m'a tracé le chemin
de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail*

Que je dédie :

*A Ma mère, qui avec le peu de moyens qu'elle a, mais
beaucoup d'affection, est arrivée à me donner tout le
bonheur du monde et m'a appris ce qu'est la vie.*

*A mon cher père qui a sacrifié toute sa vie afin de me
voir devenir ce que je suis.*

Merci mes parents

*À mes chers frères Tayeb, Mohamed, Abdelnor, Madani
et Yahai.*

A mes chères sœurs Massouda, Bouchra et Rachida.

A mes trinômes : Hadjer et Fatima Zohra ;

Mes amies Ahlem, Soraya, Hamida, Bouchra, Salima,

À mon encadreur Madame CHAHBAR SAFIA.

YAMINA 

Dédicace

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
l'amour,
le respect, et la reconnaissance, c'est tout simplement
que : je dédie ce travail à :*

*Mes très chers parents : Fatma et bouziane leurs
amours.*

Mes frères : Mohamed et Abdallah

Ma soeur Hayet et les enfants Chaimaa et mostapha

*Mes amies : Fatima zohra Lazreg et Benhenna Fatima,
khaldia, Bahia*

Mes trinômes : Hadjer et Amina

*A tous mes collègues de la promotion «de génétique
moléculaire amélioration des plantes 2018/2019» de
université de Ibn Khaldoun.*

Fatima z 

Dédicace

Je dédie ce travail en premier lieu,

A mes parents pour leurs amour, leurs encouragements et leur sacrifices pendant toute ma vie car aucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection. Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement durant toutes mes études.

A mes chers frères : AMIN et AYMEN

A mes Sœurs : SARA et WAFAA

Aux personnes le plus puissant m'a aidé et sable dans ce travail KHALIL

Je voudrai remercier aussi tous mes familles. Qui m'ont toujours soutenu et encouragé pour réaliser ce modeste travail.

A tous mes amis

A mes trinômes : yamina et Fatima Zohra

Je remercier tous ceux qui m'avaient aidée d'une façon ou d'une autre, ou encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire, qui était, pour moi, une expérience inoubliable et enrichissante.

Dans la fin je remercierais l'Union général d'étudiants libre« UGEL » pour tous se me présenter dans ma carrière dans université

Hadjer

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet du stress salin sur le comportement de trois variétés de blé dur (*Triticum durum, Desf.*) : (Simeto, GTA Dur et Vitron) au stade germination sous quatre traitements salin (50, 150, 250Mmol de Na Cl).

Les paramètres étudiés portent sur : le nombre de racine, la longueur de la racine et du coléoptile et la teneur en sucres solubles. Les résultats obtenus montrent que le stress salin a entraîné une diminution du taux de germination, réduction du nombre des racines, une diminution de la longueur de radicule et du coléoptile, la teneur en sucres solubles est plus importante au niveau du traitement 50 Mmol observée chez la variété GTA Dur en comparaison ceux du traitement témoin. Les variétés testées du blé dur (GTA Dur, Vitron, Simeto) se comporte différemment au différent traitement salin imposé lors de notre expérimentation cette sensibilité se traduit d'un côté par un retard de la germination au niveau des traitements les plus sévère et une accélération de cette dernière au niveau des traitements témoin et modéré. Et d'un autre côté par une inhibition de la croissance traduite par une baisse du nombre de racines, la longueur de la radicule et de la coléoptile. **Mots clés** : Stress salin, blé dur, germination, morphologie, sucres solubles

Summary

The aim of this work is to study the effect of salt stress on the behavior of three varieties of durum wheat (*Triticum durum, Desf.*): (Simeto, GTA Dur and Vitron) at the germination stage under four saline treatments (50, 150, 250Mmol NaCl).

The studied parameters concern : the number of roots, the length of the root and coleoptile and the content of soluble sugars. The results obtained show that the salt stress resulted in a decrease in the germination rate, a reduction in the number of roots, a decrease in the length of radicle and coleoptile, the soluble sugar content is greater in the 50 Mmol treatment observed in the GTA Dur variety in comparison with the control treatment. The varieties tested durum (GTA Dur, Vitron, Simeto) behaves differently to the different salt treatment imposed during our experimentation this sensitivity is translated on one side by a delay of germination in the most severe treatments and an acceleration of the latter at the level of control and moderate treatments. And on the other hand by an inhibition of the growth translated by a fall of the number of roots, the length of the radicle and the coleoptile.

Key words: salt stress, hard wheat, germination, morphology, soluble sugars.

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير إجهاد الملح على سلوك ثلاثة أنواع من القمح الصلب (Simeto, Vitron ,GTA Dur) خلال مرحلة الإنبات تحت أربع تراكيز ملحية (50،150،250 Mmol) تحمل الاعدادت المدروسة بعدد الجذور و طول الجذور و البرعم الأول و محتوى السكريات المذابة .

أظهرت النتائج أن إجهاد الملح يقوم بتخفيض في معدل الإنبات و الحد من عدد الجذور و انخفاض في طول الجذور و البرعم الأول أن محتوى السكر الذائب هاج جدا في مستوى العلاج 50 Mmol ولوحظ هذا الارتفاع عن نوع GTA Dur بالمقارنة مع الأنواع الأخرى.

الأصناف التي تم اختيارها في القمح (Simeto, Vitron , GTA Dur) تتصرف بشكل مختلف في المعاملات الملحية المختلفة التي فرضت خلال تجربتها.

هذه الحساسية تترجم بتأخر في الإنبات على مستوى العلاجات الحادة و تسارع من هذا الأمر على مستوى العلاجات الأخرى المعتدلة ومن جهة أخرى هناك تثبيط في نمو مترجم بنقص في عدد البذور و طول الجذور و برعم النمو

الكلمات المفتاحية : إجهاد الملح، القمح القاسي، الإنبات، التشكل، السكريات الذائبة.

Liste des figures :

Figure 01 : photo descriptive d'épillet et fleur de blé.....	4
Figure 02 : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé.....	6
Figure 03 : Coupe d'un grain de blé.....	6
Figure 04 : Les phases de la germination.....	16
Figure 05 : Poids (g) des graines chez trois variétés de blé dur, conduite sous différents stress salin au cours de la germination.....	28
Figure 06 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	30
Figure07 : Résultats moyens de la teneur en sucres soluble ($\mu\text{g/g}$ de MF) après 48h de germination chez trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	32
Figure08 : Résultats moyens de la faculté germinative après 72 heures de germination, conduites sous différents traitements salin.....	34
Figure09 : Résultats moyens de la faculté germinative après 72 heures de germination, conduites sous différents traitements salin.....	36
Figure10 : Résultats moyens de la longueur des racines formées (cm) des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	37
Figure 11 : Résultats moyens du coléoptile (cm) chez trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	39

Liste des tableaux

<i>Tableau01</i> : Les géotypes étudiés et leurs origines et les caractérisations.....	24
<i>Tableau 02</i> : Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	29
<i>Tableau 03</i> : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.	30
<i>Tableau 04</i> : Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles après 48 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	31
<i>Tableau 05</i> : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles après 48 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.	32
<i>Tableau 06</i> : Analyse de la variance de la faculté germinative des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	33
<i>Tableau 7</i> : Résultats moyens de la faculté germinative (%) après 72 heures de germination, conduites sous différents traitements salin.....	33
<i>Tableau 8</i> : Analyse de la variance du nombre des racines formées des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	34
<i>Tableau 9</i> : Résultats moyens du nombre des racines formées des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	35
<i>Tableau 10</i> : Analyse de la variance de la longueur de racine formée chez trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	36
<i>Tableau 11</i> : Résultats moyens de la longueur des racines formées (cm) des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	37
<i>Tableau 12</i> : Analyse de la variance du coléoptile des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	38
<i>Tableau 13</i> : Résultats moyens du coléoptile (cm) des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.....	39

Liste des abréviations

ABA : acide abscissique

C5 : pentose

g : gramme

h ; heure

Mg : milligramme

L : litre

Long : La longueur

m : mètre

ml : millilitre

Mm : milli mole

mm : millimètre

Mn : manganèse

min : minute

Ms : matière sèche

Na Cl : Chlorure de sodium

nm : nanomètre

NO3 : Nitrate

TGC : Institut Technique de Grande Culture.

p : probabilité

PH : potentiel hydrogène

SS : Situation salin

% : pourcentage

%G : pourcentage du constituant dans le grain

TABLE DE MATIERES

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

PARTIE 1

Chapitre 1:

1. Généralités sur le blé dur	3
1.1. Historique et origine	3
1.2. Classification botanique du blé dur	3
1.3. Morphologie du blé dur.....	4
1.3.1. Appariel racinaire.....	4
1.3.2. Tige et feuille.....	4
1.3.3. l'appariel reproducteur.....	4
1.3.4. Le grain de blé	5
1.4. Composition chimique du grain de blé.....	7
1.4.1. glucide.....	7
1.4.2. Fibre.....	8
1.4.3. Pentosanes.....	8
1.4.4. Protéines.....	8
1.4.5. Gluten.....	9
1.4.6.Lipides.....	9
1.4.7. Minéraux.....	9

1.4.8. Enzymes.....	10
---------------------	----

Chapitre 2 :

2. La germination.....	11
2.1. Définition de la germination.....	11
2.2. La germination des graminées présentes.....	11
2.3. Les facteurs de la germination.....	12
2.3.1. Les condition interns.....	12
2.3.2. Les conditions externes.....	13
2.4. physiologie de la germinatio.....	14.
2.4.1.Phase 1.....	14.
2.4.2. Phase 2.....	14
2.4.3. Phase 3.....	15
2.5. La biochimie de la germination.....	17.
2.5.1. les reseves amylocées de l'amidon.....	17.
2.5.2. Degradation d'amidon.....	17.
2.5.3. Hétérogénéité de la germination.....	18.

Chapitre 3 :

3. Stress salin.....	19
3.1. Notion de stress chez les plantes.....	19.
3.2. Categories de stress.....	19.
3.3. La salinité et salinisation.....	19
3.4. Les composantes de la salinité.....	20
3.4.1. Le stress osmotique.....	20
3.4.2. Le stress ionique.....	20

3.4.3. Le stress nutritionnel.....	20.
3.4.4. Le stress oxydatif..	21
3.5. Effets de salinité sur la plante	21
3.5.1. Absorption.....	21
3.5.2. La germination.....	22
3.5.3. La croissance et le développement.....	23

PARTIE 2

1. Matériel et méthodes.....	24
1.1. Objectif de l'expérimentation.....	24
1.2. Matériel végétales.....	24
1.3. Mise en place de l'essai.....	25
1.4. Préparation des solutions de NaCl.....	25
1.5. Les paramètres étudiés.....	25
1.5.1. La physiologie de la germination.....	25
1.5.2. Dosage des sucres solubles.....	25
1.5.3. Faculté germinative.....	26
1.5.4. La longueur de la racine et coléoptile et le nombre des racines formées.....	26

PARTIE 3

5. Résultats et discussion.....	28.
6. Conclusion.....	42.

Références bibliographiques



Introduction

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al, 2005**). Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (**Bajji, 1999**).

Les céréales présentent l'avantage important de constituer des provisions pouvant se conserver sous forme de grains de grande valeur nutritionnelle et constituées par des substances amylacées et d'environ 10% de protéines. Elles sont de transformation aisée et variée par cuisson.

La germination est une période au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (**Deysson, 1967**). La germination peut être définie comme le phénomène par lequel l'embryon croît en utilisant les réserves de la graine ; elle est achevée lorsque la plantule est autotrophe, c'est-à-dire lorsqu'elle est capable de se suffire à elle-même en puisant l'eau et les sels minéraux du sol et le gaz carbonique de l'air.

La salinité constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus dans les zones arides et semi arides ce qui limite fortement les rendements agricoles (**Khales et Baaziz, 2006**). Le terme de stress salin s'applique essentiellement à un excès d'ions, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- dans la rhizosphère et dans l'eau (**Parida et Das, 2005**). Le stress salin déclenche à la fois un stress osmotique et un stress ionique (**Rains, 1972, Flowers et al, 1986, Flowers et al. 1988, Flowers, 2004**). Il est accompagné souvent d'une baisse importante du potentiel hydrique (**Kinet et al, 1998**).

Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant le métabolisme, la croissance et le développement des plantes (**Ajmal Khan et al, 2000, Garg et al, 2002**).

L'influence de la salinité sur la germination est toutefois fort complexe, en raison notamment des phénomènes de dormance fréquemment observés chez les halophytes (**Binet, 1968**).

Cependant cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et la variété des plantes et cela, soit en diminuant la quantité d'eau et la vitesse de son absorption par la graine, soit par

Introduction

l'accroissement de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevée pour permettre la germination (**Katembe et al, 1998**), où en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (**Debez et al, 2001**).

Notre travail consiste à étudier l'effet d'un stress salin sur trois variétés de blé dur (Siméto, Vitron, GTA Dur) dans le but de mettre en évidence les réponses, morphologique et biochimiques. Notre étude a été réalisée en trois parties :

-La première partie de ce manuscrit, c'est une étude bibliographique est menée en trois chapitres. Le premier chapitre aborde des généralités sur le blé dur, le deuxième chapitre traite des informations sur la germination et la troisième chapitre étudie l'effet du stress salin sur la plante cultivée.

- La deuxième partie nous avons présenté le matériel végétal étudié, les différentes méthodes appliquées pendant la germination.

-Les résultats et leurs discussions ont été présentés dans la troisième partie. Enfin, une conclusion générale, nous avons synthétisé les différents résultats obtenus et développé les perspectives de cette recherche.

Partie 01

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur le blé dur

1.1. Historique et origine

D'après *Sears (1954) et Okamoto (1962) in Auriau et al, 1992, Belaid (1996), Feillet, 2000 et Henry et De Buyser (2001)*, les deux espèces des céréales les plus cultivées sont : le blé dur (*Triticum durum*) : AABB ($2n = 4x = 28$) Tétraploïde ; le blé tendre (*Triticum aestivum*) : AABB DD ($2n = 6x = 42$) Hexaploïde.).

1.2. Classification botanique du blé dur

Le blé dur appartient au groupe des Spermaphytes et au groupe des Angiospermes, à la classe des Monocotylédones (*Grignac, 1965, Prats, 1966*). D'après la classification proposée par *Dhalgren et Cliford (1985, cité par Zerari, 1992)*. Le blé appartient à :

Règne : Plantae

Sous-règne : Cormophyte

Embranchement : Spermaphytes

Sous-Embranchement : Angiospermes

Super-ordre : Commeliniflorales

Ordre : Poales

Classe : Monocotylédones

Famille : Graminées

Genre : *Triticum*

Espèce : *Triticum durum* Desf.

1.3. Morphologie du blé dur

1.3.1. Appareil racinaire

L'appareil racinaire du type fasciculé peu développé. 55% du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur, 17,5% entre 25 et 50 cm, 14,9% entre 50 et 75%, 12% au-delà. En terre très profond (sols de limon), les racines descendent jusqu'à 1,50 mètre (**Hacini, 2014**).

1.3.2. Tige et feuille

La tige ne commence vraiment à prendre son caractère de tige qu'au début de la phase végétative, la tige en quelque sorte télescopée à partir d'un massif cellulaire qui forme le plateau de tallage. La

tige elle-même ou chaume s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre nœud. Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (**Hacini, 2014**).

1.3.3. L'appareil reproducteur

Épi : Il est issu du bourgeon terminal du plateau de tallage. Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail. C'est l'épiaison. L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un épillet (**Hacini, 2014**).

