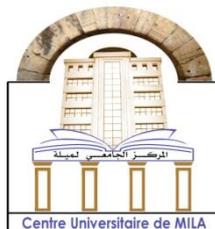


N°Ref :.....



## Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

### Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement

Option : Biotechnologie Végétal et Amélioration des Plantes

Thème :

**Etude de l'activité  $\alpha$ -amylatique dans les graines de blé  
(*Triticum durum* Desf.) stressées.**

**Présenté par :**

Kechoud Halima

Nesrouche Nadjat

**Devant le jury composé de :**

KELLAB Rabah.

BOUASSABA Karima.

BENMAKHLLOUF Zoubaida.

M.A.A.Président

M.A.A.Examinatrice

M.A.A.Promotrice

**Année Universitaire: 2015/2016**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





## *Remerciement*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements*

*Et notre profonde gratitude*

*Mme. Benmakhlouf Zoubaida, de nous avoir encadré  
dans*

*Notre mémoire de fine d'étude.*

*Un gros merci également à nos familles : Nesrouche  
et Kechoud,*

*Pour leurs soutiens aussi bien moraux que financier et  
pour leurs sacrifices.*

*J'exprime également mes sincères remerciements  
À Mr. Kellab Rabah et aussi Mel. Bouassaba*

*Narima*

*Les jurys de notre mémoire.*



## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à des être qui me sont très chers  
Et sons jamais attient à ce stade ou je suis actuellement,  
Mon père Salah et ma mère Kenouch Wanassa.*

*Je dédie également ce mémoire  
à mes très chers frère : Amar, Fawaz, Saïd, Abdellkadar.*

*A mes très chers suer : Noura, Nadjwa, Zina .*

*A tout mes aimais surtout : Houria.*

*Halima*



*Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à mes très chers parents: Mouni et  
Moussa.*

*A Mes grands père: Belkacem et  
Ammar.*

*A Mes grands mères: Fakouta et Messaouda.*

*Mon frère: Mohamed el Amine.*

*Mes sœurs: Bouchra, Malek, Rayane.*

*A Mes Grands familles: Nesrouche et  
Merrad*

*A Ma Tante Lily.*

*Et toutes les filles de ma famille*

*A mes ami(e)s: Kantar, Amira et surtout Ahmed  
Ali.*

*A tous mes amies du centre universitaire de Mila.*

*Nadja (Boussi)*





# Sommaire

# Sommaire

*Liste des abréviations*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

*Introduction*

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### I : Etude Botanique

#### I.1. Importance du blé

I.1.1. Dans le monde.....3

I.1.2. En Algérie .....4

#### I.2. Classification taxonomique (systématique).....4

#### I.3. Caractéristiques de blé dur.....5

I.3.1. Les graines.....5

I.3.1.1. Caractéristiques botaniques.....5

I.3.1.2. Caractéristiques morphologiques.....5

I.3.2. L'appareil végétatif.....5

I.3.2.1. Le système racinaire.....5

I.3.2.2. Le système aérien.....6

I.3.2.3. L'appareil reproducteur.....6

#### I.4. Stades phénologiques.....7

I.4.1. La germination – levée.....7

I.4.2. Tallage.....7

I.4.3. Montaison- gonflement.....7

I.4.4. Epiaison-floraison.....7

I.4.5. Remplissage de la graine.....8

### II : La germination des semences

#### II.1. Généralité .....8

#### II.2. la germination.....9

II.2.1. Définition .....9

II.2.2. Physiologie de la germination.....9

II.2.3. Facteurs essentiels à la germination .....11

II.2.3.1. Les facteurs internes .....11

II.2.3.2 Les facteurs externes.....11

<b>II.3. Composition de la graine de blé .....</b>	<b>12</b>
<b>II.3.1. Composition biochimique de la graine de blé.....</b>	<b>13</b>
<b>II.3.1.1. Les éléments principaux.....</b>	<b>13</b>
<b>II.3.1.2. Les éléments secondaires.....</b>	<b>13</b>
<b>II.4. L'amidon.....</b>	<b>15</b>
<b>II.4.1. Définition .....</b>	<b>16</b>
<b>II.4.2. Structure de l'amidon.....</b>	<b>16</b>
<b>II.4.3. Propriétés physico-chimiques.....</b>	<b>18</b>
<b>II.4.3.1. Propriétés physiques .....</b>	<b>18</b>
<b>II.4.3.2. Propriétés chimiques.....</b>	<b>18</b>
<b>II.4.4. La dégradation de l'amidon.....</b>	<b>19</b>
<b>II.4.4.1. L'<math>\alpha</math>-amylase.....</b>	<b>20</b>
<b>II.4.4.2. Nomenclature de <math>\alpha</math>-amylase.....</b>	<b>20</b>
<b>II.4.4.3. Sources des <math>\alpha</math>-amylases.....</b>	<b>21</b>
<b>II.4.4.4. Structure de l'<math>\alpha</math>-amylase.....</b>	<b>22</b>
<b>II.4.4.5. Caractéristiques de l'enzyme.....</b>	<b>23</b>
<b>II.4.4.6. Utilisation d'alpha amylase.....</b>	<b>25</b>

### **III : Les stress abiotiques**

<b>III.1. Définition du stress.....</b>	<b>25</b>
<b>III.2. Types de stress.....</b>	<b>26</b>
<b>III.2.1. Le stress biotique.....</b>	<b>26</b>
<b>III.2.2. Le stress abiotique.....</b>	<b>26</b>
<b>III.3. La salinité .....</b>	<b>26</b>
<b>III.3.1. Définition.....</b>	<b>26</b>
<b>III.3.2. Effets de la salinité sur la physiologie des plante.....</b>	<b>27</b>
<b>III.3.2.1. Sur la germination.....</b>	<b>27</b>
<b>III.3.2.2. Sur la croissance et le développement.....</b>	<b>27</b>
<b>III.3.2.3. Sur la biochimie de la plante.....</b>	<b>28</b>
<b>III.3.2.4. Sur la nutrition minérale des végétaux.....</b>	<b>28</b>
<b>III.3.3. Comportement de la plante en milieu salin .....</b>	<b>28</b>
<b>III.3.4. Mécanismes d'adaptations à la salinité.....</b>	<b>29</b>
<b>III.3.4.1. Caractéristiques morphologiques et anatomiques.....</b>	<b>29</b>

III.3.4.2. Caractéristiques physiologiques.....	29
---	----

## Chapitre II : *Expérimentation*

### I: *Matériels et méthode*

I.1. Objectifs de l'expérimentation .....	31
I.2 .Matériel végétal .....	31
I.2.1. Le génotype Vitron .....	32
I.2.2. Le génotype GTA dur .....	32
I.3. conditions et réalisations des essais .....	32
I.3.1. Réalisation des essais.....	32
I.4. L'aspect physique de la germination .....	32
I.5. Les paramètres effectués .....	34
I.5.1. Le taux d'imbibition .....	34
I.5.2. Le taux de germination des graines .....	34
I.5.3. La longueur de la radicule et de la coléoptile.....	35
I.6. L'aspect biochimique de la germination.....	35
I.6.1. Activité des amylases au niveau des graines mise en germination .....	35
I.6.1.1. Extraction du complexe enzymatique .....	35
I.6.1.2. Quantification de l'activité $\alpha$ -amylase.....	35
I.6.1.3. Réalisation de la courbe d'étalonnage des amylase.....	36
I.7. Traitement et analyse statistique.....	36

### *Résultats et discussion*

#### II : *Résultats*

II.1. Le taux d'imbibition .....	37
II.2. Le Taux de germination .....	40
II.3. La longueur de la coléoptile .....	41
II.4. La longueur de racine .....	44
II.5. L'activité des $\alpha$ -amylases .....	47