Les épillets : ils ne comportent pas de pédoncule il est attaché directement sur le rachis. Les épillets nombreux, jusqu'à vingt-cinq, représentent des petits groupes de fleurs, inséré sur l'axe de l'épi. Il est protégé à sa base par deux glumes (bractées), les fleurs sont protégées par des glumelles et des glumellules. Après la fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le caryopse ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves (**Hacini, 2014**).

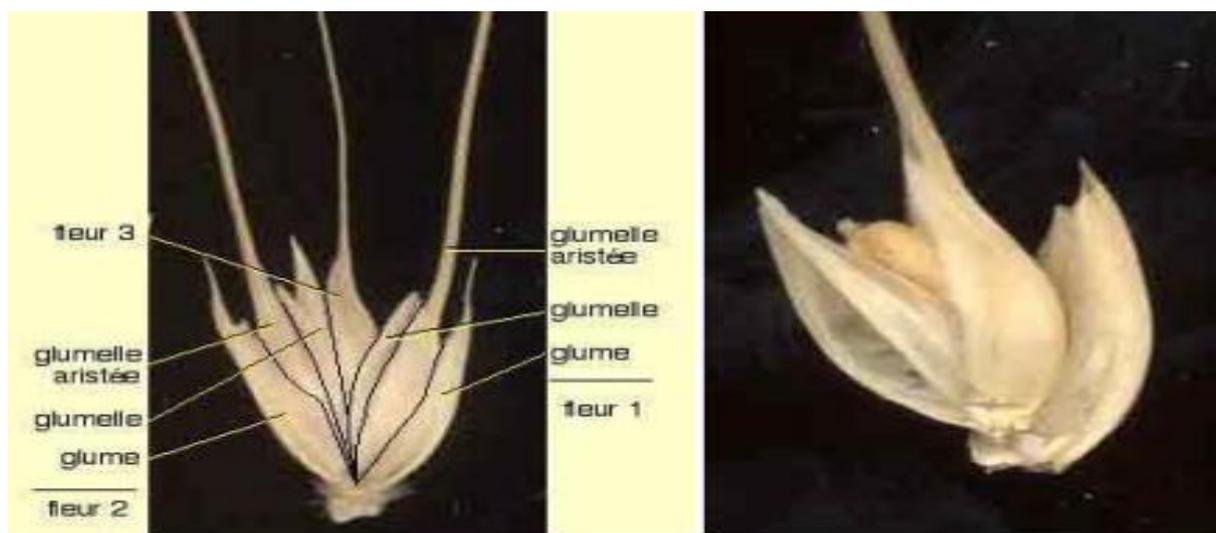


Figure 01 : photo descriptive d'épillet et fleur de blé (**Hacini, 2014**).

1.3.4. Le grain de blé

Selon (**Ait S et Ait K, 2008**) Les graines de blé sont des fruits appelées caryopses. Elles ont une forme ovoïde, possèdent sur l'une de leur faces une cavité longitudinale (le sillon) et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils (la brosse). Le grain de blé se compose de trois parties principales:

• L'enveloppe

Les enveloppes sont de nature cellulosique qui protège le grain et représentent 14-16% de la masse du grain. Elles renferment une teneur importante en protéines, en matières minérales et en vitamine du complexe B; elles contiennent en outre les pigments qui donnent la couleur des grains. Les enveloppes ont une épaisseur variable et sont formées de trois groupes de téguments soudés:

- Le péricarpe ou tégument du fruit constitué de 3 assises cellulaires :
 - Epicarpe, protégé par la cuticule et les poils.
 - Mésocarpe, formé de cellules transversales.
 - Endocarpe, constitué par des cellules tubulaires.
- Le testa ou tégument de la graine constituée de 2 couches de cellules.
- L'épiderme du nucelle appliqué sur l'albumen sous-jacent (**Ait S et Ait K, 2008**).
- **L'endosperme** (amande ou albumen)

Constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon. On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination. Il forme environ 80% du poids d'un grain et est constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique (gluten).

• Le germe (embryon)

Il constitue un organe de réserve, riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule et forme environ 2,5% à 3% du grain de blé. Le germe comprend deux parties: la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain. Enfin, le germe est riche en vitamine B1, B6 (**Nedjah, 2015**).

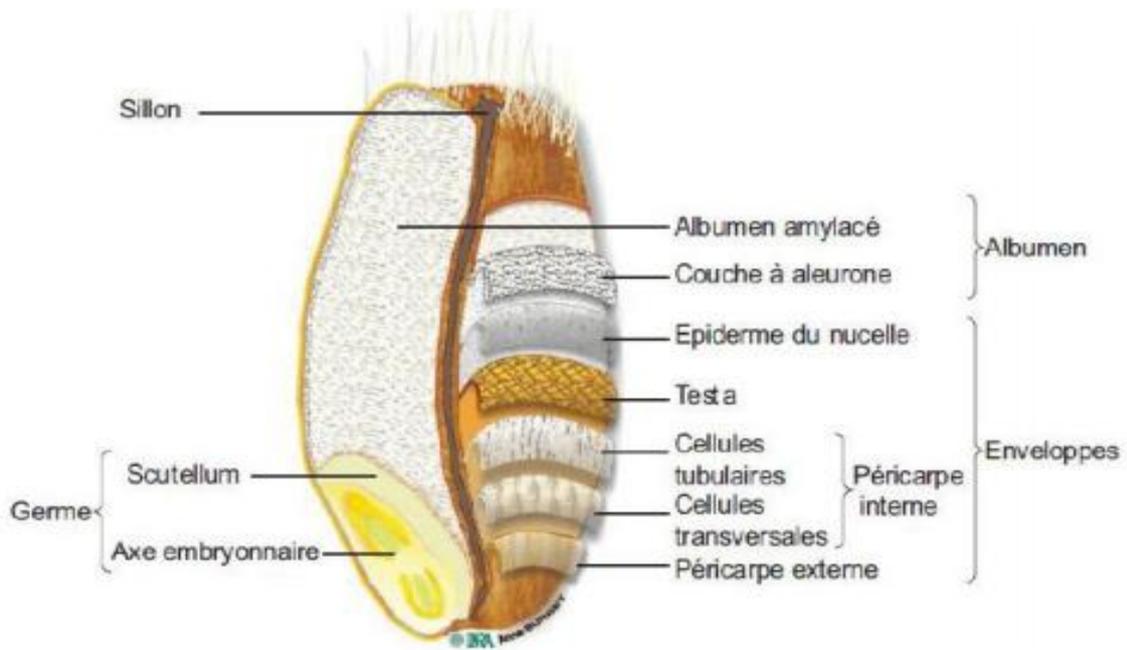


Fig.2. Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé

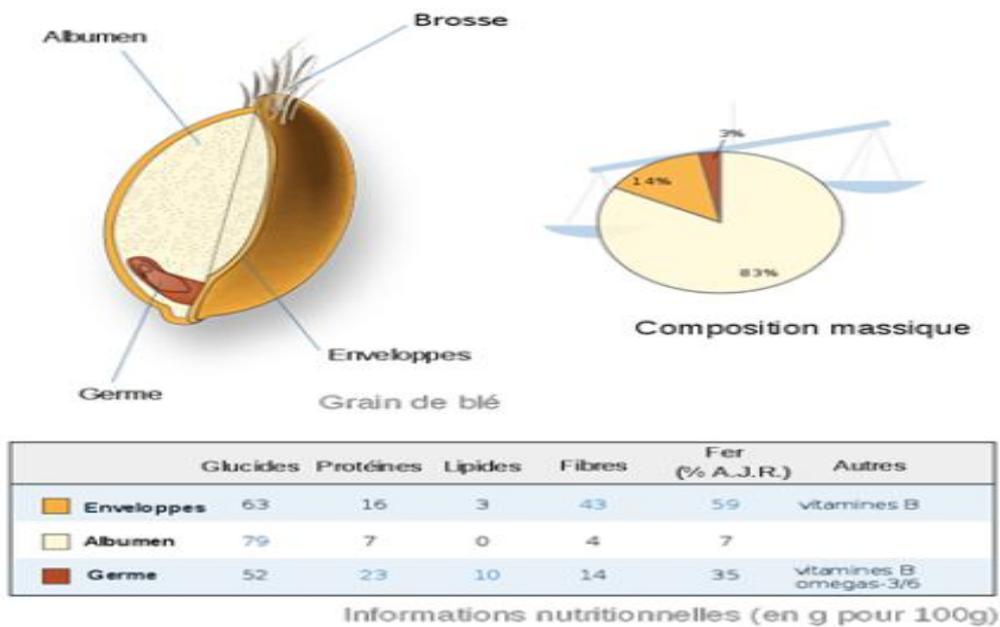


Fig.3. Coupe d'un grain de blé (Author, Jon, 2016).

1.4. Composition chimique du grain de blé

Le grain est principalement constitué de glucides (amidon et fibres, 65-75%) et de protéines (8 à 17%, selon les variétés et les conditions de culture), mais aussi de lipides (2- 6%), d'eau (12- 14%) et de micronutriments. Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain. L'amidon se retrouve en totalité dans l'albumen amylicé, les protéines et les lipides dans le germe et la couche à aleurone. L'hétérogénéité existe également entre les cellules tissues. En particulier, il est bien établi qu'il existe un gradient protéique entre L'albumen amylicé et les cellules externes de la couche à aleurone (subaleurone), ces dernières étant plus riches en protéines avec moins d'amidon que les cellules de l'albumen central (**Bouneche, 2015**).

1.4.1. Glucides

La fraction importante des glucides est représentée par l'amidon d'environ 60 à 70% du grain et ainsi d'autre pentoses et matières cellulosiques (**Benchikh, 2015**).

Amidon : Le constituant dominant des céréales est toujours l'amidon. La farine de blé contient 12-14%d'eau pour environ 75% d'amidon. C'est l'élément de réserve de grain, un peu comparable aux graisses chez les animaux. Ce glucide est l'élément qui se trouve en grande quantité dans l'albumen et peut être atteindre 82% de la matière sèche de la farine ou de la semoule (**Bouneche, 2015**).

1.4.2. Fibres

L'écorce est principalement riche en fibre, lignine, cellulose et hémicellulose, d'où l'intérêt diététique des pains issus de farine complète, du son et des pains au son.

D'après **Fredot (2005)**, elles ont un intérêt dans la régulation du transit intestinal ainsi que dans la prévention du cancer du colon. La cellulose est le principal diholoside de structure des végétaux. La proportion la plus fréquente de la cellulose dans les grains est de 2.5%.

Le son de blé est constitué par l'ensemble des enveloppes du grain de blé dans lesquelles les fibres sont concentrées. Ce sont ces teneurs élevées en cellulose et hémicellulose, la présence de lignine et d'autre composées phénolique qui donnent au son ses propriétés de fibres alimentaires peut fermenter dans le colon mais capable de retenir l'eau. En effet, la capacité d'adsorption d'eau du son de blé peut aller jusqu'à 300% (**Bouneche, 2015**).

1.4.3. Pentosanes

Les pentosanes sont des polysaccharides non amylacés constitutifs des parois végétales. Ce sont les principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen (50 à 80%). Ils représentent 6 à 8% du grain et 2 à 3% de la farine (**Hennouni, 2012**)

Les pentosanes sont formés principalement de sucres en C5 (pentose). Les associations arabinose-glucose (arabinoxylanes) et arabinose-galactose (arabinoglactanes) sont plus fréquemment rencontrées parmi les Pentosanes des céréales et du blé. Les pentosanes du grain, issus principalement des cellules de l'albumen, sont plus solubles que les pentosanes du péricarpe ou enveloppe.

Les Pentosanes agissent aussi comme agent de liaison de l'eau au cours du pétrissage, il joue un rôle important dans l'augmentation du volume du pain (**Bounneche, 2015**).

1.4.4. Protéine

Le blé possède des protéines dont la composition en acides aminés et la structure leur confèrent des propriétés fonctionnelles différentes de celles des autres céréales (**Bounneche, 2015**).

C'est à Osborne (1907) que l'on doit la première classification des protéines. Il les a séparait en deux grands groupes suivant leur solubilité dans l'eau.

Les protéines solubles : représente 15 à 20 % des protéines totales (Albumines solubles dans l'eau, Globulines solubles dans les solutions salines)

Les protéines de réserves : représentent 80 à 90 % des protéines totales (Gliadines solubles dans les solutions alcooliques, Gluténines solubles dans les solutions diluées d'acides ou de bases, ainsi

1.4.5. Gluten

Le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation (lavage par l'eau) d'une pâte de blé tendre ou de blé dur. Principalement constitué de protéines (75 à 80 % MS), il contient également de l'amidon (8 à 10 % MS), des sucres réducteurs (1 à 2 % MS), des lipides (5 à 10 % MS) dont les 2/3 environ sont des lipides polaires, des pentosanes (2 % MS) et des matières minérales (1% MS). Affirme que la quantité de gluten est très liée à la teneur en protéines et la mesure de gluten constitue le plus souvent le seul test technologique d'appréciation de la qualité des blés durs (**Hennouni, 2012**).

1.4.6. Lipides

Les principales matières grasses du blé, du germe et de la semoule sont des acides gras (acide palmitique, stéarique oléique, linoléique et linoléique, des glycérides simples), principalement, des triglycérides mais également des mono et des diglycérides, des glyco lipides (galactoglycérides, et des phospho -lipides). Elles sont inégalement distribuées dans le grain.

Les lipides du blé représentent en moyenne 2 à 3 % du grain sec, ce sont des constituants mineurs du blé, certains sont libres, mais la majorité est associée aux composantes majeures (amidon, protéines) et leurs effets sont importants dans les processus technologiques (**Hennouni, 2012**)

Ceci se traduit par une augmentation de la teneur en matière grasse avec le taux d'extraction du blé en farine. Leur dosage est un indicateur du taux d'extraction mais aussi des risques de mauvaise conservation de la farine. Les lipides sont principalement sous forme de triglycérides ; ils ne jouent pas de rôle technologique majeur ; toutefois les interactions des lipides endogènes avec les protéines notamment modifient les propriétés fonctionnelles du gluten et contribuent à la régulation des structures alvéolaires (**Bounneche, 2015**).

Les lipides des céréales ont par contre un rôle important sur les qualités du gluten. Un gluten délipidé perd une partie de ses propriétés panifiables.

1.4.7. Minéraux

Le blé dur est une source importante des oligoéléments, car c'est une récolte d'aliment principal qui peut composer une grande proportion de prise diététique dans beaucoup de pays.

Le blé dur est une source significative en magnésium (Mg), manganèse (Mn), Fe, Zn, cuivre (Cu) et molybdène (Mo). Il est également une source significative en sélénium bio-disponible (Se) à moins qu'il soit développé dans des sols pauvre en Se. La teneur du grain de blé dur en sodium est faible (0,01-0,05mg/g). Considérant que les concentrations typiques des autres macroéléments sont 3,8-5,5 mg/g de potassium (K), 1,8-5,2 de phosphore (P), 1,0-1,5 mg/g de Mg, et 0,32-0,47mg/g de calcium (Ca).

Le blé dur est une bonne source d'éléments de traces, mais la mouture diminue leurs concentrations, spécialement dans la case de Mn, Fe, Mg et Zn, due à leur concentration relativement basse dans l'endosperme. Dans plusieurs pays de l'Amérique, l'Europe, le moyen orient et l'Asie, les produits céréaliers, inclure les pâtes, sont fortifié avec du Fe et parfois Ca et vitamines qui sont également perdues dans les produits céréaliers raffinés.

Compte tenu du fait que ce sont les parties périphériques de la graine, tégument séminal et assise protéiques (ou couche à aleurone) qui sont les plus riches en matières minérales et qu'à l'inverse, l'albumen amylicé n'en contient qu'environ 0.5%, la teneur en matière minérales d'une farine est utilisée comme marqueur de sa pureté, c'est-à-dire de sa contamination par les parties périphériques du grain (**Bounneche, 2015**).

1.4.8. Enzymes

Les enzymes sont présentés en petites quantités. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases, plus phytases (phosphatases) les peroxydases et les catalases (**Bounneche, 2015**).

Lipase : elle se localise dans les couches périphériques probablement dans la couche à aleurones et dans le germe de blé (**Dib, 2013**).

Lypoxygénase : cette enzyme se trouve localisée dans le germe de blé. Elle provoque l'oxydation des acides gras surtout insaturés à l'état libre (**Dib, 2013**).

2. La germination

2.1. Définition de la germination

La germination est définie comme la somme des événements qui conduisant la graine sèche à germer, elle commence par la prise d'eau et se termine par la l'allongement de l'axe embryonnaire, le signe visible d'accomplissement de la germination est la sortie de la radicule hors des téguments de la graine (**Hopkins, 2003**). C'est un processus physiologique dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et tout début de la croissance de la visiblement allongée (**Bewley, 1997**).

La germination se traduit par une activation des activités enzymatiques dans toutes les parties de la graine (embryon et tissus de réserve), conduisent à la croissance de l'embryon et à la constitution d'un germe (**Labbe, 2004**), des enzymes commencent à dégrader les réserves contenues dans l'albumen ou dans les cotylédons, et les nutriments parviennent aux régions en croissance de l'embryon (**Delgado, 1994**).

Une graine est l'organe de la plante constituée d'un embryon (la radicule, l'hypocotyle et l'épicotyle), de tissus de réserves (albumen ou endosperme) enfermés dans des enveloppes protectrices (téguments) de morphologies différentes selon l'espèce (**Fenner, 2000**). Le principal rôle des graines est de fournir une protection et des nutriments à l'embryon durant la germination (**Schmidt, 2000**).

2.2. La germination des graminées présentes

Le coléorhize s'épaissit en une masse blanche qui brise le tégument de la graine au niveau du germe. Il en sort bientôt une, puis trois, puis cinq racines primaires qui se garnissent de poils absorbants. En même temps la coléoptile étui de la première feuille, s'allonge vers la surface, au niveau de la quelle il se laisse percer par la première feuille. Puis, devenu inutile, il se flétrit. A ce stade « une feuille » une coupe de la plantule au niveau du grain montre déjà deux entre nœuds court, le second portant le bourgeon végétatif d'où vont partir les autres feuilles.

La durée de germination varie beaucoup avec la température, le blé peut germer dès que les températures dépasses 0°C (le zéro de végétation de blé est 0°C) ; 8 à 10 jours sont nécessaires pour les semis précoces, et les plus souvent 15 à 20 jours et même plus pour les semis tardifs. Il faut en moyenne 30 °C pour la germination, soit trois jours à 10 °C ou 10 jours à 3 °C (**Soltner, 1990**).

Au début de la germination, la semence de blé est sèche. Après humidification, sort une radicule (première petite racine), puis une coléoptile. Une première feuille paraît au sommet de la coléoptile (**Boulai et al, 2007**).

2.3. Les facteurs de la germination

Selon **Guyot (1978)** la germination, phase première de la vie de la plante, assure la naissance d'une jeune plantule aux dépens de la graine. Cependant, la germination est aussi décrite comme l'émergence et le développement à partir de l'embryon de structures essentielles qui sont indicatrices de la capacité de la graine à produire une plante normale sous des conditions favorables (**Willan, 1984**).

C'est à dire ceux qui interviennent au moment de la germination, sont nombreux. En fait, c'est l'influence combinée de ces différents facteurs qui rend possible ou non la germination (**Boualem, 2014**).

D'après **Boualem (2014)** elle est dépend aux :

- Conditions externes liées aux facteurs de l'environnement ;
- Conditions internes liées à l'état physiologique et aux caractéristiques de la graine.

La germination des graines exige des conditions favorables – externes qui sont la disponibilité en eau, en oxygène et une température compatible avec un métabolisme cellulaire actif – et internes, la levée des dormances (**François et al, 2009**).

2.3.1. Les conditions internes

Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même, qu'elle doit être vivante, mûre, apte à germer (**Jeam et al, 1998**), qui sont propres à la graine elle-même telle que la maturité, la longévité et la photosensibilité (**Chaussat, 1999**).

• **La maturité** : C'est l'état complet de la morphologie et la physiologie des semences, lorsque toutes ses parties constitutives : sont enveloppes séminales (tégument + éventuellement péricarpe) et amande (tissus de réserves + embryon), il y a des semences, bien que vivantes et morphologiquement mures ne germent pas, même en présence des conditions favorables pour la germination, parce qu'elles ne sont pas physiologiquement mures (**Come, 1970**).

Lorsque des graines arrivées à maturité sont placées dans des conditions optimales de température, d'humidité et d'oxygénation pour leur croissance et qu'elles ne germent pas, plusieurs types de causes sont à envisager (**Boualem, 2014**).

• **La longévité** : C'est la durée dont laquelle les semences restent vivantes et capables de garder leur pouvoir germinatif. Elle varie selon l'espèce et la variété (**Heller, 1990**).

En effet, la capacité germinative est plus faible pour plantes ligneuses que pour les herbacées (**Flesh, 1991**).

• **La photosensibilité** : En général, on distingue trois catégories de graines vis-à-vis de leur exigence à la lumière (**Belwley et Black, 1994**) et (**Toth, 2005**) :

- ✓ Les graines à photosensibilité positive dont la germination est induite par la lumière.
- ✓ Les graines dites à photosensibilité négative et dont la germination est retardée ou inhibée par la lumière.
- ✓ Les graines apparemment non photosensibles et capables de germer indifféremment à la lumière ou l'obscurité.

2.3.2. Les conditions externes

Selon **Soltner (2007)** la graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, et la température

Eau : Selon (**Chaussat et al, 1975**), la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division (**Soltner, 2007**).

Oxygène : L'oxygène est indispensable à la germination. La germination exige obligatoirement de l'oxygène (**Dominique, 2007 et Soltner, 2007**). Selon **Mazliak (1982)** une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination. D'après **Meyer et al, (2004)**, l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

La température : agit soit directement par l'augmentation de la vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelque degré pour stimuler la germination (**Mazliak, 1982**), ou indirectement, par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (**Chaussat et al, 1975**).

Le thermomètre peut dépasser 50 °C, une telle température compromet la vie et la conservation des semences (**Jean Prost, 1970**).

La température compatible avec la germination s'inscrit dans une gamme assez large (sous réserve que la semence ne soit pas dormante) (**Heller et al, 2006**).

La température est certainement le facteur le plus important de germination parce qu'elle joue un rôle dans la vitesse des réactions biochimiques (**Ammari, 2011**).

2.4. Physiologie de la germination

D'après, (**Hopinks, 2003**) et (**Heller et al, 2004**), la cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases : Phase d'imbibition, de germination stricto sensu, Phase de post-germination.

Au cours de la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquiescer l'émergence nécessaire. La perméabilité du tégument et le contact avec les particules du sol conditionnent l'imbibition et la pénétration de l'oxygène. Les réserves de toute nature sont digérées (**Michel, 1997**).

2.4.1. Phase 1 Ou Phase d'imbibition

C'est une étape rapide et réversible ; caractérisée par une entrée massive et passive d'eau ; elle se déroule même si la graine n'est pas viable (**Anzala, 2006**) est principalement un processus physique; activités physiologiques peuvent commencer à quelques minutes d'une cellule se hydrater, bien avant que tous les tissus de semences deviennent complètement imbibés (**Nonogaki et al, 2010**).

Elle implique un mouvement d'eau dans le sens de potentiel hydrique décroissant (**Hopkin, 2003**). Cette entrée d'eau, servant à hydrater les tissus, est accompagnée d'une augmentation de la consommation d'oxygène attribuée à l'activation des enzymes mitochondriales. La graine de blé absorbe 50% de son poids de départ. L'imbibition est rapide et réversible (**Chaussat, 1999**). Les structures et les enzymes nécessaires à cette reprise d'activité sont supposé avoir résisté à la déshydratation et être présentes dans les graines sèches (**Bewley, 1997**).

2.4.2. Phase II

Encore appelée **phase de germination sensu stricto**, est caractérisé par une stabilisation de l'hydratation et de l'activité respiratoire à un niveau élevé (**Hopkins, 2003**). Durant cette phase, la

graine peut être réversiblement hydratée et réhydratée sans dommage apparemment pour sa viabilité (**Heller et al, 2004**). C'est à ce stade que se préparent les événements métaboliques associés à l'allongement de la radicule qui émerge du tégument (**Gimeno-Gilles, 2009**).

Elle est caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau et une reprise de la respiration, des activités métaboliques et mitotiques. Active les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graine. C'est le cas des gibbérellines qui vont activer la synthèse d'hydrolases (α -amylases, nucléases et protéinases) nécessaires à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire.

Les α -amylases : hydrolysent l'amidon stocké dans l'albumen et libèrent des molécules de glucose, substrat du métabolisme respiratoire.

Les nucléases : permettent la libération d'acides nucléiques impliqués dans la formation des cytokines, hormones qui stimulent la division cellulaire.

Les protéinases : lysent les réserves protéiques qui favorisent la formation de phytohormones telles que l'auxine responsable de l'élongation des cellules (**Heller et al, 2004**).

La phase de germination au sens strict se termine avec la percée du tégument par la radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules (**Heller et al, 2004**).

Au cours de la teneur en eau des graines de **phase II** est assez constante et activités métaboliques augmentent avec la transcription importante de nouveaux gènes. (**Nonogaki et al, 2010**).

2.4.3. Phase III ou La phase de croissance post-germinative

Elle est caractérisée par une entrée de nouveau de l'eau et une augmentation importante de la respiration. La consommation de l'O₂ serait due aux enzymes néosynthétisées. L'ABA (acide abscissique) néosynthétisé serait un des facteurs les plus importants qui régule cette phase (**Grappin et al, 2000**).

L'émergence de la radicule à travers les structures environnantes à la fin de cette phase marque la fin de la germination et de la **Phase III** il est en outre l'absorption d'eau que le jeune plant est établi, utilisant les importantes réserves stockées.

La courbe est un cours de temps stylisé pour l'absorption de l'eau. Le temps nécessaire pour que ces événements à remplir varient selon les espèces et les conditions de germination à laquelle la semence est soumise d'après ; (**Nonogaki et al, 2010**).

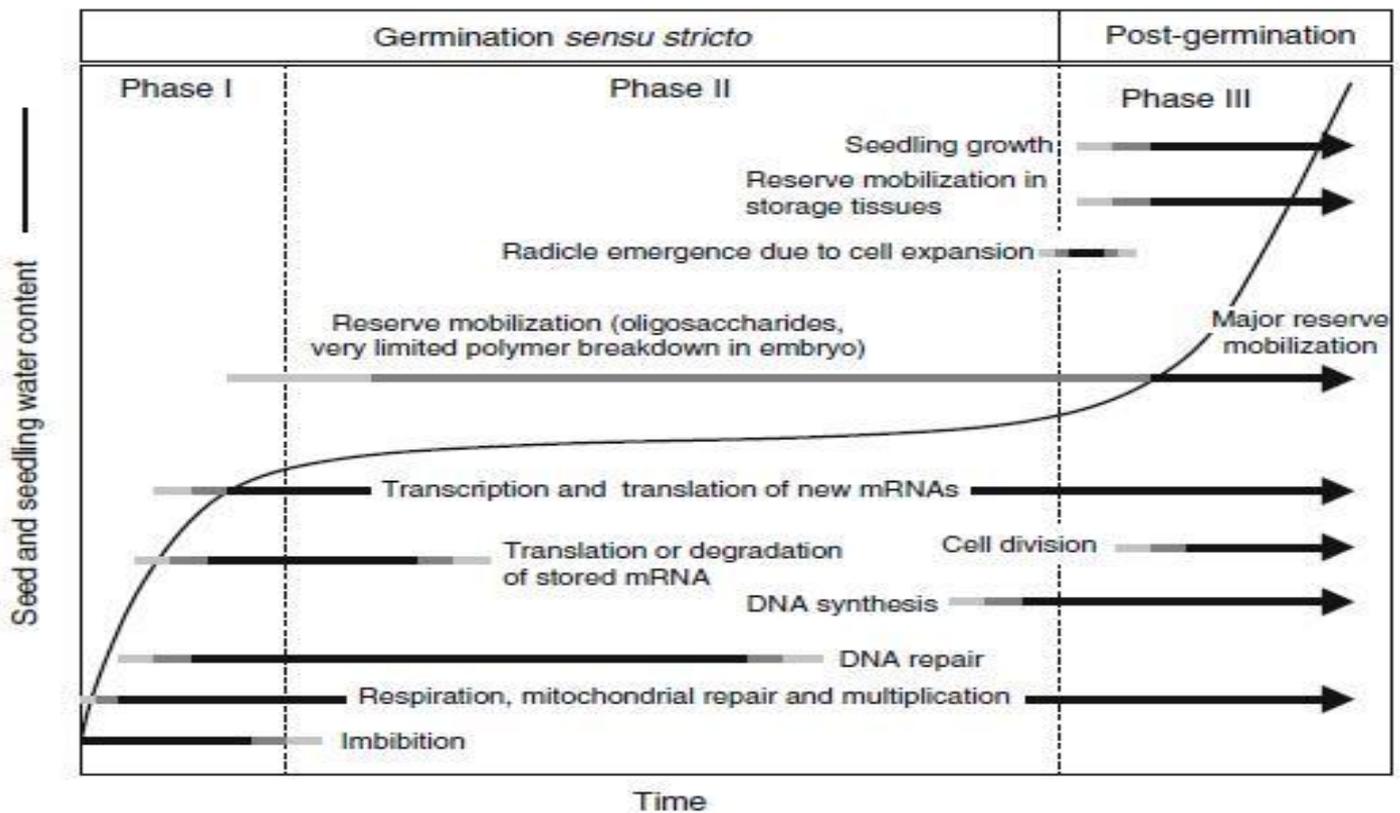


Figure 4 : Les phases de la germination (Nonogaki et al, 2010).

Elle se caractérise par une reprise de l'absorption d'eau et une élévation de la consommation d'oxygène puis très rapidement, on assiste à une reprise des divisions et grandissement cellulaire (Hopkins, 2003).

Chez le blé dur ce phénomène se caractérise en première étape par l'imbibition de la semence, ensuite la réactivation des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par l'embryon. La radicule se dégage des enveloppes séminales (Barroco et al, 2005) ont proposé que l'élongation cellulaire soit nécessaire et soit généralement acceptée comme étant suffisante pour l'achèvement de protubérance de la radicule, la division cellulaire ne soit pas indispensable.

Trois mécanismes possibles ont été proposés dans le début de la croissance de la radicule:

1. Le potentiel osmotique des cellules de la radicule devient plus négatif, ce qui conduirait à une absorption d'eau accrue et une extension de cellules,
2. l'extensibilité des parois cellulaires des cellules de la radicule est augmentée, ce qui permet de leur allongement, les tissus de la graine autour de la pointe de la radicule s'affaiblissent, permettant ainsi à la pointe de s'allonger (Bewelley, 1997),

3. Les tissus de la graine autour de la pointe de la radicule s'affaiblissent, permettant ainsi à la pointe de s'allonger (**Bewelley, 1997**).