#### III : *Discussions*

*Conclusion*

*Références bibliographiques*

*Annexe*

*Résumé*

## *Liste des abréviations*

**Ans** : années

**atm** : atmosphère

**Ca** : calcium

**Cm** : centimètre

**Cu**: cuivre

**DO** : densité optique

**Fe**: fer

**g/l** : gramme par litre

**GTA** : GTA dur

**G%** : Le pourcentage définitif de germination

**h** : heur

**Hg**: mercure

**K**: potassium

**Kg Ihab/an** : killogramme habitant par année

**KDa**: kilo Dalton

**Mg**: magnesium

**Mg** : milligramme

**min**: minute

**ml** : milli litre

**mm**: millimètre

**mM**: milli molaire

**Mn**: manganese

**Ms** : milliseconde

**N**: azote

**N** : normalité

**Na Cl**: chlorure de sodium

**NaOH** : hydroxyde de sodium

**P**:phosphor

**PH** : potentiel hydrique

**T/jour** : tonne par jour

**Vit** : vitron

**Zn** : zenc

**%** : pourcentage

**°C** : degré Celsius

**λ** : longueur d'onde

## *Liste des figures*

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Schéma d'un grain de blé	<b>05</b>
<b>02</b>	Fleurs et graine (caryopse) de blé	<b>06</b>
<b>03</b>	Courbe théorique d'imbibition d'une semence	<b>09</b>
<b>04</b>	Composition d'un grain de blé	<b>12</b>
<b>05</b>	Schématisation d'un segment d'une molécule d'amylose	<b>16</b>
<b>06</b>	Schématisation d'un segment d'une molécule d'amylopectine	<b>17</b>
<b>07</b>	La représentation des domaines et des éléments de la structure secondaire de l' $\alpha$ -amylase.	<b>22</b>
<b>08</b>	Les deux génotypes de blé dur ( <i>triticum durum</i> ) étudiés.	<b>31</b>
<b>09</b>	Dispositif expérimentale, les graines mise à germées sur les boite pétri, après 3 jours de semis	<b>33</b>
<b>10</b>	Evolution du taux d'imbibition (%) chez deux génotypes de blé dur (Vit-GTA) mis en germination dans les milieux salins (0, 5,10et 15g/l de NaCl)	<b>38</b>
<b>11</b>	Evolution du taux d'imbibition au cours du temps chez le génotype Vit.	<b>39</b>
<b>12</b>	Evolution du taux d'imbibition au cours du temps chez le génotype GTA.	<b>39</b>
<b>13</b>	Evolution du taux de germination (%) chez deux génotypes de blé dur (Vit-GTA) mis en germination dans les milieux salin (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l).	<b>40</b>
<b>14</b>	Evolution de la longueur de la coléoptile (cm) chez deux génotypes de blé dur (Vit-GTA) mise en germination dans les milieux (0, 5,10 et 15g/l).	<b>42</b>
<b>15</b>	Evolution de la longueur de la coléoptile au cours du temps chez le génotype Vit.	<b>43</b>

<b>16</b>	Evolution de la longueur de la coléoptile au cours du temps chez le génotype GTA.	<b>43</b>
<b>17</b>	Evolution de la longueur de la radicule (cm) chez deux génotypes de blé dur (Vit-GTA) mises en germination dans les différents milieux salins (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de Na Cl).	<b>45</b>
<b>18</b>	Evolution de la longueur de la radicule (cm) au cours du temps chez le génotype GTA.	<b>46</b>
<b>19</b>	Evolution de la longueur de la radicule au cours du temps chez le génotype Vit.	<b>46</b>
<b>20</b>	Evolution de l'hydrolyse de l'amidon en maltose chez les deux génotypes (GTA et Vit) en fonction du facteur temps mise en germination.	<b>48</b>
<b>21</b>	Evolution de l'hydrolyse de l'amidon en maltose chez les deux génotypes (GTA et Vit) en fonction du facteur génotype mise en germination.	<b>49</b>
<b>22</b>	Evolution de l'hydrolyse de l'amidon en maltose chez les deux génotypes (GTA et Vit) en fonction du sel mise en germination.	<b>49</b>

## *Liste des tableaux*

<b>Table</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	systematique de blé dur	<b>04</b>
<b>02</b>	Composition biochimique de graine de blé (En pourcentage de grain humide)	<b>15</b>
<b>03</b>	Les propriétés physico-chimiques de l'amylose et de l'amylopectine	<b>18</b>
<b>04</b>	utilisation des amylases dans divers secteurs de l'industrie	<b>25</b>
<b>05</b>	Les caractéristiques des deux génotypes GTA dur et Vitron.	<b>31</b>
<b>06</b>	Effet du facteur sel sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).	<b>37</b>
<b>07</b>	Effet du facteur génotype sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).	<b>38</b>
<b>08</b>	Effet du facteur temps sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).	<b>38</b>
<b>09</b>	Effet du sel sur la longueur de coléoptile chez les deux génotypes (GTA-Vit).	<b>41</b>
<b>10</b>	Effet du facteur génotype sur la longueur de la coléoptile des génotypes (GTA-Vit).	<b>42</b>
<b>11</b>	Effet du facteur temps sur la longueur de la coléoptile chez les deux génotypes (GTA- Vit).	<b>42</b>
<b>12</b>	Effet du facteur sel sur la longueur de radicule de deux génotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des milieux de stress différents (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).	<b>44</b>
<b>13</b>	Effet du facteur génotype sur la longueur de la radicule de deux génotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des différents milieux de stress (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).	<b>45</b>
<b>14</b>	Effet du facteur temps sur la longueur de la radicule de deux génotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des différents milieux de stress (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).	<b>45</b>

<b>15</b>	Effet du facteur temps sur la l'activité de l' -amylase des deux géotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des différents milieux de stress (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).	<b>47</b>
<b>16</b>	Effet du facteur génotype sur l'activité de -amylase des deux géotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des différents milieux de stress (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).	<b>48</b>
<b>17</b>	Effet du sel sur l'activité de l' -amylase des deux géotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des différents milieux de stress (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).	<b>48</b>



# *Introduction*

### Introduction

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (Karakas *et al.*, 2011). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique. Le blé constitue presque la totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréalières (Greenway et Munns, 1980 ; Bonjean et Picards, 1990).

La production de blé dur, comme le reste des cultures céréalières est limitée par des stress abiotiques et biotiques qui représentent de réelles contraintes qui affectent les rendements (Turkis *et al.*, 2014). Parmi les stress abiotiques, le stress hydrique, le stress salin et les gelées.

La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées (Epstein *et al.*, 1980 ; Tanji *et al.*, 1990 ; Abdelly *et al.*, 2008 ; Munns et Tester, 2008). Elle peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation (avec l'eau de faible qualité) ou l'utilisation de certains types d'engrais (Bartels et Nelson, 1994 ; Rubio *et al.*, 1995).

En Algérie, le blé est cultivé en condition pluviales dans les plaines intérieures et plus particulièrement dans les hauts plateaux, appartenant aux étages bioclimatiques semi-arides. Ces zones sont souvent soumises aux effets des aléas climatiques (augmentation de la température couplée à baisse des précipitation), qui se répercutent sur la croissance et le développement des céréales par conséquent sur leur productivité (Bouzerzour *et al.*, 2000 ; Chaise *et al.*, 2005). Dans ces aires, les sécheresses variables dans le temps et l'espace restent le facteur le plus limitant auquel fait face la culture du blé dur (Annichiarico *et al.*, 2005).

La phase de germination est primordiale dans l'élaboration du rendement et de la productivité des espèces cultivées. Elle est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol. C'est sur la qualité de sa réalisation que repose inévitablement le déroulement des stades ultérieurs du cycle de développement de la plante.

Elle compte parmi les stades les plus vulnérables aux effets de la salinité. L'excès des sels inhibent son imbibition et perturbe l'activité de nombreuses enzymes, notamment les amylases impliquées dans la dégradation des réserves glucidiques (Bert et Gupta, 2007), les oxydases et les peroxydases (Hajlaouil *et al.*, 2007).

La mobilisation des réserves de la graine et ainsi que leur métabolisme sont modulés, en permanence, en réponses aux changements des conditions environnementales. Ainsi, les végétaux au cours de leur phase de germination présentent une fragilité accrue aux contraintes du milieu qui menace l'installation réussie de la jeune plantule, conditionnant fortement le comportement de la culture à l'élaboration de son rendement.

De nombreux travaux (Bayuelo et *al.*, 2002 ;Gama et *al.*, 2007 ;Bousid, 2009-2010 ; Zaman et *al.*, 2009) ont traité les effets de la salinité sur le développement et la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf ). Cependant les recherches consacrées à l'étude des impacts et les réactions de la plante à l'encontre des excès des sels au cours de la phase de germination, restent insuffisantes. Le travail présenté s'inscrit dans ce contexte de recherches. Il englobe différents essais prétendant à estimer les effets et les réponses de la plante conduite sous différentes teneurs de Na Cl (0, 5, 10 et 15 g/l) au cours de la germination.

Dans ce travail, le facteur de la salinité est associé à la variabilité génétique, deux génotypes d'origines et les comportements contrastés à l'égard de ce stress, ont été utilisés.

Le travail s'axe principalement sur le processus de la mobilisation des réserves amylacées pendant la germination.