2.5. La biochimie de la germination

Lors de la germination, on assiste à la mobilisation des réserves accumulées dans les organes de stockage de la graine (cotylédons ou albumen) au cours de sa maturation, dans ce processus, sont impliquées des enzymes de dégradation des carbohydrates, des protéines et des lipides (**Taiz et Zeiger, 2002**).

Ces réserves ont une grande importance car elles assurent l'alimentation du jeune embryon en cours de germination, ce qui lui permet d'atteindre l'autotrophie (**Nivot, 2005**).

2.5.1. Les réserves amylicées de l'amidon

L'amidon est un glucide complexe (polyoside) de réserve pour les végétaux supérieurs. Il constitue une réserve d'énergie et de nutriment nécessaire pour survivre à la mauvaise saison. Il permet de stocker des nutriments glucidiques dans les cellules sans se dissoudre dans l'eau (**Bayuelo-Jimenez et al, 2002**).

Les mécanismes globaux qui règlent la germination sont l'hydrolyse de l'amidon et des protéines. En effet, les protéines sont transformées en acides aminées et l'amidon en sucres simples.

L'élément essentiel permettant le phénomène de germination est l'eau. Son action est fondamentale pour que les macromolécules (amidon, protéines) puissent s'hydrater et réaliser leur fonction. L'amidon constitue la forme principale des réserves glucidiques, notamment chez les Graminées dont il forme presque tout l'albumen. Il représente le composé glucidique le plus important de notre régime alimentaire (**Bayuelo et al, 2002**).

2.5.2. La dégradation de l'amidon

La dégradation de l'amidon en glucose nécessite l'intervention de plusieurs hydrolases qui sont synthétisées en abondance dans la couche à aleurone et qui migrent vers l'albumen. L'amylase est une enzyme digestive qui brise les polysaccharides. Elle joue un rôle important dans la dégradation de l'amidon avec une grande spécificité.

a. α amylicées : est une α -1,4 glucanase qui brise les liens α (1-4) glycosidiques à l'intérieur des chaînes de l'amylose et de l'amylopectine pour ultimement donner des molécules de maltose (disaccharides de α -glucose) (**Wang et al, 2008**).

b. β amylacées : est une α -1,4 glucane maltohydrolase, elle attaque les amyloses à chaînes linéaire à partir de l'extrémité non réductrice en libérant du maltose. L'amylopectine, par contre, n'est pas dégradé qu'au niveau des chaînes externes (**Scriban, 1999**).

c. La dextrine : son rôle est de cliver les liaisons α (1-6). Elle dégrade l'amidon en maltose (**Hopkins, 2003**).

d. L' α - glucosidase : l'étape finale de la dégradation de l'amidon est l'hydrolyse du maltose en deux molécules de glucose par l' α - glucosidase. Les oses obtenus sont alors directement utilisables par l'embryon (**Levy, 1998**).

2.5.3. Hétérogénéité de la germination

Le pouvoir germinatif des graines dépend majoritairement des conditions dans lesquelles on les place. Les causes de la variabilité des propriétés germinatives sont multiples (**Côme, 1970**) et dépend surtout du patrimoine héréditaire, cette hétérogénéité due essentiellement à trois catégories de facteurs. Les conditions de développement des semences sur la plante, les conditions de conservation des graines et les conditions de germination (**Mazliak, 1982**).

3. la salinité

3.1. Notion de stress chez les plantes

Les stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologique résultant éventuellement en dégâts, dommage blessures, inhibition de la croissance ou de développement (**Bougdad, Benkaddour, 2015**).

On peut donc considérer que la notion de stress implique d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante et de l'animale, et d'autre part une réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec soit l'adaptation à la nouvelle situation soit à la limite dégradation menant à une issue fatale (**Leclerc, 1999**).

3.2. Catégories de stress

Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress biotiques qui sont dus à une agression par un autre organisme (insectes, herbivores), et les stress abiotiques qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux (sécheresse, température extrêmes, salinité....) (**Vincent, 2006**).

3.3. Salinité et salinisation

La salinité des sols est définie comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en Na, Ca, Mg sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (**Asloum, 1990 in baba sidi-kaci, 2010**). Le stress salin est un excès des ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions ($\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$) (**Hopkins, 2003**).

La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées (**Munnes et tester, 2008 in Jaboune, 2008**), cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété (**Epstein et al, 1980**). La diminution de la croissance est une réponse à la déshydratation ; elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (**Binzel et al, 1988**).

Les végétaux sont capables de supporter le déficit hydrique engendré par le stress salin, en ajustant plus ou moins rapidement leur potentiel osmotique avec celui du milieu extérieur, de manière à maintenir un gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu salin (**Greenway, Muns, 1980**). Une fois que la plante s'est ajustée osmotiquement au milieu salin et que sa turgescence est restaurée, le déficit hydrique n'apparaît plus comme un facteur limitant la croissance sur milieu salin (**Zhao et al, 1991**).

3.4. Composantes de la salinité

Les données classiques sur les effets de la salinité chez les plantes mettent en relief 4 principales composantes par lesquelles la salinité affecte la croissance: le stress osmotique, le stress ionique, le stress nutritionnel et le stress oxydatif (**Rodriguez et al, 2005**). Il n'est souvent pas possible de distinguer la contribution de chacune de ces voies à l'inhibition de la croissance au niveau de la plante entière.

3.4.1. Le stress osmotique

La première conséquence de la salinisation tient à la modification du potentiel osmotique de la solution du sol, lorsque la teneur en sels croît. Plus la solution du sol est salée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. Il en résulte un ralentissement de la croissance (**Song et al, 2005**). La concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement. C'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions Na^+ via les charges négatives de l'argile (**Chinnusamy et al, 2004**).

3.4.2. Le stress ionique

L'accumulation des ions toxiques Na^+ et Cl^- au niveau du mésophylle des feuilles, affecte la croissance et le métabolisme de la plantes (**Chinnusamy et Zhu, 2004**). Le sel endommage les structures lipidiques et protéiques des membranes plasmiques (**Pical et al, 1999**). La présence de ces ions perturbe l'activité enzymatique cellulaire (**Hasegawa et al, 2000**) principalement dans les tissus photosynthétiques (**Bounaqba, 1998**).

La toxicité ionique peut être le résultat du remplacement de K^+ par Na^+ au niveau des sites actifs de protéines induisant aussi un changement des structures protéiques et enzymatiques (**Chinnusamy et al, 2004**).

3.4.3. Le stress nutritionnel

La salinité n'est pas une simple affaire de concentrations élevées de Na^+ et de Cl^- . Le calcium, le sulfate, les carbonates peuvent être présents, avec le bore ou le sélénium à des concentrations excessives. En même temps, d'autres nutriments, particulièrement le phosphore et l'azote, peuvent ne pas être présents ou disponibles en quantités suffisantes pour permettre des taux de croissance élevés (**Gorham, 1996**). La présence de sels en excès dans le substrat de culture peut entraîner une

limitation de l'alimentation en nutriments indispensables. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance sur sel, lorsque des ions essentiels comme I^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (**Soltani et al, 1990**).

3.4.4. Le stress oxydatif

Selon **Parent et al, (2008)**, une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition du stress oxydatif, c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) à des concentrations élevées, qui endommagent les structures cellulaires. Ces derniers sont à l'origine du dysfonctionnement de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques. La plupart d'entre eux sont des peroxydes d'hydrogène, des radicaux hydroxyles et des anions super oxyde (**Rahnama et Ebrahimzadeh, 2005**).

La tolérance des plantes à la contrainte saline est fortement corrélée à leur capacité de synthèse des antioxydants nécessaire pour faire face au ROS et de maintient leur concentration à faible niveau dans les cellules lors du stress (**Reddy et al, 2004**).

3.5. Effets de salinité sur la plante

La salinité est l'un des facteurs limitant la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont surtout l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**Zid, 1982**).

3.5.1 Absorption

Chez les végétaux stressés par le sel, les concentrations des solutés organiques et inorganiques varient, selon les espèces, l'âge de la plante et le traitement salin. Chez les plantes cultivées sur milieu témoin sans sel, la concentration totale de la solution foliaire en solutés organiques tend à diminuer avec l'avancement en âge des plantes ; alors qu'un effet opposé est noté pour la concentration inorganique totale de la feuille (**Rahmoune et al, 1997**, **Ben Naceur et al, 2002**). La sensibilité à la salinité des espèces végétales est due notamment à l'absorption et à l'accumulation d'une quantité relativement élevée de (Na^+) et (Cl^-) au niveau des feuilles (**Bell, 1999**, **Çiçek et al, 2002**). La grande accumulation de Cl^- dans les feuilles peut contribuer au maintien d'un gradient osmotique en condition de salinité modérée. C'est au niveau des feuilles que se visualise le plus l'effet toxique des ions chlorures. Les dégâts observés sur la végétation sont dus à la toxicité des chlorures (Cl^-) et non aux ions sodium (Na^+) qui sont généralement inoffensifs vis-à-vis de la

plupart des plantes, et la surface foliaire nécrosée est souvent directement proportionnel à l'accumulation des chlorures (**Garrec et al, 1989**). En présence du sel, l'absorption des cations Na^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} dépasse souvent celle des anions Cl^- , PO_4^- et NO_3^- ; ce qui engendre ainsi un déficit anionique pour le végétal. Dans les feuilles, les Chlorures (Cl^-) sont toujours accumulés proportionnellement à la teneur globale en sel et en plus grande quantité que le Na^+ (**Rahmoune et al, 1998,2000**).

3.5.2. La germination

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (**Guterman, 1993 in Ndour et Danthu, 2000**). Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (**Boulghalagh et al, 2006**). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (**Maillard, 2001**). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence du sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Debez et al, 2001**).

Elle affecte tout les processus de germination suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui rend l'eau inaccessible à cette dernière pour la réhydratation et la reprise de la vie active de l'embryon (**Maas et Poss, 1989**). La mobilisation des réserves des graines est une étape essentielle dans la germination dans la mesure où elle permet de soutenir la croissance de la plantule pendant les premiers stades de son développement. La sensibilité de cette phase au stress salin peut être appréciée par la vitesse d'épuisement des réserves des graines. L'émergence de la racicule pendant la germination serait contrôlée par l'osmolarité du milieu alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire. (**Gomes et al, 1983**).

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

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

Le retard de la germination s'expliquerait par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique (**European, 2014**).

La salinité entraîne une forte absorption d'ions Na^+ et Cl^- pendant la germination des graines, ce qui induit une toxicité cellulaire qui inhibe ou ralentit le taux de germination (**Taiz et Zeiger, 2002, Mehmet et al, 2013**).

3.5.3. La croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**Bouaouina et al, 2000**). La salinité des sols et des eaux demeure, pour les régions arides et semi arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux. Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité : de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (**Levigneron et al, 1995**). Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîches et sèches est aussi démontrée (**Rush et Epstein, 1981**). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de Na^+ et Cl^-), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (**Greenway et Munns, 1980, Levigneron et al, 1995**). Une réduction de la croissance de la partie aérienne est la première réponse observée des glycophytes à l'augmentation de la salinité au niveau des racines. Il s'agit de l'effet destructif le plus significatif en cas d'une exposition prolongée à la salinité. Il s'est avéré aussi que les feuilles sont les tissus les plus sensibles de la plante à une salinité excessive, par contre la croissance des racines s'en trouve faiblement affectée (**Benmahioul et al, 2009**). Ainsi, le chlorure de sodium inhibe la croissance des racines des glycophytes, qu'elles soient réputées très sensible à la salinité, moyennement sensible ou plutôt tolérantes (**Lemzeri, 2006**). Néanmoins, cette inhibition est généralement moins marquée que celle des parties aériennes. C'est ainsi qu'une concentration élevée de sodium (Na^+) et des chlorures (Cl^-) peut être toxique aux plantes avec pour résultat une inhibition de la croissance (**Greenway et Munns, 1980**).

Partie 02

Matériel et méthodes

1. Matériel et méthodes

1.1. Objectifs de l'expérimentation

Notre essai consiste à étudier l'effet de stress salin sur le processus de la germination des graines de blé dur (*Triticum durum Desf.*). Les paramètres retenus sont d'ordres biochimiques dont ceux impliqués dans la remobilisation des réserves glucidiques à travers l'activité des amylases indispensables à la dégradation de l'amidon.

1.2. Matériel végétal

Trois génotypes de blé dur (*Triticum durum Desf.*) ont été utilisés dans ce travail, Celles-ci ont été fournies par l'ITGC Tiaret Algérie. Leurs principales caractéristiques sont :

Tableau 1 : Les génotypes étudiés, leurs origines et les caractérisations.

Génotypes	Origine	Caractérisation au champ			
		Coléoptile	Première feuille	Dernière feuille	Tige
<i>Vitron</i>	Espagne	Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible.	Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible.	Glaucescence de la graine : Fort Glaucescence du limbe : Moyenne	Pilosité du dernier nœud : Nulle ou très faible Glaucescence du col de l'épi : faible.
<i>Simeto</i>	Italie	Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible.	Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible.	Glaucescence de la graine : Très fort Glaucescence du limbe : Fort	Pilosité du dernier nœud : Nulle ou très faible. Glaucescence du col de l'épi : Fort.
<i>GTA Dur</i>	Mexique	Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible.	Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible.	Glaucescence de la graine : Fort Glaucescence du limbe : Moyenne	Pilosité du dernier nœud : Nulle ou très faible Glaucescence du col de l'épi : faible.

1.3. Mise en place de l'essai

L'expérimentation est réalisée au niveau du laboratoire de Physiologie et Biologie Végétales (PBV), Université de Ibn Khaldoun Tairat.

1.4. Préparation des solutions de NaCl

La solution de NaCl à un potentiel osmotique donné est préparée en faisant dissoudre la quantité de NaCl « Poids » dans l'eau distillée. Les solutions à préparer sont : 50mmol, 150mmol et 250mmol, en plus du 00mmol (eau distillée) comme témoin. Le chlorure de sodium (sel) est un assemblage d'ions Na⁺ et Cl⁻ de maille cubique. Le sel est un cristal, car ses atomes forment une structure.

1.5. Les paramètres étudiés

Le suivi du comportement des trois génotypes du blé dur vis-à-vis du stress saline a été basé sur plusieurs paramètres physiologiques, morphologiques et biochimiques.

1.5.1. La physiologie de la germination

Les graines choisies doivent être saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme. Les tests de germination ont été effectués sous différentes concentrations de NaCl. Pour chaque variété, les graines au nombre de 50, sont désinfectées à l'eau de javel à 5% pendant 20 min, puis rincées plusieurs fois avec de l'eau distillée. Elles sont ensuite mises à germer dans des boîtes, ces dernières sont tapissées par une seule couche de papier filtre.

Dans un cas, nous avons imbibé les boîtes contenant des graines avec de l'eau distillée (témoin), dans les autres cas, nous avons imbibé les boîtes avec les graines de solution contenant 50mmol, 150mmol et 250mmol de NaCl. Les boîtes sont mises à l'obscurité dans une étuve à une température de 25°C. En ce qui concerne la germination, effectuée en 3 temps, ses essais sont reproduits sur 3 répétitions chacun, quant à l'ensemble des paramètres qui restent, ils ont été étudiés dans les mêmes essais répétés 3 fois chacun. D'où un effectif total de 36 boîtes de Pétri.

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm.

1.5.2. Dosage des sucres simples

Les sucres simples (glucose, fructose et saccharose) sont extraits par un solvant capable de les solubiliser et de bloquer les activités enzymatiques susceptibles de les dégrader. Le dosage a été effectué en se référant à la méthode de **Yemm et Willis (1954)** reportée par **Sidari et al (2008)**. Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique. Ce dernier très concentré, transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une coloration bleu vert avec l'anthrone.