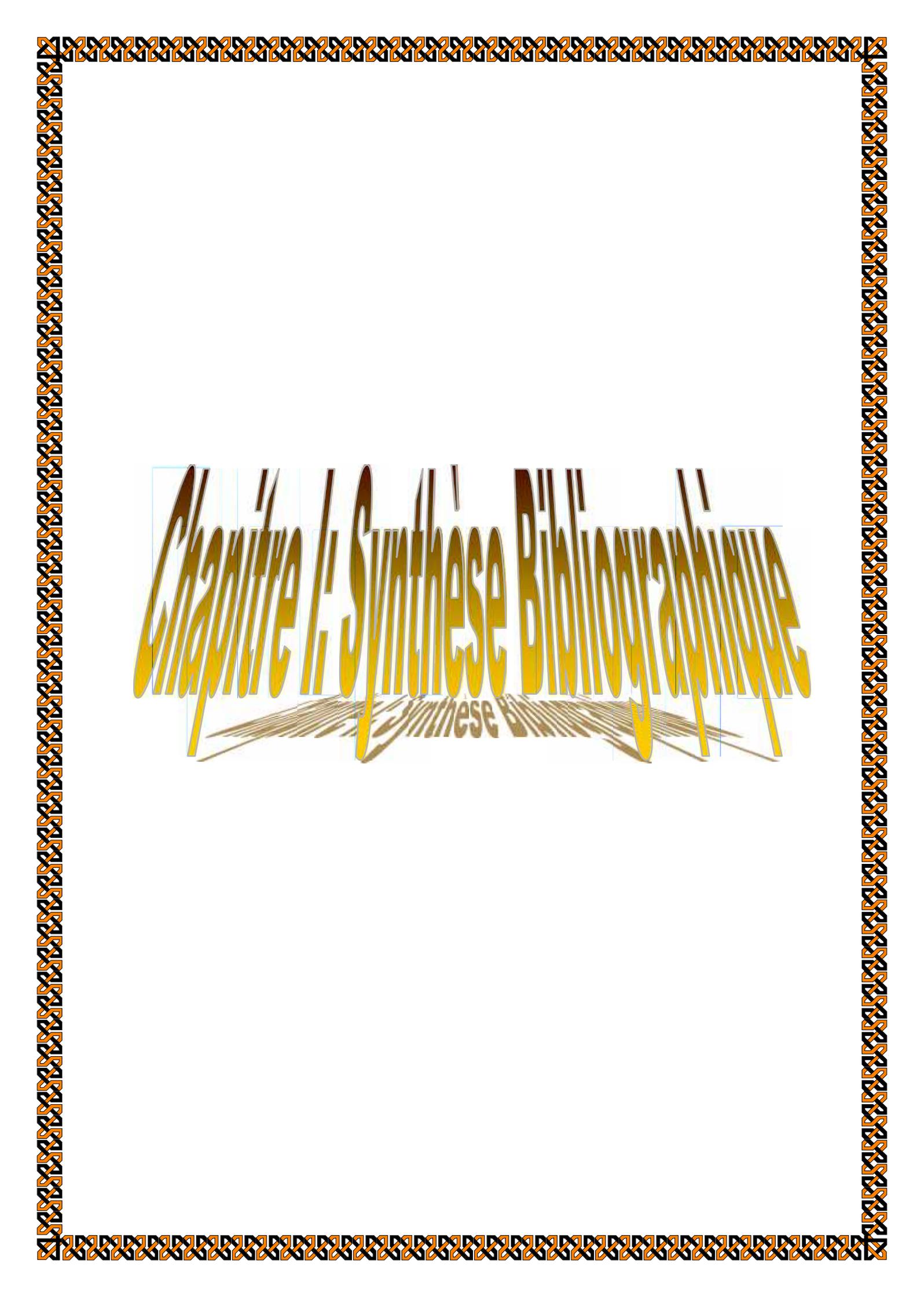
L'activité des  $\alpha$ -amylase pour la dégradation de l'amidon et la libération des sucres simples, sous les différentes conditions de la salinité a été étudiée. Egalement, les processus d'imbibition des grains ainsi que leur taux de germination, la longueur de la coléoptile et de la radicule principale sous ces mêmes conditions ont été estimés.

Le travail est représenté en trois parties.

Dans une première, sont exposés les principaux travaux traitant la problématique de recherche proposée.

La deuxième comprend les méthodes et les démarches scientifiques suivies.

Et enfin les résultats auxquels on est parvenu.



# Chapter 1: Synthesizing Bibliography

**I. Étude botanique****I.1. Important du blé****I.1.1. Dans le monde**

Dans tous les pays du monde, les céréales, originaires d'Orient, constituent la base de l'alimentation humaine en tant que sources protéiques et énergétiques. L'homme désignait autrefois sous le vocabzle de blé toute céréale comestible. Puis connaissant déjà l'importance de la fermentation en panification, les Romains remplacèrent le terme par froment, pour être à nouveau appelé blé dans notre langage courant. Cueillies et consommés d'abord sous forme de grains entiers, les céréales, notamment le riz, l'orge et le blé, furent progressivement exploitées en culture afin d'être utilisées sous forme de grains broyés pour l'alimentation humaine (Armand et Germain, 1992).

De 1976 à 1986, la moyenne annuelle de la production mondiale de blé atteignait les 440 millions de tonnes métriques. Les plus importants producteurs étaient la communauté des Etats indépendants (CEI), les Etats-Unis et la Chine, produisant 48% du blé de la planète. (Armand et Germain, 1992).

Les pays consomment eux-mêmes la plus grande partie du blé qu'ils produisent ; 18.5%(81.5 millions de tonnes) seulement de total de la production de 1976 à 1986 ont été exportés. Les Etats-Unis dominaient le commerce international avec une moyenne de 34.7 millions de tonnes (42.8%), suivis du canada (15.1 millions de tonnes), de la communauté économique européenne (14.5 % en excluant l'échange inter-CEE), de l'Australie (11.3%) et de l'Argentine (4.7%). (Armand et Germain, 1992).

La CEI et la Chine, deux des trois plus importants producteurs, ont aussi importé le plus de blé pendant ces six années. Les autres principaux importateurs étaient le Japon, l'Egypte, le Brésil, le Royaume-Uni, l'Inde, la Pologne et l'Italie. Ces pays ont fait des achats totalisant plus de 50% des exportateurs mondiales de grain et de farine de blé. En ce qui a trait aux importations par région au cours de cette période, l'Asie était en tête avec 34.7% du total, tandis que l'Europe de l'Est et la CEI atteignaient 17.7%.(Armand et Germain, 1992).

### I.1.2. En Algérie

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. La filière céréalière représente une des principales filières de la production agricole en Algérie.

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) de notre pays, la superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante (Djermoun, 2009).

L'Algérie a produit 4,9 millions de tonnes de céréales principalement les blés durant la saison 2012-2013 contre 5,12 millions de tonnes lors de la campagne 2011-2012, 4,24 millions de tonnes en 2010-2011 et 4,5 millions de tonnes en 2009-2010, alors qu'une production record de 6,12 millions de tonnes avait été enregistrée en 2008-2009.

De même, L'industrie de transformation occupe une place « leader » dans le secteur des industries agroalimentaires, en raison des capacités importantes de triturations dont elle dispose, (+230%) par rapport à la taille du marché domestique, réparties entre les moulins publics (95%) et privés (135%), soit respectivement une capacité de trituration de l'ordre de 19000 et de 27 000 T/jour (Djermoun, 2009).

La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg Ihab/an (Chehat, 2007). Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire.

### I.2. Classification taxonomique (systématique)

**Tableau N°01** : systématique de blé dur (Parts et *al.*, 1971)

<b>Règne</b>	plantea (végétale)
<b>Embranchement</b>	Angiospermes
<b>Sous embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Classe</b>	Monocotylédones
<b>Sous classe</b>	Commelinidae
<b>Ordre</b>	Poales
<b>Famille</b>	Poaceae
<b>Sous famille</b>	Hordées
<b>Genre</b>	Triticum
<b>Espèce</b>	<i>Triticum durum</i> Desf

### I.3. Caractéristiques de blé dur

#### I.3.1. Les graines

##### I.3.1.1. Caractéristiques botaniques

Le blé est une plante herbacée monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées. Les deux espèces dominantes sont le blé tendre et le blé dur. Ce fruit sec est constitué d'une graine unique intimement soudée à l'enveloppe du fruit qui la contient sur l'épi, elle est entouré d'enveloppes qui n'adhèrent pas à la graine et qui sont éliminées au moment du battage (Surget et Barron, 2005).