100mg de graines germées issues des différents milieux sont trempés pendant 24h dans 5ml d'éthanol à 80%. L'extrait obtenu est dilué 10 fois avec l'éthanol à 80%. 2ml sont prélevés de la solution obtenue, auxquels on ajoute 4ml de réactif (préparé 4 heures à l'avance) composé de 2g d'antrone pure additionné à 1000ml d'acide sulfurique (H₂SO₄).

Le mélange, extrait et réactif, est maintenu dans la glace fondante. Après agitation, les tubes sont placés au bain marie à 92 C⁰ pendant 8 minutes puis refroidis pendant 30 minutes à l'obscurité.

La lecture a été faite au spectrophotomètre (**Jenway**) à une longueur d'onde de **530** nm.

Les données en densité optique sont transformées en mg/100mg. MF en référant à la courbe d'étalonnage.

1.5.3. Faculté germinative (G%)

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration des NaCl qui présente la limite physiologique de germination des graines de blé dur. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

Sur l'essai de germination ont été déterminé le pourcentage définitif de germination (G%) selon la formule suivante (**Doran et Gunn, 1986**) :

$$G(\%) = 100 (XT/N)$$

Où :

XT : le nombre total de graines germées.

N : le nombre total des graines mises à germer.

1.5.4. La longueur de la radicule et la coléoptile et le nombre des racines formées

La longueur de la radicule et de la coléoptile exprimée en centimètre (cm) (à l'aide d'un fil puis sur une règle), est réalisée sur l'ensemble des génotypes et des traitements après une semaine de mise en germination des graines. Pendant ce temps le nombre de racines émises par plantule est déterminé.

2. Les appareils utilisés



1-Photo de balance de précision



2-photo de bain marie



3-photo de spectrophotomètre



4-photo d'étuve

- Les résultats ont subis un traitement statistique de l'analyse de la variance (ANOVA). L'effet variétal, le stress salin et leur interaction sont déterminés. Le calcul des corrélations entre les différents paramètres étudiés est estimé par le logiciel Statistica

Partie 03

Résultats et discussion

5. Résultats et discussion

5.1. La physiologie de la germination

Les résultats de la germination sont consignés sur la figure (05) L'analyse de celle-ci montre que la salinité a affecté le poids des trois variétés de blé à savoir Simeto, Vitron et GTA Dur. Le poids a diminué en fonction des concentrations croissantes de NaCl. Néanmoins, pour un même traitement les mesures des poids des trois variétés sont variables.

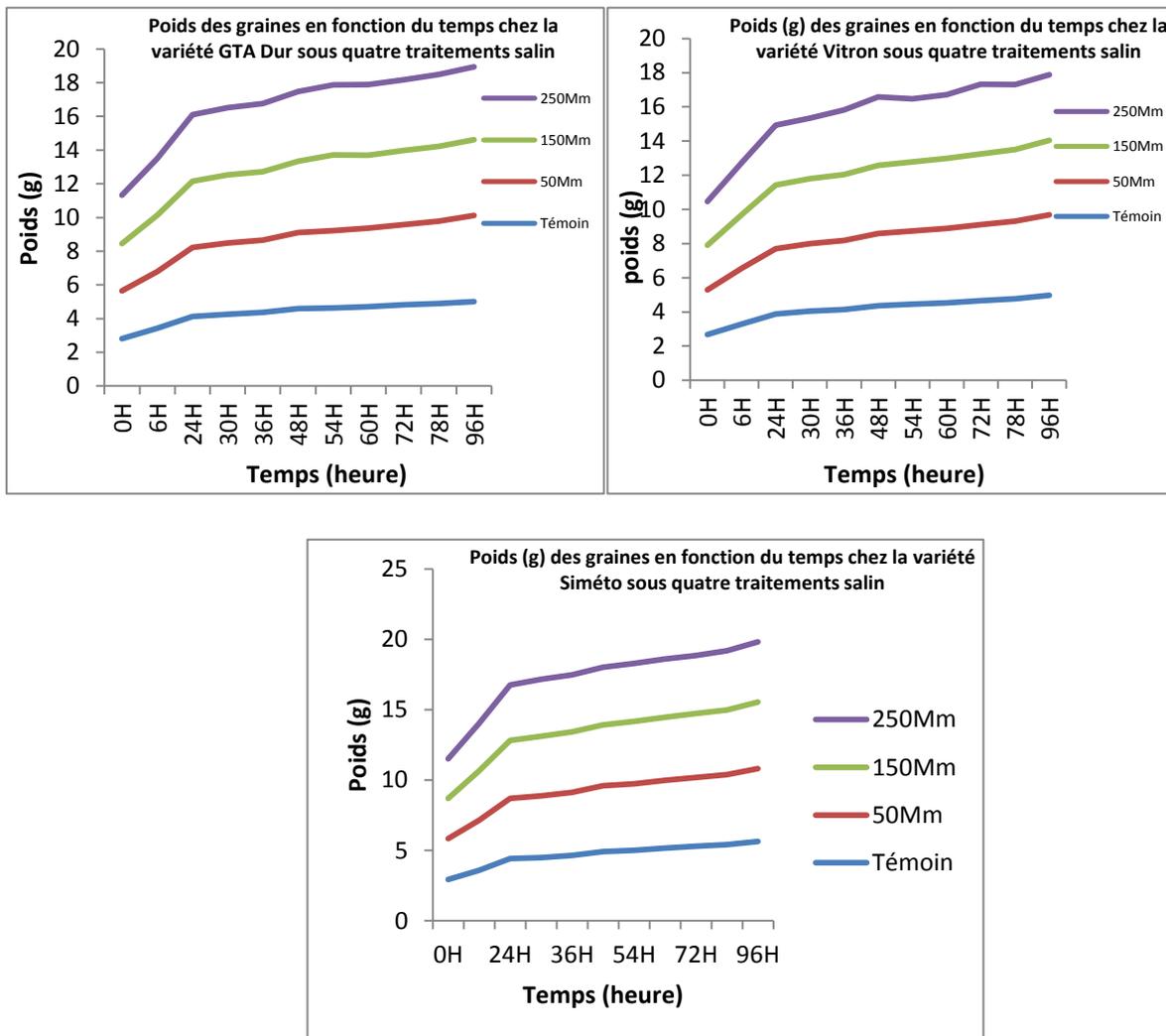


Figure 5 : Poids (g) des graines chez trois variétés de blé dur, conduite sous différents stress salin au cours de la germination.

5.2. La teneur en sucres solubles

Cette partie du travail est réalisée dans un objectif d'estimer l'activité des amylases pour la dégradation de l'amidon au niveau des graines soumise à différentes application de Na Cl dans le milieu de germination. Les résultats obtenus montrent que la dégradation de l'amidon et la libération des sucres solubles, se réalisent indifféremment du dosage de la solution de germination en sel.

5.2.1. La teneur en sucres solubles après 24h de germination

L'analyse de la variance des résultats (**Tableau 2**) montre quel 'effet variétal n'a aucun effet sur la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination ($P>0.05$). L'intensité du régime salin ne présente aucun effet notable sur l'expression de ce paramètre ($p>0,05$). L'interaction entre la nature génotypique et le stress salin est indépendante de l'expression de la teneur en sucres solubles. Les variétés testées se comportent de manière similaire à la déclaration du régime hydrique appliqué.

Tableau 2 : Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Paramètre	Effet variétal (S1)		Effet salin (S2)		Interaction (S1 X S2)	
	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité
Teneur en sucres solubles	1,341	0,298	0,443	0,726	0,301	0,924

A l'échelle de traitement témoin, la plus importante valeur est marquée par la variété GTA Dur de l'ordre de 8,47 $\mu\text{g/g}$ de MF et la plus faible valeur est donnée par le génotype Vitron de l'ordre de 2,45 $\mu\text{g/g}$ de MF. Au niveau du traitement 50 Mm, la plus haute valeur est marquée par la variété GTA Dur de l'ordre de 11,03 $\mu\text{g/g}$ de MF et la plus faible valeur est donnée par le génotype simeto de l'ordre de 4,42 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Au niveau du traitement 150 Mm, la plus haute valeur est marquée par la variété GTA Dur de l'ordre de 7,91 $\mu\text{g/g}$ de MF et la plus faible valeur est donnée par le génotype Vitron de l'ordre de 4,15 $\mu\text{g/g}$ de MF. Au niveau du traitement 250 Mm la plus haute valeur est marquée par la variété GTA Dur de l'ordre de 7,23 $\mu\text{g/g}$ de MF et la plus faible valeur est donnée par le génotype simeto de l'ordre de 3,81 $\mu\text{g/g}$ de MF. (**Tableau 3 et Figure 6**)

Tableau 3 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Variétés	SS	La teneur en sucres solubles après 24H	Ecartype
SIMETO	Témoin	5,98	0,38
SIMETO	50 Mmol	6,28	1,86
SIMETO	150 Mmol	5,26	0,94
SIMETO	250 Mmol	4,84	1,03
VITRON	Témoin	5,14	2,69
VITRON	50 Mmol	5,61	0,36
VITRON	150 Mmol	5,53	1,38
VITRON	250 Mmol	6,28	0,13
GTA DUR	Témoin	6,22	2,24
GTA DUR	50 Mmol	8,98	2,04
GTA DUR	150 Mmol	6,73	1,17
GTA DUR	250 Mmol	6,46	0,77

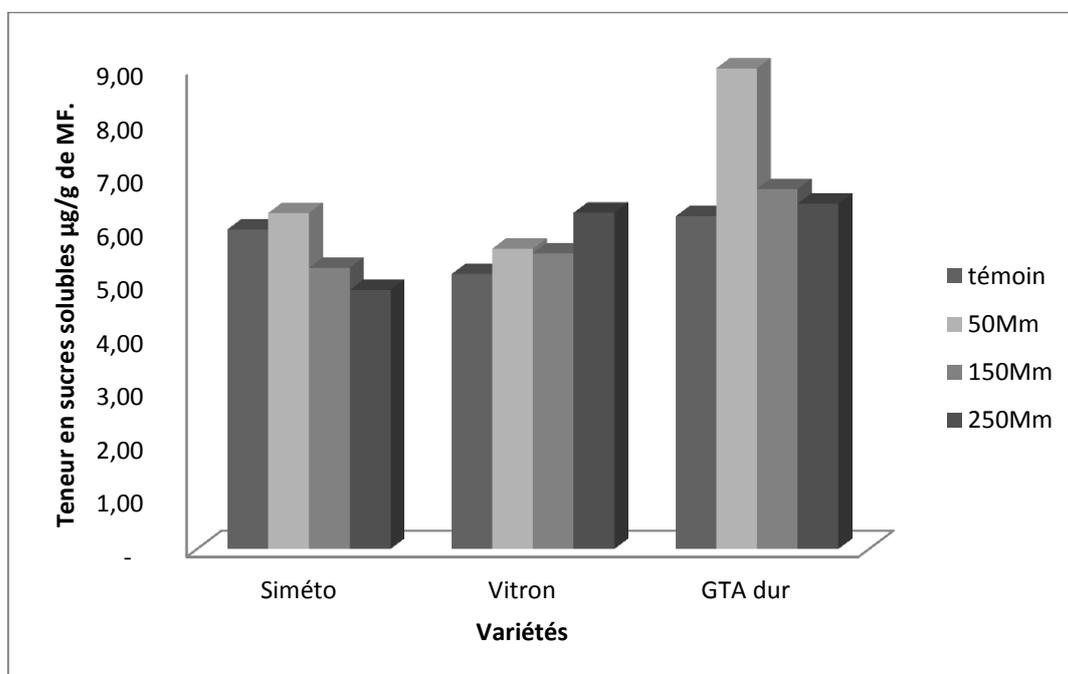


Figure 6 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

5.2.2. La teneur en sucres solubles après 48h de germination

L'analyse de la variance des résultats (**Tableau 4**) montre que la teneur en sucres solubles après 24 heures de germination dépend fortement de la nature des variétés testées ($P < 0.05$). Par contre, cette teneur est indépendante du régime salin appliqué ($p < 0,05$). L'interaction entre les deux facteurs d'étude présente une différence très hautement significatif, ce qui indique que les trois génotypes ne répondent pas de la même manière en présence des différentes concentrations du NaCl ($P < 0.05$).

Tableau 4 : Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles après 48 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Paramètre	Effet variétal (S1)		Effet salin (S2)		Interaction (S1 X S2)	
	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité
Teneur en sucres solubles	5,254	0,022	0,412	0,746	4,044	0,018

A l'échelle de traitement témoin, les teneurs en sucre solubles à cette phase de germination varient entre $19,55 \mu\text{g/g}$ de 100 mg de MF (Vitron) et $11,44 \pm 0,28 \mu\text{g/g}$ de 100 mg de MF (Simeto).

Au niveau du traitement 50 Mm, la variété Vitron enregistre la valeur supérieure avec $19,55 \mu\text{g/g}$ de 100mg de MF et la faible valeur est donnée par le génotype GTA Dur de l'ordre de $8,57 \pm 0,78 \mu\text{g/g}$ de 100mg de MF.

Au niveau du traitement 150 Mm, la plus importante valeur est signalée par la variété Simeto de l'ordre de $19,55 \mu\text{g/g}$ de 100mg de MF et la plus faible valeur est donnée par le génotype Vitron de l'ordre de $7,45 \pm 0,13 \mu\text{g/g}$ de 100mg de MF.

Au niveau du traitement 250 Mm, ces teneurs sont comprises entre $16,84 \pm 2,70 \mu\text{g/g}$ de 100mg de MF et $7,66 \pm 2,40 \mu\text{g/g}$ de 100mg de MF respectivement chez les variétés Simeto et GTA Dur. (**Tableau 5 et Figure 7**)

Tableau 5 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles après 48 heures de germination des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Variétés	SS	La teneur en sucres solubles 48H	Ecartype
SIMETO	Témoin	11,44	0,28
SIMETO	50 Mmol	10,50	0,37
SIMETO	150 Mmol	19,55	0
SIMETO	250 Mmol	16,84	2,70
VITRON	Témoin	19,55	0
VITRON	50 Mmol	19,55	0
VITRON	150 Mmol	7,45	0,13
VITRON	250 Mmol	11,63	0,13
GTA DUR	Témoin	11,57	7,96
GTA DUR	50 Mmol	8,57	0,78
GTA DUR	150 Mmol	9,72	2,02
GTA DUR	250 Mmol	7,66	2,40

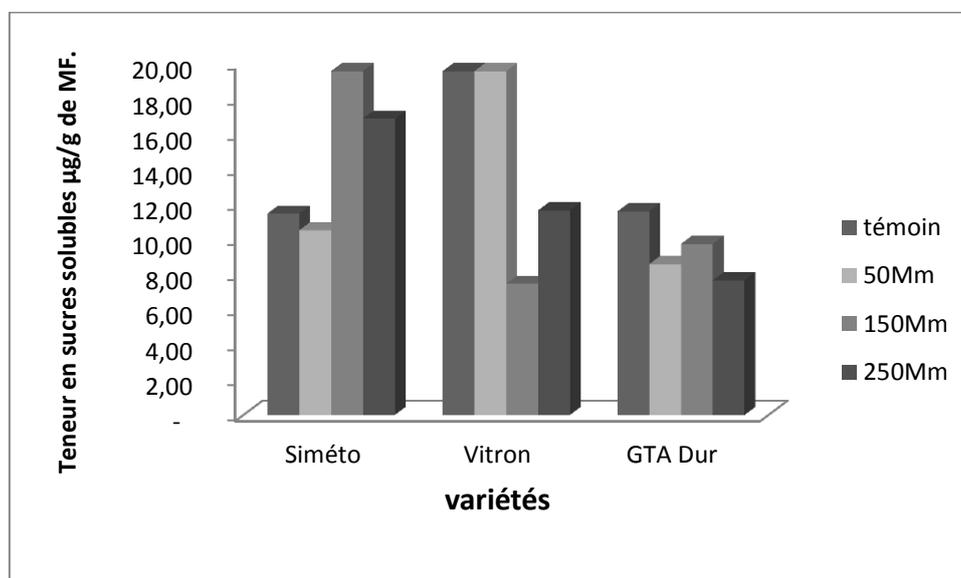


Figure 7 : Résultats moyens de la teneur en sucres soluble ($\mu\text{g/g}$ de MF) après 48h de germination chez trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

5.3. Faculté germinative après 72 heures de germination

L'analyse de la variance des résultats (tableau 6) montre que la salinité présente un effet très hautement significatif ($P < 0.05$) sur l'expression de ce paramètre. Par contre, il semble que la faculté germinative se comporte indépendamment du choix des variétés testées ($P > 0.05$). Aucune signification notable quant à l'interaction des deux paramètres d'étude. Les variétés testées se comportent de façon similaire à la déclaration du traitement salin ($P > 0.05$).

Tableau 6 : Analyse de la variance de la faculté germinative des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Paramètre	Effet variétal (S1)		Effet salin (S2)		Interaction (S1 X S2)	
	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité
Faculté germinative	2.534	0,100	231,559	0,000	0,480	0,480

Les résultats moyens de la faculté germinative après 72 heures de la germination montrent que la faculté la plus importante passe du 99.33 ± 0.67 (%), (Vitron et GTA Dur), 98.67 ± 0.67 (%) (Simeto), 56 ± 7.57 (%) (Vitron) au 12 ± 3.06 (%) (GTA dur) respectivement au niveau des traitements témoin, 50Mm, 150Mm et 250Mm. (**Tableau 7 et Figure 8**)

Tableau 7 : Résultats moyens de la faculté germinative (%) après 72 heures de germination, conduites sous différents traitements salin.

Variétés	SS	Faculté germinative (%)	écartype
SIMETO	Témoin	97.33	2.67
SIMETO	50Mmol	98.67	0.67
SIMETO	150Mmol	36.67	11.57
SIMETO	250Mmol	2.00	0.00
VITRON	Témoin	99.33	0.67
VITRON	50Mmol	99.33	0.67
VITRON	150Mmol	56.00	7.57
VITRON	250Mmol	9.33	1.76
GTA DUR	Témoin	99.33	0.67
GTA DUR	50Mmol	96.67	1.33
GTA DUR	150Mmol	52.00	9.24
GTA DUR	250Mmol	12.00	3.06

Par contre les plus faibles valeurs passent du 97.33 ± 2.67 (%) (Simeto), 96.67 ± 1.33 (%) (GTA Dur), 36.67 ± 11.57 (%) (Simeto) au 2 ± 00 (%) (Simeto).

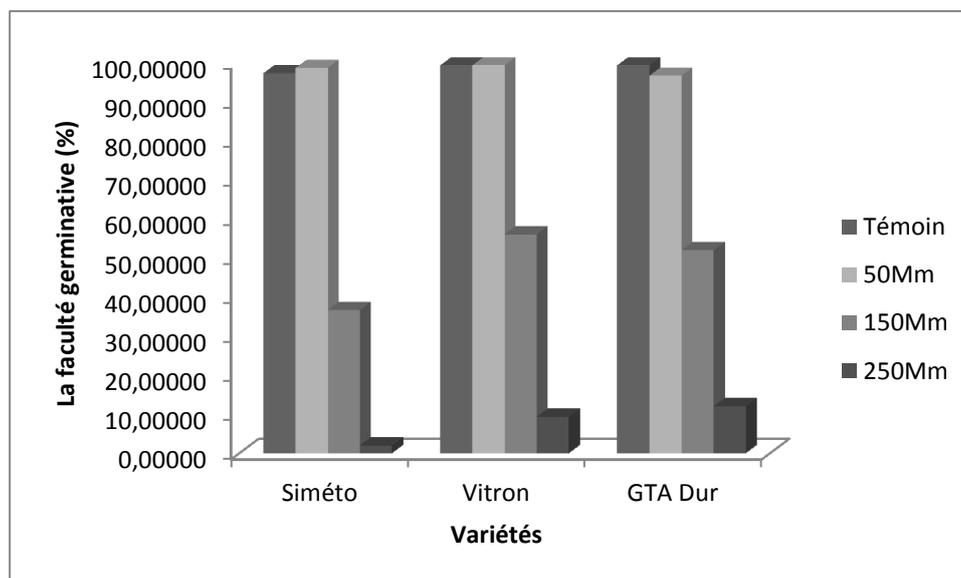


Figure 8 : Résultats moyens de la faculté germinative après 72 heures de germination, conduites sous différents traitements salin.

5.4. Nombre des racines formées

L'étude statistique des résultats obtenus (tableau 8) montre que le nombre de racines formées est fortement influencé par les différentes variétés testées ($p < 0,05$). Le régime d'alimentation salin présente un effet hautement significatif sur l'expression de ce paramètre ($p < 0,05$). L'interaction des deux facteurs d'étude ne présente aucune signification notable ($p > 0,05$). Ceci indique que les variétés testées réagissent de manière similaire sous le traitement salin imposé.

Tableau 8 : Analyse de la variance du nombre des racines formées des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Paramètre	Effet variétal (S1)		Effet salin (S2)		Interaction (S1 X S2)	
	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité
Nombre des racines formées	5,178	0,013	17,013	0,000	1,587	0,193

La salinité affecte négativement le nombre des racines par rapport à celui obtenus des graines témoins. D'après (tableau 9 et figure 9) cette diminution est en fonction de l'augmentation de la quantité de NaCl dans la solution d'imbibition.

Les résultats obtenus révèlent qu'au niveau du lot témoin le nombre de racine le plus important est de 3.33 ± 0.33 enregistré chez les variétés Simeto et Vitron. Par contre le plus faible nombre est affiché chez la variété GTA Dur avec une moyenne de 2.83 ± 0.44 . Au niveau du traitement 50Mm le nombre de racine varient entre $4,33 \pm 0,60$ chez la variété Vitron et $2,66 \pm 0,72$ chez la variété GTA Dur.

Au niveau du traitement 150Mm le nombre de racines oscillent entre $2,83 \pm 0,44$ chez la variété GTA Dur et $0,66 \pm 0,33$ chez la variété Simeto.

Au niveau du traitement 250Mm le nombre des racines formées est variable entre $1,17 \pm 0,17$ chez les variétés Vitron et GTA Dur et $0,33 \pm 0,33$ chez la variété Simeto.

Tableau 9 : Résultats moyens du nombre des racines formées des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Variétés	SS	Nombre de racines	Ecartype
SIMETO	Témoin	3.33	0.33
SIMETO	50Mmol	3.00	0.58
SIMETO	150 Mmol	0.67	0.33
SIMETO	250 Mmol	0.33	0.33
VITRON	Témoin	3.33	0.60
VITRON	50 Mmol	4.33	0.60
VITRON	150 Mmol	2.83	0.44
VITRON	250 Mmol	1.17	0.60
GTA DUR	Témoin	2.83	0.44
GTA DUR	50 Mmol	2.67	0.73
GTA DUR	150 Mmol	2.17	0.33
GTA DUR	250 Mmol	1.17	0.17

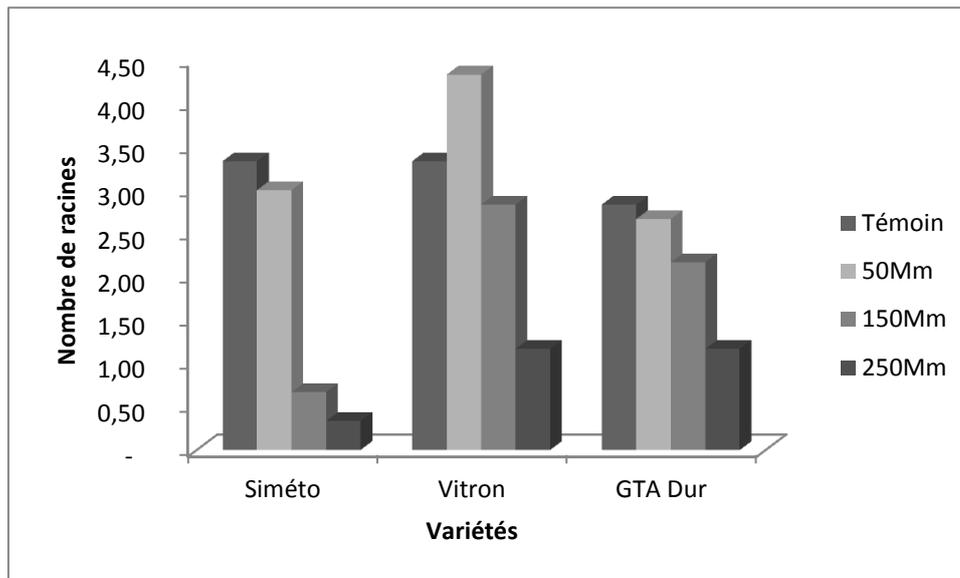


Figure 9 : Résultats moyens du nombre de racines formées chez trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

5.5. La longueur des racines

L'analyse statistique des résultats (tableau 10) révèle que l'effet variétal présente un effet très hautement significatif sur l'expression de ce paramètre ($p < 0,05$) ainsi que l'intensité du régime salin appliqué ($p < 0,05$). L'interaction entre les deux facteurs d'études n'exerce aucun effet notable sur la longueur des racines ($p > 0,05$). Les variétés testées se comportent de façon similaire.

Tableau 10: Analyse de la variance de la longueur de racine formée chez trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Paramètre	Effet variétal (S1)		Effet salin (S2)		Interaction (S1 X S2)	
	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité
Longueur des racines	5,196	0,013	38,706	0,000	1,981	0,108

Les résultats moyens de la longueur de racine montrent qu'au niveau du traitement témoin la variété Siméto enregistre la plus longue racine avec $1,67 \pm 0,27$ cm et le plus faible $1,13 \pm 0,25$ cm chez la variété GTA Dur. Au niveau du traitement 50Mm, les longueurs sont comprises entre $1,83 \pm 0,24$ cm, valeur maximale, donnée par la variété Vitron et une autre minimale $1,03 \pm 0,12$ cm extériorisée par la variété GTA Dur. Au niveau du traitement 150Mm, la longueur de racine varie entre $0,87 \pm 0,2$ cm inscrite par la variété Vitron et $0,28 \pm 0,04$ cm chez la variété GTA Dur. Au

niveau du traitement 250Mm, la longueur des racines est variable entre $0,13 \pm 0,07$ cm chez les variétés Vitron et $0,03 \pm 0,03$ cm chez la variété Simeto. (**Tableau 11 et Figure 10**)

Tableau 11 : Résultats moyens de la longueur des racines formées (cm) des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Variétés	SS	Longueur des racines (cm)	Ecartype
SIMETO	Témoin	1,67	0,27
SIMETO	50 Mmol	1,28	0,15
SIMETO	150 Mmol	0,17	0,09
SIMETO	250 Mmol	0,03	0,03
VITRON	Témoin	1,38	0,35
VITRON	50 Mmol	1,83	0,24
VITRON	150 Mmol	0,87	0,20
VITRON	250 Mmol	0,13	0,07
GTA DUR	Témoin	1,13	0,25
GTA DUR	50 Mmol	1,03	0,12
GTA DUR	150 Mmol	0,28	0,04
GTA DUR	250 Mmol	0,10	0

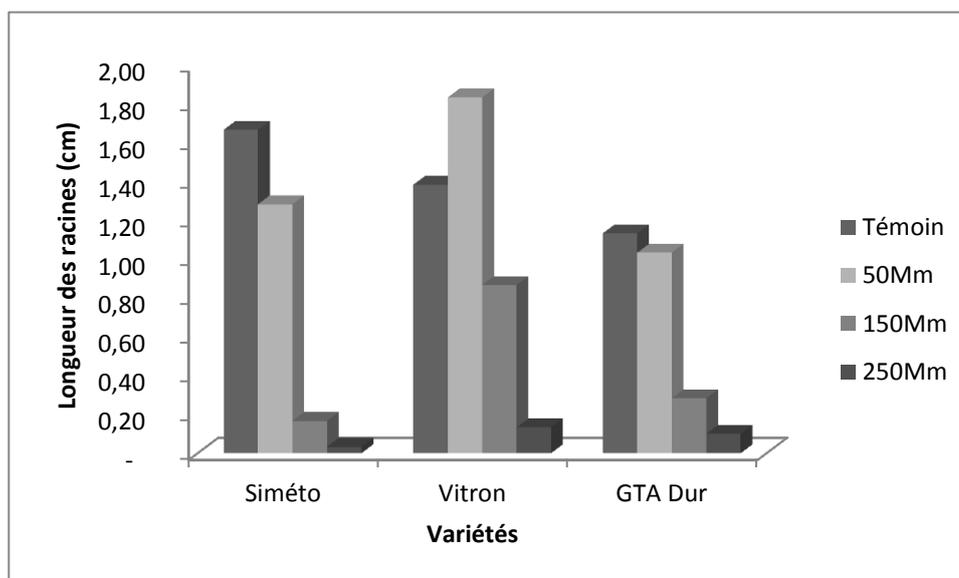


Figure 10 : Résultats moyens de la longueur des racines formées (cm) des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

5.6. La longueur du coléoptile

L'étude statistique des résultats obtenus (tableau 12) montre que la longueur du coléoptile est fortement influencé par les variétés testées ($p < 0,05$). Le régime d'alimentation salin présente un effet très hautement significatif sur l'expression de ce paramètre ($p < 0,05$). L'interaction des deux facteurs d'étude ne présente aucune signification ($p > 0,05$). Ceci indique que les variétés testées réagissent de manière similaire sous le traitement salin imposé.

Tableau 12 : Analyse de la variance du coléoptile des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Paramètre	Effet variétal (S1)		Effet saline (S2)		Interaction (S1 X S2)	
	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité	Test f	Probabilité
Long de la coléoptile	5,061	0,014	23,740	0,000	1,681	0,168

Les résultats obtenus révèlent qu'au niveau du lot témoin la longueur du coléoptile la plus importante est de $3,25 \pm 0,10$ cm enregistrée chez la variété Vitron. Par contre la longueur la plus faible est affichée chez la variété GTA dur avec une moyenne de $2,20 \pm 0,72$ cm. Au niveau du traitement 50Mm, la longueur du coléoptile varie entre $3,55 \pm 0,60$ cm chez la variété Vitron et $1,47 \pm 0,44$ cm chez la variété Simeto.