##### I.3.1.2. Caractéristiques morphologiques

Le grain de blé a une forme ovoïde et présente sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur. A la base dorsale de la graine, se trouve le germe qui est surmonté par une brosse. Elle mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg. (Surget et Barron, 2005). Par ailleurs, selon (Calvel, 1983), la couleur de blé varie du roux au blanc. En rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture et le climat. En outre, d'après (Emillie, 2007).

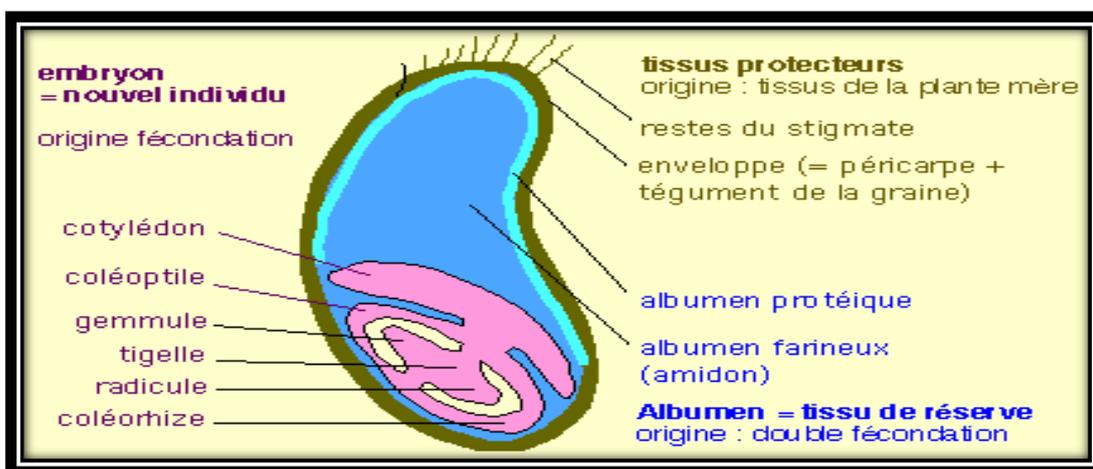


Figure N°01 : Schéma d'un grain de blé (Mossiniak, 2006)

### I.3.2. L'appareil végétatif

#### I.3.2.1. Le système racinaire

D'après Belaid, (1996), le système racinaire est de type fasciculé. En cours de développement, deux systèmes se forment :

- Le système racinaire séminal (primaire) : fonctionne de la germination au tallage.

- Le système racinaire coronaire (secondaire) : apparaît au stade tallage.

### I.3.2.2. Le système aérien

Selon Belaid, (1996), la tige est cylindrique, séparée par des nœuds formant des entre-nœuds, ces derniers sont planes chez le blé dur, chaque nœud est le point d'attache d'une feuille. La tige principale appelée le maître brin et des tiges secondaires appelées talle qui naissent à la base de la plante (Gate, 1995).

Les feuilles sont à nervures parallèles et formées de deux parties : La partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige (la gaine) et la partie supérieure en forme de lame (le limbe) (Belaid, 1996). Les feuilles portent à leur jonction avec la gaine des oreillettes vêtues et une ligule (Moule, 1971).

### I.3.2.3. L'appareil reproducteur

Les fleurs sont groupées en inflorescences de type épi, l'épi est composé d'épillets, l'épillet est une petite grappe d'une à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (Heiser, 1990 ; Moule, 1971). L'épi est constitué d'un axe appelé le rachis sur le quel sont fixés les épillets (Belaid, 1996). Le blé est une plante monoïque à fleurs parfaites (Cook et *al.*, 1991).

Elle se reproduit par voie sexuée et par l'autofécondation (espèce autogame) (Soltner, 1999).

Il existe un pourcentage faible (< 3%) de pollinisation croisée (Cook et *al.*, 1991).

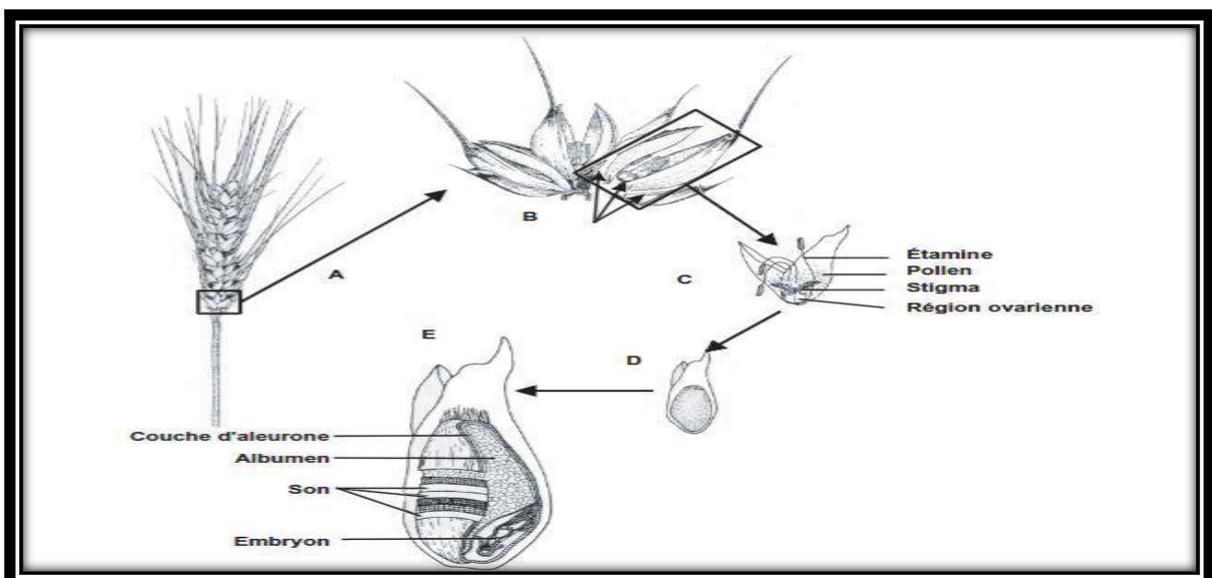


Figure N°02 : Fleurs et graine (caryopse) de blé (Heiser, 1990).

A. Epi composé de plusieurs épillets possédant plusieurs fleurs ; B. Epillet à trois fleurs ;  
C. Composantes d'une fleur ; D. Jeune caryopse ; E. Fruit mature (caryopse).

#### **I.4. Stades phénologiques**

D'après Bogard, (2011), les stades clés de développement décrits par différents auteurs suivant des échelles de développement différentes : telle l'échelle de Zadocks et l'échelle de Feekes.

##### **I.4.1. La germination - levée**

Le blé germe dès que la température dépasse le zéro de germination (0 °C) (Moule, 1971). La levée est notée lorsque 50% des plantes sont sorties de la terre. Durant cette première phase le blé va être très sensible aux conditions climatiques (Belaid, 1996).

##### **I.4.2. Tallage**

D'après Moule, (1971) et Gate, (1995), le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la 1<sup>ère</sup> feuille de la talle latérale primaire. L'ensemble court noué, formant un plateau du tallage situé juste au niveau du sol. L'importance des talles dépend de la variété, la densité de semis, la densité des adventices et la nutrition azotée (Belaid, 1996). La fin du tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive (Gate, 1995).

##### **I.4.3. Montaison- gonflement**

D'après Gate et Giban, (2003), cette phase débute à partir du stade épi 1cm par l'élongation des entrenœuds, ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du maître brin atteint 1cm du plateau du tallage. La montaison est le stade le plus critique du développement du blé. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la dernière feuille (Boulal et *al.*, 2007)

##### **I.4.4. Epiaison-floraison**

Selon Gate, (1995), l'épiaison est la période allant de l'apparition des premiers épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors la gaine de la dernière feuille. Après 4 à 8 jours, les épis fleurissent au même moment à l'écart de 2 ou 3 jours, une fois la fécondation est terminée le nombre des graines sont fixé.

#### I.4.5. Remplissage de la graine

D'après Gate, (1995), la formation de la graine se fait en trois étapes essentielles ; la première étape de la floraison au stade laiteux, la graine est verte sa teneur en eau est élevée. La deuxième étape, du stade laiteux au stade pâteux, il y a un remplissage des cellules des enveloppes par les sucres sous forme d'amidon. Le stade pâteux, correspond à la fin de la migration des réserves, sa couleur devient jaune-vert. La troisième étape est la maturation physiologique qui marque la fin du remplissage de la graine qui perd son humidité pour atteindre son poids sec final, elle durcit et sa coloration est jaune.

### II : la germination des semences

#### II.1. Généralité

Chez les Spermaphytes (plantes à graines), la propagation de l'espèce est réalisé grâce à la graine, qui provient de la transformation de l'ovule après la fécondation .A un stade plus ou moins précoce de son développement, l'embryon cesse sa croissance et entre dans un état de vie ralentie. Cette phase de repos (diapause) s'accompagne d'une déshydratation importante qui permet à l'embryon, d'une part, de pouvoir attendre très longtemps les conditions favorables à la reprise de son activité (germination) et, d'autre part, de résister aux agressions extérieures.

La dissémination se fait directement par la graine lorsqu'elle est libérée dans le milieu, ou indirectement lorsqu'elle reste à l'intérieur du fruit. Dans ce cas, plusieurs unités de dispersion (Evenari, 1961) peuvent assurer la dissémination : une partie du fruit, le fruit entier, plusieurs fruits groupés, quelque fois même la plante entière. Du point de vue botanique, la graine correspond uniquement à l'évolution de l'ovule après la fécondation. Mais son utilisation dans le langage courant dépasse souvent largement cette définition. Il apparaît donc préférable d'utiliser le terme semence (Côme, 1982).

Ewart (1908) classe les semences en trois catégories : les semences macrobiotiques, qui vivent plus de 15 ans, les semences mésobiotiques, les plus nombreuses, qui ont une durée de vie comprise entre 3 et 15 ans, et les semences microbiotiques, qui ne survivent pas plus de 3 ans ; certaines meurent mêmes après quelques jours (*Oxalis sp.*) ou quelques semaines (*Populus sp.*).

## II.2. la germination

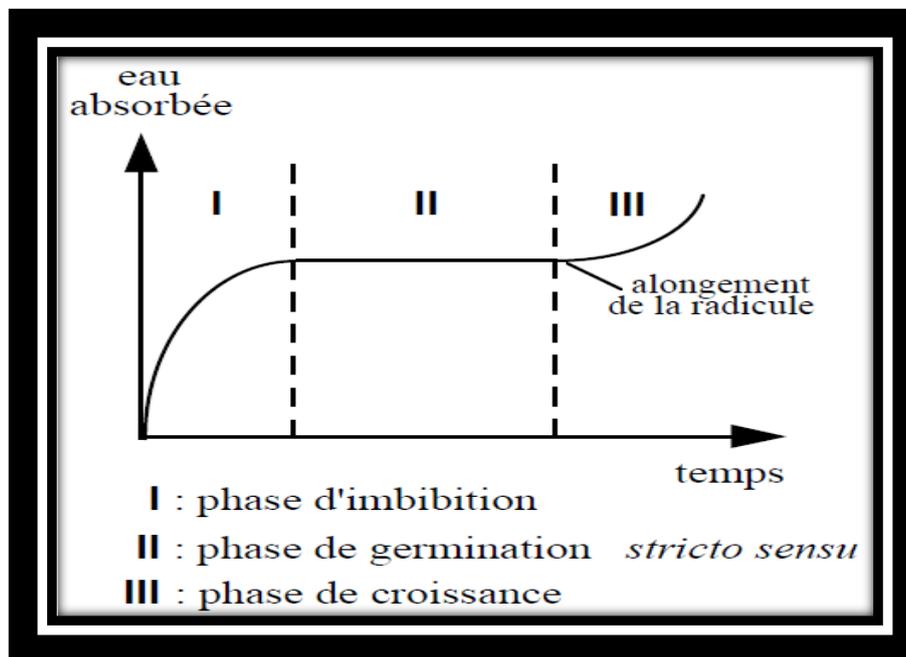
### II.2.1. Définition

En 1957, Evenari propose la définition suivante : la germination est un processus dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule.

Cette définition, adoptée par les physiologistes, est validée par des mesures d'imbibition et d'activité respiratoire effectuées sur des semences en cours de germination. Il est ainsi démontré que la germination comprend trois phases successives : la phase d'imbibition, la phase de germination stricto sensu et la phase de croissance. On retrouve ces trois mêmes étapes pour l'activité respiratoire.

### II.2.2. Physiologie de la germination

La germination des graines comprend trois principales phases :



**Figure N°03** : Courbe théorique d'imbibition d'une semence ( Côme, 1982).

**II.2.2.1.Phase1** : ou phase d'imbibition, correspond à une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire (Heller et *al.*, 2004). Elle implique un mouvement d'eau dans le sens de potentiel hydrique décroissant (Hopkins, 2003). La graine de blé absorbe 50% de son poids de départ. L'imbibition est rapide et réversible (Chaussat, 1999).

**II.2.2.2.Phase2** : 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). Elle est caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau ; l'hydratation des tissus et des enzymes est totale. La consommation en oxygène est stable. Durant cette phase, il y'a une reprise de la respiration et des activités métaboliques. La présence d'eau et d'oxygène permet l'activation des processus respiratoires et mitotiques. L'eau rend mobiles et actives les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graine. C'est le cas des gibbérellines qui sont véhiculées vers la couche à aleurone où elles vont activer la synthèse d'hydrolases (telles que les  $\alpha$ -amylases, les nucléases ou les protéinases) nécessaires à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire.

**a-** Les  $\alpha$ -amylases hydrolysent l'amidon stocké dans l'albumen et libèrent des molécules de glucose, substrat du métabolisme respiratoire.

**b-** Les nucléases permettent la libération d'acides nucléiques impliqués dans la formation des cytokinines, hormones qui stimulent la division cellulaire.

**c-** Les protéinases lysent les réserves protéiques qui favorisent la formation de phytohormones telles que l'auxine responsable de l'élongation des cellules.

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.

**II.2.2.3.Phase3** : caractérisée 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). A ce stade, la déshydratation des tissus cause la mort de la semence, la germination est terminée lorsque la radicule émerge les téguments de la graine.

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. Les événements précoces associés à la germination des graines comprennent, le début de la respiration, réparation de l'ADN, la réparation et la synthèse des mitochondries et la synthèse des protéines en utilisant des ARNm existantes et nouvellement synthétisées (Elaine, 1976). 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 est indispensable. Trois mécanismes possibles ont été proposés dans le début de la croissance de la racine :

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

### II.2.3. Facteurs essentiels à la germination

La germination des semences de blé est sous l'influence de facteurs internes et de facteurs externes :

**II.2.3.1. Les facteurs internes :** C'est-à-dire : tous les constituants de la graine de blé ; enveloppes séminales (téguments + éventuellement péricarpe) et amande (tissu des réserves + embryon) sont complètement différenciés du point de vue forme.

L'intégrité physique : les graines doivent être intactes, complètes et bien constituées, ni cassées, ni brisées (Heller, 2000).

### II.2.3.2 Les facteurs externes :

- **L'eau :** il est nécessaire à la germination parce qu'elle permet à la graine de s'imbiber et aux activités métaboliques de se déclencher, c'est le siège de toutes les réactions enzymatiques elle doit être disponible en quantité suffisante dans le milieu extérieur (Mazliak, 1988).
- **La température :** compatible avec la germination, s'inscrit dans une gamme assez large qui va d'un minimum assez bas, exemple : haricot, blé, avoine : 3-5 °C à un maximum assez élevé 30 - 40 °C par un optimum assez étalé (la température optimale pour la germination du blé se situe entre 15 et 30 °C) (Mazliak, 1988).
- **L'oxygène :** c'est un facteur essentiel à la germination. D'une manière générale la germination exige un effet d'oxygène, souvent de l'ordre 0,5 %, il y'a lieu de tenir compte de l'obstacle mis par les téguments et l'albumen à la diffusion du gaz (Mazliak, 1988).
- **La lumière :** fait appel à la photosensibilité de l'espèce elle est classée en trois catégories :
  - ❖ Photosensibilité positive : la germination est favorisée par la lumière.

- ❖ Photosensibilité négative : dans ce cas elle est favorisée par l'obscurité.
- ❖ Espèces non photosensibles : renferme toutes les plantes à caractères agronomiques (céréales et la plupart des légumineuses) (Mazliak, 1988).

### II.3. Composition de la graine de blé

Un grain de blé est formé de trois régions :

- **L'albumen** : Constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés aux milieux d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85 de la graine).
- **les enveloppes de la graine et du fruit**, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%).
- **Le germe** (3%), composé d'un embryon (lui-même formé de la coléoptile de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum (Bonjean et Picarde, 1996).