Au niveau du traitement 150Mm cette longueur oscille entre $1,42 \pm 0,41$ cm chez la variété Vitron et $0,13 \pm 0,03$ cm chez la variété Simeto .Au niveau du traitement 250Mm, la longueur du coléoptile est variable entre $0,20 \pm 0,08$ cm chez la variété Vitron et GTA Dur et $0,03 \pm 0,03$ cm chez la variété Simeto. (**Tableau 13 et Figure 11**)

Tableau 13 : Résultats moyens du coléoptile (cm) des trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Variétés	SS	Long coléoptile (cm)	Ecartype
SIMETO	Témoin	2,98	0,76
SIMETO	50 Mmol	1,47	0,44
SIMETO	150 Mmol	0,13	0,03
SIMETO	250 Mmol	0,03	0,03
VITRON	Témoin	3,25	0,10
VITRON	50 Mmol	3,55	0,60
VITRON	150 Mmol	1,42	0,41
VITRON	250 Mmol	0,12	0,02
GTA DUR	Témoin	2,20	0,72
GTA DUR	50 Mmol	1,82	0,50
GTA DUR	150 Mmol	1,02	0,52
GTA DUR	250 Mmol	0,20	0,08

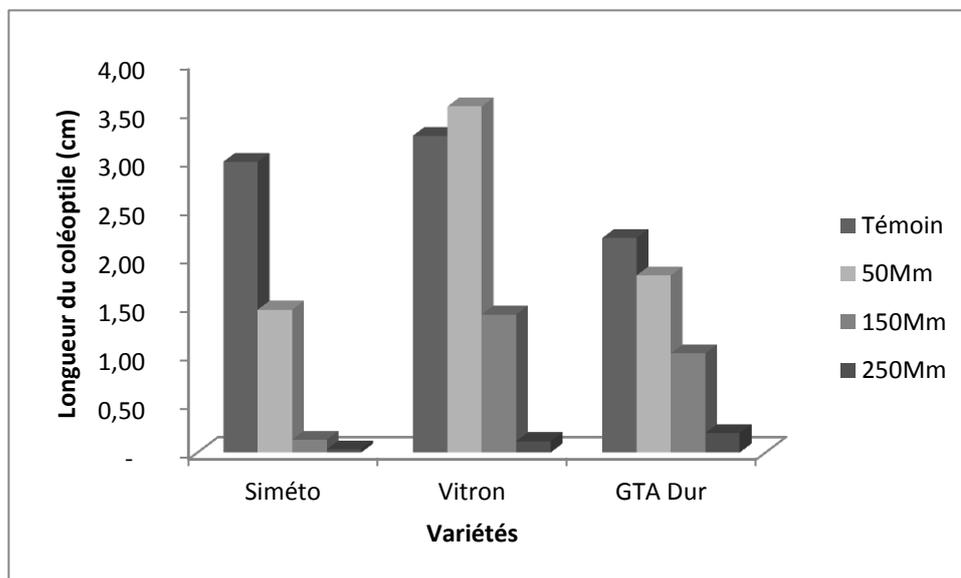


Figure 11 : Résultats moyens du coléoptile (cm) chez trois variétés de blé dur, conduites sous différents traitements salin.

Discussion

La germination des graines nécessite la mobilisation des réserves accumulées au cours de la maturation dont leur dégradation apportera l'énergie nécessaire à la croissance de la plantule. Cette mobilisation est la résultante des activités hydrolytiques qui libèrent les nutriments à partir des tissus de réserve, d'une part, et des mécanismes de leur transport vers les tissus embryonnaires, d'autre part (**Mihoub et al. 2005**). Selon les espèces, ces réserves peuvent être majoritairement dénature glucidique, lipidique et/ou protéique (**Khemiri et al. 2004**).

La dégradation de l'amidon en glucose nécessite l'intervention de plusieurs hydrolases qui sont synthétisées en abondance dans la couche à aleurone et qui migrent vers l'albumen. L'amylase est une enzyme digestive qui brise les polysaccharides. Elle joue un rôle important dans la dégradation de l'amidon avec une grande spécificité. Les sucres simples qui proviennent de la dégradation de l'amidon présentent des valeurs variables en fonction des phases de germination, l'intensité du traitement salin et les variétés testées.

Selon les résultats obtenus une forte teneur en sucres solubles est enregistrée pour le traitement témoin et 50Mm pour la variété Simeto et GTA Dur dès les 24 premières heures. Selon **Heller et al, 2004**, pendant la phase d'imbibition, l'albumen est le siège d'une activité enzymatique intense c'est pendant cette phase qu'il y aura dégradation des réserves principalement l'amidon. Selon nos résultats, après 48h de germination cette hausse de la teneur en sucres solubles est remarquable pour le traitement 150 et 250Mm cela permet de dire pour ces traitements que la phase d'imbibition n'est atteinte qu'après 24heures.

La faculté germinative est fortement influencée par le traitement salin imposé. En effet les différentes concentrations du Na Cl dans les différents milieux ont provoqué une régression des valeurs de cette dernière. La germination est retardée dans les traitements 150 et 250 Mm. Ces constatations se confirment par la nette relation négative et significative révélée entre le stress salin et la faculté germinative ($r = -0,93^{***}$). Plusieurs études ont montré que l'augmentation de la concentration des sels retarde la germination (**Askri et al, 2007**), et réduit le pourcentage final de germination (**Othman et al, 2006, Askri et al, 2007, Bouda et Haddioui, 2011, Yousofinia et al, 2012, Mrani Alaoui et al, 2013, El Goumi, 2014, Ndiaye et al, 2014**). D'après **Ben miled et al 1986**. Ce retard peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. Par ailleurs **botia et al, 1998** ont rapporté que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans les graines. D'autre part, cette diminution est due selon **Othman et al. (2006)**. à la

réduction de l'utilisation des réserves des grains. **Khan et Rizvi (1994)**. Signalent que la germination est un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes en milieux salés.

L'émergence de l'appareil végétatif du blé est évaluée par la mesure de trois caractères morphologiques de plantules âgées d'une semaine : le nombre des racines, la longueur de la radicule, et la longueur du coléoptile. La présence de Na Cl dans le milieu de culture entraîne, après une semaine, une diminution significative de la longueur des plantules, la diminution de la croissance de l'appareil végétatif est accompagné d'une réduction de l'organogenèse foliaire et racinaire.

Les résultats montrent que l'ensemble des paramètres étudiés face au régime salin imposé présentent des réponses variables en fonction de l'intensité du stress et de la variété testée. En effet, une forte relation négative établie entre l'intensité du stress salin et le nombre de racines ($r = -0.82^{***}$), au fur et à mesure que l'intensité de la concentration du Na Cl augmente le nombre de racine formées diminue où il n'atteint qu'une racine par graine. Ceci peut être expliqué par le fait que le stress salin affecte la rhizogénèse et la néoformation de nouvelles racines en entraînant une inhibition de la croissance. Ces résultats coïncident avec ceux obtenus par **Ben Naceur et al, (2001)** et **Benderradji et al, (2011)**. Sur des variétés de blé.

La longueur de la racine est fortement réduite par l'accentuation du traitement salin imposé ($r = -0.71^{***}$). Le sel exerce un effet dépressif dont l'intensité dépend de la concentration utilisée chez le blé dur. En effet, cette diminution est plus nette au niveau du traitement le plus sévère. Selon plusieurs, le stress salin inhibe la croissance des plantules et leur développement (**ferdose et al, 2009, Lepengue al, 2010, silva et al, 2014**).

Une forte relation négative établie entre l'intensité du régime salin imposé et la longueur de la coléoptile ($r = -0,78^{***}$). L'effet de la concentration de NaCl sur la longueur du coléoptile paraît évident ; plus la concentration de NaCl augmente, la longueur du coléoptile diminue. Ceci est en concordance avec les résultats obtenus par **Kadri et al, (2009), Ines et al, (2014)**.



CONCLUSION

Conclusion

Notre travail mené sur la sensibilité de trois géotypes de blé dur (Simeto, Vitron et GTA Dur) aux différentes concentrations de NaCl (00, 50, 150 et 250 Mmol) dans le but de déterminer l'effet du stress salin sur quelques paramètres morphologiques et biochimiques (la faculté germinative, le nombre des racines, longueur des racines, longueur du coléoptile, la teneur des sucre soluble).

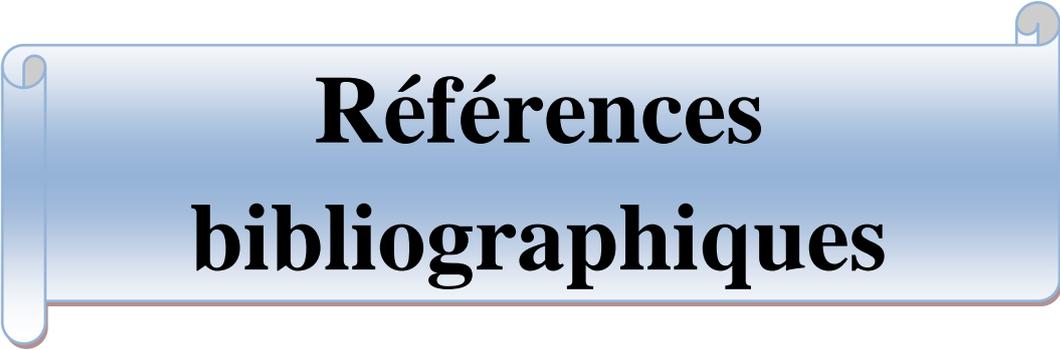
L'étude de l'effet du stress salin a révélé que l'élévation de la concentration du chlorure de sodium NaCl provoque une diminution de taux de germination à des fortes doses. Toutefois les trois géotypes sensibles à la salinité.

L'émergence de la racine et du coléoptile est très affectée par les concentrations croissantes de NaCl. Les concentrations élevées en NaCl entravent d'une façon significative la croissance et la productivité de l'appareil végétatif.

Les géotypes de blé ont exprimé une diminution du nombre des racines, longueur des racines et la longueur du coléoptile, donc la salinité affecte négativement le développement de l'appareil végétatif.

L'estimation de l'activité des amylases pour la dégradation de l'amidon au niveau des graines soumise à différentes application de Na Cl dans le milieu de germination. Nos résultats montrent que la dégradation de l'amidon et la libération des sucres solubles, se réalisent indifféremment du dosage de la solution de germination en sel. La teneur en sucres solubles a été modifiée et perturbée en présence du traitement salin imposé chez les trois variétés testées et au niveau des deux phases de germination 24 et 48 heures.

Enfin, le résultat de notre étude, montre que les trois variétés de blé dur (Simeto, Vitron et GTA Dur) sont sensibles face au stress salin.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

Ait S et Ait K, 2008. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie, Thèses de doctorat, département de biologie, Université BADJI mokhtar d'Annaba.

Anzala F, J, 2006. Contrôle de la vitesse de la germination chez le maïs étude de la voie de biosynthèse des articles aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. These de Doctorat Université d'Angers, 148p.

Ammari S, 2011. Contribution à l'étude de gémination des graines des plantes sahariennes Broutées par le dromadaire, 46p.

Askri H, Rejeb S, Jebari H, Nahdi H, &Rejeb M.N, 2007. Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citruslanatus L.*). Sécheresse 18 (1), 51-55.

Auriau P, Doussinault G, Jahier J, Lecomte C, Pierre J, Pluchard P, Rousset M, Saur L, et Trottet M, 1992. Le blé tendre, *In* : Gallais A, et Bannerot H, (Eds.), *Amélioration des espèces végétales cultivées*. Ed. INRA, Paris, 22- 38p.

Baba sidi kaci S, 2010. Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de L'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Thèse de magister. Université Kasdi merbah, Ourgla, 75-94p.

Bajji M, 1999. étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variant samaclonaux sélectionnés in vitro. Thèse de doctorat. Univ. Lounain.(Mémoire Mouellef A,2010). 37 p.

Barroco, 2005. The role of the cell cycle machinery in resumption of postembryonic development. *Plant Physiology*, 137:127-140p.

Bayuelo J et al, 2002. Salinity tolerance of Phase olusspecies during germination and early seedling growth. *CropSci.* 42, 1584-1594p.

Bell D T, 1999. Australian trees for the rehabilitation of waterlogged and salinity-damaged landscapes. *Aust. J. Bot.* 697-716p.

Belaid D, 1996. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben Aknoun .Alger, 206 p.

Benchikh C, 2015. Valorisation de la qualité de 03 variétés locales de blé dur (*Triticum durum* desf.) Cultivées en région semi-aride, mémoire de magister, sciences agronomiques, université El Hadj Lakhdar Batna.

Benderradji L. F, Brini S.B, Amar K, Kellou J, Azaza K, Masmoudi H, Bouzerzour and M Hanin. 2011. Sodium transport in the seedlings of twobread wheat (*Triticumaestivum*L.)genotypes showing contrasting salt tolerance. *Australian Journal of Crop Sciences* 5, 233-241.

Bennaceur M, Rahmoune C, Sdiri H, Maddah M et Selmi M, 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, 167-174p.

Benmahioul B., Daguin F, et Kaid-Harche M, 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.).*C. R. Biologies*, 332 :164- 170.

Beweley, 1997.Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*, 9: 1055-1066p.

Bewley J.D, and Black M, 1994. *Physiology and Biochemistry of Seeds in relation to germination.* Vol2. Springer-Verlag, New York.

Binet P, Dormance, 1968. et aptitude à germer en milieu salé chaz les halophytes. *Bull.Soc.Fr.Physiol.Vég.*14, 115-124p.

Binzel M.L, F.D, Hess R, Bressan P.M, Hasegawa, 1988. Intracellular compartmentation of ions in salt adapted tobacco cells, *Plant Physiol.* 86 (1988) 607–614.

Binzel M.L, P .M Hasegawa, A.K. Handa et Bressan R.A, 1985. Adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plan Physiology*, 79,118-125.)

Bliss R.D, Platt-Aloria K.A, et Thomson W.W, 1986. Osmotic sensitivity in relation to sensitivity in germination barley seeds. *Plant Cell and Env.* 9,721-725.

Bouaouina S, Zid E et Hajji M, 2000.Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) *CIHEAM–Options Méditerranéennes*:239-243

Boualem S, 2014. Contribution à l'amélioration des techniques de stratification et de greffage de quelques espèces du genre *Pistacia*. Thèse de Doctorat en Sciences. Faculté S.N.V, Université de Mascara, 130p.

Bouda S, &Haddioui A, 2011. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technologie.* n°05, 72-79

Bougdad K et Benkaddour M, 2015. Effet de stress hydrique sur quelques paramètres biochimiques de la luzerne (*Medicago sativa* L).pp 10.

Boulghalagh J, Berrichi A, El Halouani H et Boukroute A, 2006. Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsia chinensis* [link] schneider).Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc, 24p.

Bounneche H, 2015 .fric technologie de fabrication et qualité, mémoire de magister, département de technologies alimentation, université Constantine 1

Bozzini A, 1988. Origine, distribution, et production de blé dur dans le monde, dans fabriani G.et C. Lintas (éd). Durum : Chimie et Technologie. AACCC (Minnesota), états-unis. P. 1-16

Chartzoulakis K et Klapaki G, 2000. Response of two greenhouse

Khemiri, 2004. Benamar B, Daguin F. et Kaid-Harche M, 2009. Effet du stress sal la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). Comptes Rendus Biologies, 332, 752-758. 62: 89-93 p.

Chaussat R , Le Deunff Y, 1975. La germination des semences. Bordars (Ed.) Paris, 1-6-232p

Chaussat R, 1999. Productions végétales : croissance et développement des plantes. Ed., Paris: 1-6p.

Chinnusamy V, 2004. Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. J of Experimental Botany.pp225-236.

Chinnusamy V, Schumaker K, et Zhu J K, 2004. Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. J of Experimental Botany. 55: 225-236.

Ciçek N et Cakirlar H, 2002.The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulg. J. Plant Physiol.28 (1-2): 66-74.

Côme D, 1970. Les obstacles à la germination. Collection « monographie et physiologie végétale ». Masson. Paris, 162p.

Cramer G.R, and D.C. Bowman, 1993. Cell elongation control under stress conditions. In: Handbook of Plant and Crop Stress, M Pessarakli (Ed.). Marcel Dekker, New York, Pp. 303- 319.

Debez A, Chaibi W et Bouzid S, 2001. Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'Atriplex halimus L. Agriculture. 2 (10) : 8-135

Debez A, Chaibi W et Bouzid S, 2001 : Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Agriculture*. 2 (10) : 8-135.