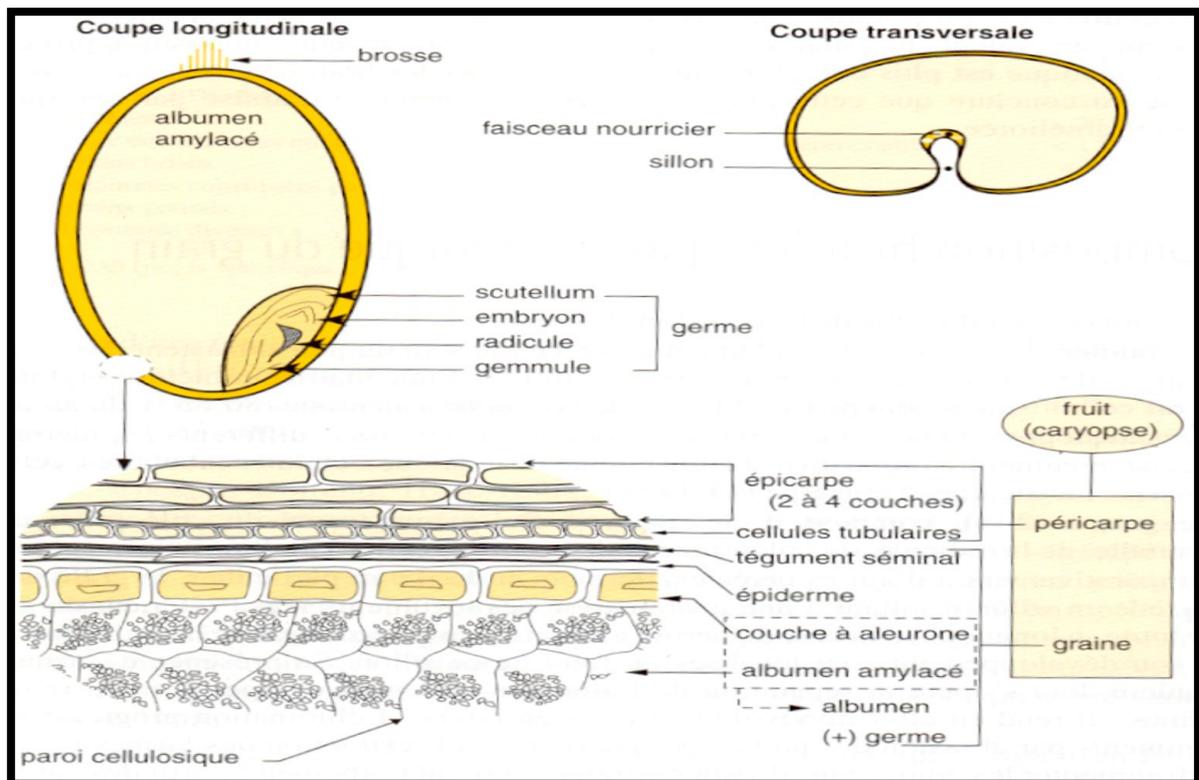


Figure N°04 : Composition d'une graine de blé (Autran J, 1996).

### II.3.1. Composition biochimique de la graine de blé

Les graines de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydraté, leur teneur en eau est aux environs de 14%. Les constituants des graines sont:

#### II.3. 1. 1. Les éléments principaux

##### II.3.1.1.1. Les glucides

Les glucides sont présents sous la forme de sucre simple, mais surtout composés de l'amidon et substance énergétique par excellence facilement digestible, c'est le constituant majeur des céréales 60 à 65% du poids du blé.

##### II.3.1.1.2. Les protéines

Ce sont des composés d'azote que l'on rencontre sous forme simple (acide amine) et sous forme plus complexe (protéine), on peut les classer d'après leur propriété de solubilité en:

- Albumen soluble dans l'eau.
- Globuline soluble dans les solutions saline diluée.
- Prolamine soluble dans les solutions alcoolique.
- Glutenine soluble dans les solutions diluées d'acides ou d'alcalins.

Ainsi, La teneur en protéine des céréales varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 12% pour le blé (Niquet et Classeran, 1989). Par ailleurs, le blé contient un ensemble particulier des composés solubles dans l'alcool (gliadine) et soluble dans l'eau (glutenine) appelé gluten dont les propriétés est de lever par fermentation (Cruz *et al.*,

##### II.3.1.1.3. Les lipides

Les lipides sont des biomolécules pratiquement insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants apolaires tels que chloroforme, le benzène ou l'éther (Kessous, 1993). Les lipides sont des constituants mineurs du blé, ils représentent de 2 à 3% du grain sec. Ils sont localisés surtout dans le germe et les enveloppes, la matière grasse qu'ils renferment est de 12,5% dans le germe, 5,6% dans les enveloppes, et 0.8 à 1% dans l'albumen (Adrian, 1987).

#### II.3. 1. 2. Les éléments secondaires

##### II.3.1.2.1. Les pigments et les vitamines

Ce sont des composés chimiques très complexes, concentrés surtout dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Ils sont parfois associés à des vitamines

(pigment caroténoïde) (Niquet et Lasseran, 1989). Ainsi, les graines de blé contiennent principalement trois vitamines, la vitamine BI, B2 et PP, les autres vitamines sont aussi présent mais avec une faible teneur (Godon et Lasseran, 1989).

#### II.3.1.2.2. Les enzymes

Ils sont présents en faible quantité dans la graine, les plus importants sont:

- Les protéases trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore élevée. L'autre agit pré de l'extrémité de chaînes et libéré les acides aminés libres et les peptides.
- Les amylases sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylase et amylopectine) et de ses produits de dégradation (malt, dextrine) jusqu'au stade oligosaccharide qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation panair (Adrian et Pouffait, 1996).
- La lipase qui est une enzyme lipolytique trouve son activité concentré dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine elle croit avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation (Potus et *al.*, 1994).

#### II.3.1.2.3. Les minéraux

Ils sont présents dans la graine en faible quantité à raison de 2 à 3% de la matière fraiche de la graine. Les principaux minéraux sont le potassium, le magnésium, le cuivre souvent associe à des sels (phosphate, chlorure ou sulfate).

#### II.3.1.2.4. L'eau

L'eau dans le blé représente 8 à 9 % avec une valeur moyenne de 14%(Godon, 1991). Cette caractéristique de siccité des blés permet de faciliter les opérations de transport, de conservation et la possibilité de traitement par voie sèche. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbienne lorsque sa teneur dans la graine dépasse un certain seuil (Niquet et Lasseran, 1989).

L'eau est présente dans la graine sous des formes différentes (Cruz *et al.*, 1989) :

- L'eau de dissolution dans les vacuoles des cellules ; c'est une eau que l'on qualifie «libre ».
- L'eau d'inhibition associe aux colloïdes.

- L'eau de constitution très fortement fixée à la molécule.

**Tableau N°02:** Composition biochimique d'une graine de blé (En pourcentage de graine humide) (Godon, 1978).

Eléments	Teneur en (%)
Eau	14
Amidons et petit glucides	65
Protides	12.5
Lipides	1.7
Cellulose, hémicellulose et pentosanes	4.9
Minéraux	1.9
Vitamines	9.49

#### II.4. L'amidon

Lors de la germination, on assiste à la mobilisation des réserves accumulées dans les organes de stockage de la graine (cotylédon ou albumen) au cours de sa maturation. (Taiz et Zeiger, 2002). Ces réserves ont une grande importance car elles sont l'alimentation du jeune embryon en cours de germination, ce qui lui permet d'atteindre l'autotrophie.

Dans ce processus, sont impliquées des enzymes de dégradation des carbohydrates, des protéines et des lipides (Taiz et Zeiger, 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 aminés 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 glucidique, notamment chez les graminées dont il forme presque tout l'albumen. Il représente le composé glucidique le plus important de notre régime alimentaire.

#### II.4.1. Définition

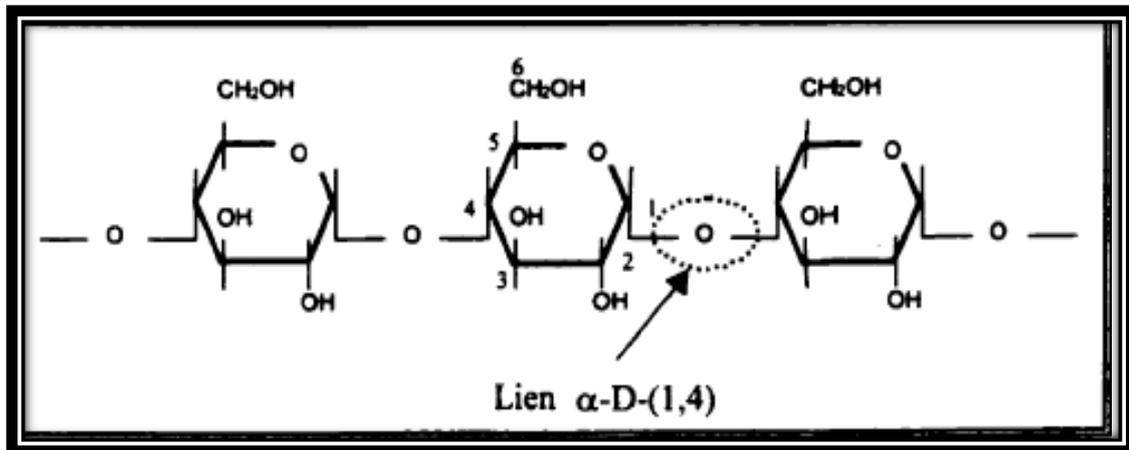
L'amidon est la substance organique de réserve énergétique principale des végétaux. (Guiibot et *al.*, 1985). Elle est également une substance indispensable à l'alimentation de l'homme et des animaux. Présent dans tous les organes végétaux, l'amidon natif se concentre préférentiellement :

Dans les graines de céréales (ex. : blé, avoine, maïs) et de légumineuses (ex. : pois, fèves), dans les fruits (ex. bananes) et les parties souterraines (ex. : pommes de terre, rhizomes du manioc etc.). Bien que l'amidon soit présent dans tous les organismes végétaux supérieurs, il n'y a que quelques plantes qui soient vraiment cultivés pour la production de ce composé à l'échelle industrielle. Le maïs, la pomme de terre et le blé sont les principales plantes utilisées pour la production des 35 millions de tonnes d'amidon natif consommés mondialement (Banks et *al.*, 1975). Cet amidon est ensuite utilisé sous forme native ou sous forme modifiée dans plusieurs secteurs industriels tels que les textiles, l'industrie alimentaire, et pharmaceutique.

#### II.4.2. Structure de l'amidon

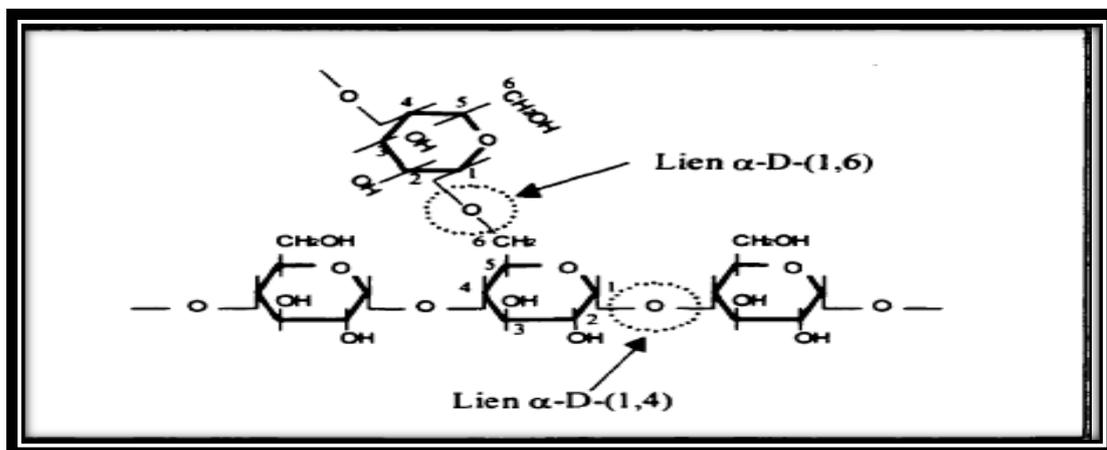
D'après Lafon et *al* (1996), l'amidon est un glucane ; il est formé de très nombreux maillons glucose ; en fait, il est constitué d'un mélange de molécules d'amylose et d'amylopectine, en proportions variables selon le tissu considéré.

**L'amylose :** est une chaîne linéaire de  $n$  maillons glucose (D-Glucopyranose) liés entre eux par des liaisons  $\alpha$  (1-4),  $n$  varie de 300 à 1000 selon l'espèce, de masse voisine de 300000.



**Figure N°05 :** Schématisation d'un segment d'une molécule d'amylose (Guiibot et *al.*, 1985).

**L'amylopectine :** est une chaîne ramifiée ; les ramifications sont liées par liaisons  $\alpha$  (1-6) sur des chaînes de  $n$  unités de D-Glucopyranose liées par liaisons  $\alpha$  (1-4)



**Figure N°06 :** Schématisation d'un segment d'une molécule d'amylopectine (Guiibot et *al.*, 1985).

L'amylose et l'amylopectine représentent ensemble 97 à 99% de la masse (sur une base sèche) de la composition totale de l'amidon extrait des plantes.

L'amidon natif contient 75% de molécules d'amylopectine. Par comparaison à une molécule d'amylose, la molécule d'amylopectine est beaucoup plus grande. Les principales caractéristiques qui donnent à chaque type d'amidon ces propriétés uniques sont (Tableau N°03) :

- Les grandeurs caractéristiques des molécules.
- Le rapport amylose/ amylopectine.

- La structure granulaire de l'amidon

**Tableau N°03 :** Les propriétés physico-chimique de l'amylose et de l'amylopectine (Whistler et *al.*, 1984)

Propriétés	Amylose	Amylopectine
Masse moléculaire	50000-200000	Un plusieurs millions
Liaison glycosidique	(1-4), a-D	(1-4) a-D et (1-6) a-D
Susceptibilité pour rétrogradation	Grand	Petite
Structure moléculaire	Chaine linéaire	Chaines ramifiées

### II.4.3. Propriétés physico-chimiques

#### II.4.3.1. Propriétés physiques

L'amidon, comme tout produit a des propriétés physiques qui lui sont propres.

Plusieurs facteurs entrent en jeu :

- **Influence de la température** : l'amidon est insoluble dans l'eau. Il forme, en revanche à chaud (70°C) une solution colloïdale qui s'épaissit en donnant un gel communément appelé empois.
- **Température de gélification** : la gélification commence graduellement à partir de 50°C mais est effective ensuite à une température dépendante de l'agitation moléculaire, de la grosseur des graines, de la nature de l'amidon, de l'eau employée et de la concentration en amidon.
- **Effet stabilisant** : l'épaississement ayant lieu à une température inférieure à celle de la coagulation du jaune d'œuf, les crèmes aux œufs contenant de l'amidon peuvent être portées à ébullition (Henri et *al.*, 1992).

#### II.4.3.2. Propriétés chimiques

Les amidons sont influencés par trois types d'action : thermique, chimique, enzymatique.

- **Action thermique** : elle change la couleur et le goût de l'amidon par dextrinisation.
- **Action chimique et enzymatique** : les acides entraînent une hydrolyse partielle de l'amidon qui conduit à la formation de dextrans. Le gel formé est moins épais. Cette hydrolyse est accélérée par une augmentation de température. L'amidon peut subir aussi l'action d'enzymes comme des enzymes végétales, ou animales (amylase) ou microbiennes.

Les traitements précédemment décrits mènent à la formation de corps plus simples comme des dextrans (D-glucose) et des maltoses. Les traitements de ces corps simples par ces mêmes traitements peuvent conduire à la formation d'amidons modifiés.

Il existe différentes technologies qui permettent d'obtenir des amidons modifiés en changeant la structure de base d'une molécule d'amidon (Henri et *al.*, 1992).

#### II.4.4. 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.

**L' $\alpha$  amylase** : est une  $\alpha$ -1,4-D-glucane glucanohydrolase qui brise les liens alpha (1-4) glycosidiques à l'intérieur des chaînes de l'amylose et de l'amylopectine pour ultimement donner des molécules de maltose (disaccharides de  $\alpha$ -glucose) (Heller et *al.*, 2000 ; Wang et *al.*, 2008).

**La  $\beta$ -amylase** : est une  $\alpha$ -1,4-D-glucane maltohydrolase, elle attaque les amyloses à chaînes linéaires 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).

**La dextrine** : son rôle est de cliver la liaison  $\alpha$  (1-6). Elle dégrade l'amidon en maltose (Hopkins, 2003).

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

#### II.4.4.1. L' $\alpha$ -amylase

L' $\alpha$ -amylase ( $\alpha$ -1, 4 glucane glucanohydrolase CE. 3.2.1.1) catalyse l'hydrolyse des liaisons  $\alpha$  (1-4) D-glucosidiques en polysaccharides, contenant trois ou plus d'unités de  $\alpha$  (1-4) D-glucose liée de manière aléatoire (Buckomw et *al.*, 2006).

La famille de l' $\alpha$ -amylase, c'est -à-dire la classe GH-H du glucoside hydrolyse, est la plus grande famille des hydrolases, transférases et isomérases comprenant près de 30 différentes enzymes spécifiques. Les  $\alpha$ -amylases appartiennent à la famille 13(GH-13).