Delgado ME, 1994 : Effect of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biol. Biocem.* 26: 371- 376

Devron. J et Sifib B, 2003 : Fixation symbiotique de l'azote et développement durable dans le bassin méditerranéen .Editions Quae ,417p

Deysson, 1967 : Physiologie et biologie des plantes vasculaires, croissance, production, écologie. Ed. Société D'édition d'enseignement supérieur, paris, p 26.

Dib A, 2013 : Aptitudes technologique et culinaires de pates alimentaires enrichies au germe de blé, mémoire de magister, département de technologie alimentaire, université Constantine1

El Goumi Y, Fakiri M, Lamsaouri O, &Benchekroun M, 2014 : Salt stress effect on seed germination and some physiological traits in three Moroccan barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars J. *Mater. Environ. Sci.* 5 (2), 625-632.

El Hadeff E, 2015 : Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie, mémoire de magister, Université Ferhat Abbas Sétif 1

Epstein E, Norlyn J D, Ruch D.W, Kinsbury R.W, Cunningham A.F, Wrona A.F, 1980 : Saline culture of crops: a genetic approach, p 399– 404.

European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X / 1450-202X Vol. 127 No 3 December, 2014, pp.298-310.

Feillet P, 2000 : Le grain de blé, composition et utilisation. Edition INRA, paris : 23-25-308pp

Fenner M, Thompson K, 2005 : The ecology of seeds. Cambridge University Press.

Ferdose J, Kawasaki M, Taniguchi H, 2009 : Differential Sensitivity of rice. Cultivars to salinity and its relation to ion accumulation and root tip structure. *Plant production science*, vol12(4),p 453-461

Flowers T J, Yeo AR 1988 : Relation ionique de la tolérance au sel, dans : **Baker DA, Hall JL, eds.** Transport de soluté dans les cellules et les tissus végétaux. Harlow : Longman Scientifique et Technique, 392-413.

Flowers TJ, MA Hajibagheri, Clifton NJW, 1986 : Halophytes, *Revue, trimestrielle de biologie* 61, 313-337.

Flowers T J, 2004 : Améliorer la tolérance au sel. *Journal d'Expérimental Botanique*, 55 :307-319.

Flesh V, 1991 : Etude du développement végétatif et de l'accumulation en métabolites terpéniques de *Ginkgo biloba l.* en condition contrôlées et naturelles .thèse de doctorat : université de paris ; 262p.

François J, Morot G, et Roger parat, 2009 : Biologie végétal croissance et développement 2ème édition, 147p.

Garg A, Kim K, Owens J, Ranwala T, Choi A, Kochian Y v, et Wu R J, 2002 : Les trous de riz de l'esprit d'esprit de tréhalose conférence des niveaux de tolérance élevés à différentes contraintes abiotique. Proc. Natl. Acad.Sci Usa 99Pp

Gimeno-Gilles C, 2009 : Étude cellulaire et moléculaire de la germination chez *Medicago truncatula*. Thèse de doctorat. Université d'Angers. 174p.

Glenn E, Brown J J, Blumwald E, 1999 : Salt-tolerant mechanisms and crop potential of halophytes. Crit. Rev. Plant Sci. 18(2): 227-255.

Gomes F E, Prisco J T, Campos F A P, et Filho E J, 1983 : Effects of NaCl salinity in vivo and in vitro ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. Options Méditerranéennes.

Grappin P, Bouinot D, Sotta B, Miginiac E et Jullien M, 2000 : Control of seed dormancy in *Nicotianaplumbaginifolia*: post-imbibition abscisic acid synthesis imposes dormancy maintenance. Planta 210, 279-85

Greenway H. et Munns R., 1980 : Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiology. Vol. 3, pp. 149-190.

Grignac P, 1965 : Contribution à l'étude du genre *Triticum durum* Desf...Thèse doctorat. Université de Toulouse, 246p.

Gutterman Y, 1993 : Gutterman seed germination of desert plant ,Springer –Verlag, Berlin (2002)

Guyot L, 1978. La biologie végétale. 4ème édition. Collection "que sais-je ". Presses Universitaires de France, 127p.

Hacini N, 2014 : Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives'', Thèses de doctorat, département de biologie, Université BADJI Mokhtar de Annaba.

Heller R, 1990 : Physiologie végétale. Tome 2 : Développement. N°4, Paris, Masson (Ed.), 266p.

Heller R, Esnault R et Lance C, 2004 : Physiologie végétale II, développement. Ed., Dunod, Paris, Pp. 64-240.

Heller R, 2004 : Physiologie végétale. Vol. (3) Nutrition; Edit. Dunod, Paris. 322 p.

Hennouni N, 2012. Evaluation du métabolisme respiration et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum Desf*) issues de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et de plantes traitées avec un fongicide, Thèses de doctorat, département de biologie, Université Badji Mokhtar de Annaba.

Henry Y. et De Buyser J, 2001 : L'origine des blés. *In* : Belin.Pour la science (Ed.). De la graine à la plante.Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.

Hopkins W G, 2003 : physiologie végétale. Traduction de la 2^{ème} édition américaine par serge.R.Ed.de Beock, p.66-81.

Ines J, Yosra S, et Mohamed E. G, 2014. Effects of salt stress on growthseedlings of twolandrace varieties of durumwheatfrom the Tunisian centre (*Triticumdurum*). African Journal of Agricultural Research, 9(33), 2528-2539.

Itai C, 1999. Role of phytohormones in plant responses to stresses.

Jabnoue M, 2008. Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse doctorat. Université de Montpellier II, France. 114-127Pp

Jabnoue M, 2008, Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin. Présentation Power Point.

Jeam P, Catmrine T, et Giues L, 1998. Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, Paris, 150p.

Jean-prost, 1970. Biologie végétale Tome II J.B, Balliere et Fils, Edttion, 233p.

Kadri K, Maalam S, Cheikh M.H, Benabdallah A, Rahmoune C, & Ben Naceur M, 2009. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisiennes d'orge (*Hordeumvulgare L.*). Science and Technologie 29,72-79.

Kellou R, 2008 : Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop. 48p.

Khales A et Baaziz M, 2006, Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica L* en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir : pp. 133-136.

Khan M.A, Rizvi Y, 1994. Effect of salinity, temperature and growthregulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithi* var.stocksii. Can J Bot 72, 475-9

Khemiri H, Belguith H, Jridi T, Ben EL Arbi M , et Ben Hamida J, 2004. Caractérisation biochimique d'une amylase active au cours du processus germinatif des graines de colza (*Brassica napus* L.).

Khemiri S, Gaamour A, Zylberberg L, Meunier F, & Romdhane M.S, 2005. Age and growth of Bogue, Boopsboops in Tunisian waters. *Acta Adriatica*, 46, 2, 159-175.

Kinet JM, Bajji M et Lutts S, 1998. Effets du stress dû au sel sur les feuilles, *A triplex halimus* L. Et leurs cultures de callosité correspondantes. Lab de cytogénétique, Univ catho de Louvain, Belgique.

Labbe M.2004. Ces étonnantes graines germées. Auvers sur oise : Labbé. Revues succinctes de livres et d'essais (critiques).

Lafon JP, 1996. Biochimie structurale in biologie des plantes cultivées. Tome 1 : Organisation physiologie de la nutrition. 2eme édition. Tec et Doc. Lavoisier. 102p.

Läuchli A, et Epstein E, 1990. Plant responses to saline and sodic conditions. In: *Agricultural Salinity Assessment and Management*, K.K. Tanji, Editor. American Society of Civil Engineers., New York. 113-137p.

Leclerc, 1999. "Ecophysiologie végétale" Ed. ISBN, Paris.

Lemzeri H, 2006. Réponses écophysiologiques de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*) soumises à un stress salin. Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine, 180 p + annexe

Lepengue A.N, Mouaragadja I, M'batachi B, 2010. Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et la croissance du maïs (*zea mays* L, poaceae) au Gabon. *International journal of biological and chemical sciences*. vol.4(5), p1602-1609

Levigneron A, Lopez F, Varisuyt G, Berthomien P et Casse-Delbar T, 1995. Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*. 263-273p

Levy J N, Gemmil R M, Doene w w, 1985. Molecular cloning of alpha amylase from *Drosophila melanogaster* : II. Clone organisation and verification. *Genetics* 11, 313-324p.

Maas E. V et Poss J A, 1989. Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.* pp29-40p.

Maciejewski J, 1991. Semences et plantes ; L'agriculture d'aujourd'hui. Tec et Doc 5.

Maillard J, 2001. Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International, 34p.

Mazlaik P, 1982. Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann ed., Paris, collection méthodes, 465p.

Mazlaik, 1982. Physiologie végétale, croissance et développement. Tome 3. Ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris, 420p.

Mazouz L, 2006. Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum*. Desf) dans l'étage bioclimatique semi aride. Mémoire de magister en sciences agronomiques.

Mehmet A, Cengiz E, et Sadik Ç, 2013. Comparison of germination and early seedling growth of silage maize (*Zea mays* L.) exposed to different NaCl levels. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, pp 745 - 747.

Meyer J, 2004. Botanique, biologie et physiologie végétale, Edition Maloine, Paris, Collection des sciences fondamentales, 461p

Michel V, 1997. La production végétale, les composantes de la production. Ed. Danger, Paris, 478p

Mihoub A, Chaoui A et El Ferjanie, 2005. Changements biochimiques induits par le cadmium et le cuivre au cours de la germination des graines de petit pois (*Pisum sativum* L.). *Biologie et pathologie végétales. Comptes rendus BIOLOGIE. SCIENCE DIRECT. ELSEVIER.* 328 : 33–41.

Mrani Alaoui M, El Jourmi L, Ouarzane A, Lazar S, El Antri S, Zahouily M, et Hmyene A, 2013. Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *J. Mater. Environ. Sci.* 4(6), Pp997-1004.

Munns R, 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* Pp645–663.

Ndiaye et al J, Appl, Biosci, 2014. Effets du stress salin sur la germination des grains de *Gossypium hirsutum* L, *Journal of Applied Biosciences*, Pp7081-7092.

Ndour P et Danthu P, 2000. Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains. *Projet National de Semences Forestières du Sénégal.* 11 p

Nedjah I, 2015. "Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb)", Thèses de doctorat, département de biologie, Université BADJI Mokhtar de Annaba.

Nivot N, 2005. Essais de germination et de bouturage de six espèces indigènes sciaphytes du Canada. Thèse de doctorat; Université de Saint Yacinthe (Québec). 116 p.

Nonogaki H, Bassel G W, Bewley J D, 2010. Germination –Still a mystery .plant Science limerick, p 574-581.

Othman Y, Al-Karaki G, Al-Tawaha A.R, & Al-Horani A, 2006. Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. World J. Agric. Sci., 2, 11-15.

Parent C, Capelli N. and Dat J, 2008. Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. C. R. Biologies, Pp255-261.

Parida A K, Das A.B. 2005. Sel tolérance et salinité effet de plants : la revue. Ecotoxicologie et Environnement sécurité. 324p.

Prats J, 1966. La fertilisation raisonnée. Ministère de l'agriculture. Direction générale, de production et de marchés. 7 éditions. paris. 87p.

.Radhouane L, 2008. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques ecotypes de mil (*Pennisetum glaucum* (L). C. R. Biologies, 331: 278-286.

Rahmoune C, Paul R et Dreze P, 1998. Interaction between foliar and root intake of Zn by peas .Proc. Symposium: Foliar fertilisation “A technic to improve production and disease pollution”, Eds Publ. NCR: 181-184. 100.

Rahmoune C, Semadi A, Auad H et Tahar A, 1997. Air quality and lichenic distribution in the north east Algeria. Proc of Second International Scientific Conference. Science, Development and Environment, Cairo, Egypt: 333-344.

Rahmoune C, Seridi R, Paul R et Dreze P, 2000. Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. Agricultural Sciences, 1(27):72-77.

Rahnama H et Ebrahimzadeh H, 2005. The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedling. Biol Plant. Pp93-97

Rains D W, 1972. Transport de sels par les plantes en fonction de la Salinité. Ann. Rev. Plant Physiol, 2.3, 367-388.

Rappin P, GBouinot D, Sotta B, Miginiac, E et Jullien M, 2000. Control of seed dormancy in *Nicotiana glauca*: post-imbibition abscisic acid synthesis imposes dormancy maintenance. Planta 210, 279-85p

- 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.
- Rejili m, Vadel M.A et Neffatp M, 2006.** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, 1(17): 65-78p.
- Rodriguez M, Canales E, et Borrás-Hidalgo O, 2005.** Molecular aspects of abiotic stress in plants. *Biotechnol. Aplicada* Pp1-10.
- Ruel T, 2006.** Document sur la culture du blé, édition Educagri.
- Rush D W et Epstein E, 1981.** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106): 699-704
- Sairam R K, Tyagi A 2004.** Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.* 86 : 407-421.
- Schmidt, L. 2000.** Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Pages 1-511. Danida Forest Seed Centre Denmark.
- Scriban, 1999.** Biotechnologie. 5eme édition. Paris. 404-407p.
- Sisilva P.O, Medina E.F, Barros R.S and Ribeiro D.M, 2014.** Germination of salt-stresses seeds as related to the ethylene biosynthesis ability in three *Stylosanthes* species. *Journal of plant physiology*, vol.171(1),p 14-22
- Slama A, Ben Salem M, Ben Naceur M, et Zid E D,2005.** Les céréales en tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheress*(16) 3 :225-9p.
- Soltner D, 1990.** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 16^{ème}Ed, collection sciences techniques agricoles.464p.
- Soltner D, 2005.** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 20^{ème}Ed, collection sciences techniques agricoles.464p.
- Soltner D, 2007.** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304p.
- Song J, Feng G, Tian C, and Zhang F, 2005.** Strategies for Adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to a Saline Environment During Seed-Germination Stage. *Annals of Botany.* 399-405p.

Taiz. L, et Zeiger E, 2002. Plant Physiology. 3rd edn. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 427-690p

Taji T, Ohsumi C, Iuchi S, Seki M, Kasuga M, Kobayashi M, Yamaguchi-Tejera N A, Ortega E, González-López J, Lluch C, 2003. Effect of some abiotic factors on the biological activity of *Gluconacetobacter diazotrophicus*. J. Appl. Microbiol. 95: 528-535p.

Vincent R, 2006. Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune (*Laminaria digitata*). These de doctorat. Université de Rennes. 237p.

Wang J.R, Wei Y.M, Long X.Y, 2008. Molecular evolution of dimeric α -amylase inhibitor genes in wild emmer wheat and its ecological association. Research article. Bio Med Central.

Willan R L, 1984. A guide to Forest seed Handling with special reference to the tropics. DANIDA Forest seed Centre, DK-3050 Humlebaek, Denmark, 394p.

Yousofinia M, Ghassemian A, Sofalian O, Khomari S, 2012. Effects of salinity stress on barley (*Hordeum vulgare*, L.) Germination and seedling growth. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Vol. 4, 1353-1357

Yves H, Buyer J, 2000. L'origine des blés. Pour les sciences hors série n° 26.60 - 62 pp.

Zerari A, 1992. L'évaluation de la biomasse-plante et du poids de mille grains comme critère de sélection pour améliorer le rendement en F4 des trois croisements de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les hauts plateaux sétifiens. 56 p.

Zhao K R, Munns R W, King, 1991. Abscissic acid synthesis in NaCl treated barley, cotton and saltbush, Aust. J. Plant Physiol. 17-24p.

Zid E, 1982. Relations hydriques dans la feuille de *Citrus aurantium* : effets de l'âge et de la salinité. Rev. FAC. Sc. Tunis, 2 : 195-205p.