La plupart des  $\alpha$ -amylases sont des métalloenzymes (Sivaramakrishnan et *al.*, 2006). Il est rapporté que la présence d'ions calcium ( $Ca^{2+}$ ) est nécessaire pour leur intégrité structurelle, le maintien de leur stabilité secondaire et tertiaire et les ions chlorures sont indispensables pour leur activité maximale (Roychan et Chaudhari, 2001 ; Buckow et *al.*, 2006 ; Heller et *al.*, 2010).

Ces enzymes représentent environ 30% de la production d'enzymes dans le monde. La famille amylase peut être divisée en deux groupes : celle qui hydrolyse l'amidon et les enzymes modifiant l'amidon, ou enzyme de transglycosylation. Les amylases sont l'une des enzymes industrielle les plus importantes qui ont une large variété d'applications allant de la conversion de l'amidon en sirop de sucre, à la production de cyclodextrines pour l'industrie pharmaceutique (Buckow et *al.*, 2006 ; Sivaramakrishnan et *al.*, 2006).

#### II.4.4.2. Nomenclature de $\alpha$ -amylase

- **Non systématique** :  $\alpha$ -(1-4) D-glucane glucanohydrolase.
- **Non codifié** : E.C .3.2.1.1
- **Non recommandé** : Alpha-amylase.
- **Synonymes**: glycogenase, endoamylase, maxilase, taka-amylase A, takatherm, thermolase, amylotherm, clarase, amylopsin, spitase CP1, G995, kleistase L1, THC 250, maxamy, ptyalin (Mercier, 1985).

#### II.4.4.3. Sources des $\alpha$ -amylases

Les  $\alpha$ -amylases sont des enzymes ubiquitaires produites par les plantes, les animaux et les microbes, ou elles jouent un rôle dominant dans le métabolisme de glucides

(Sivaramcrishnan et *al.*, 2006). Les alpha amylases d'origine végétale sont synthétisées au niveau de la couche à aleurone (Heller et *al.*, 2000).

➤ **Origine animale**

L' $\alpha$ -amylase animale est généralement extraite de la salive humaine et du pancréas des mammifères tels que les porcs et les veaux (Bertheau et *al.*, 1985 ; Chatterton et *al.*, 1996).

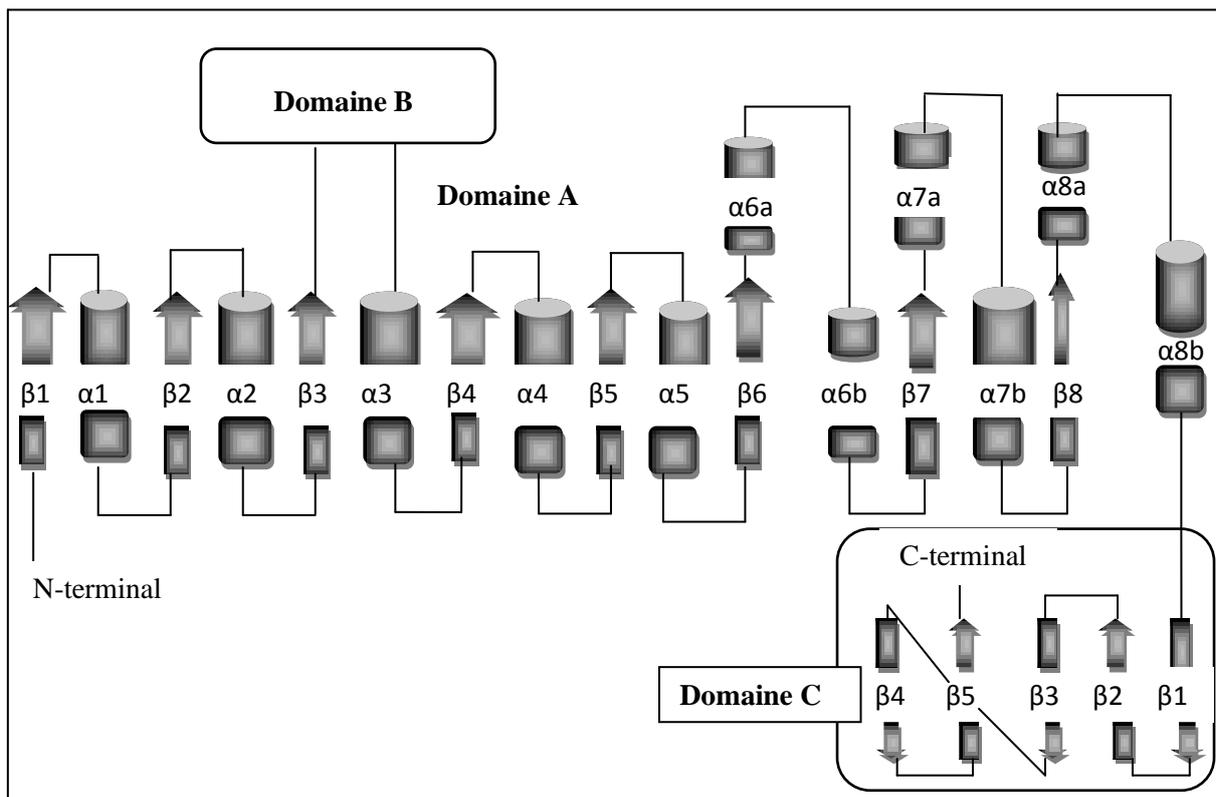
➤ **Origine végétale**

Les  $\alpha$ -amylases jouent chez les plantes un rôle important dans le métabolisme glucidique, où elles participent à l'hydrolyse de l'amidon en produisant des sucres réducteurs (glucose et maltose) directement assimilables (Badot et Merlin, 1984). Ces enzymes végétales sont généralement obtenues par extraction à partir des céréales notamment le blé, l'orge, le son ou le riz (Srinivasa et *al.*, 2004). Elles sont souvent formées au cours de la germination des graines (Charles et *al.*, 2003).

➤ **Origine microbienne**

On distingue les  $\alpha$ -amylases fongiques et bactériennes, les  $\alpha$ -amylases fongiques différents des amylases bactériennes par une inactivation par la température, un pouvoir élevé de saccharification et un pH optimal faible (4-5) (Costes, 1982).

Les amylases de sources végétales et microbiennes ont été utilisées pendant des siècles comme additifs alimentaires (Sivarmacrishnan et *al.*, 2006).

II.4.4. Structure de l' $\alpha$ -amylase

**Figure N°7 :** La représentation des domaines et des éléments de la structure secondaire de l' $\alpha$ -amylase. (Kadziola *et al.*, 1994).

La structure à deux dimensions se compose de trois domaines, à savoir A, B et C.

Le domaine A est la structure baril N-terminal TIM, le domaine B se compose d'une longue boucle qui fait saillie entre les  $\beta$ -volet 3 est une hélice  $\alpha 3$  et le domaine C avec une structure en feuilles ( $\alpha$ - $\beta$ ) lié au domaine A. le ( $\alpha$ - $\beta$ )<sub>8</sub> se compose de huit chaînes alternées (suppléments) brins B et d'hélices  $\alpha$ .

Les brins  $\beta$  sont placés parallèlement les uns aux autres comme un cylindre et les hélices  $\alpha$  se situent en dehors du cylindre. Ce baril TIM contient quatre régions hautement conservées étroitement liée au présent site actif dans tous les  $\alpha$ -amylases (Sivarmacrishnan *et al.*, 2006).

Le site actif de toutes les enzymes appartenant à la famille des  $\alpha$ -amylases est considéré comme étant composé d'un certain nombre de sous-sites, dont chacun est capable d'interagir avec un résidu de glucose du substrat (Habibi *et al.*, 2004).

#### II.4.5. Caractéristiques de l'enzyme

La vitesse d'hydrolyse d'amidon par alpha amylase dépend de nombreuses conditions tels que la température, le pH, la nature de substrat, la concentration du substrat, la concentration de l'enzyme, la présence d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et d'autres agents de stabilisation.

➤ **Poids moléculaire :**

Le poids moléculaire des  $\alpha$ -amylases varie d'une origine à l'autre et d'une espèce à l'autre. Il est compris entre 40 et 90 KDa (Schomburg et Salzmann, 1991).

➤ **stabilisation :**

Les enzymes sont des protéines principalement à caractère labile. Les agents d'inactivation, comme la température, le pH, les produits chimiques, altèrent la conformation native d'une enzyme, ce qui affecte son activité catalytique. L'utilité d'une enzyme dépend principalement de sa stabilité opérationnelle et de stockage (Sivarmacrishnan et *al.*, 2006).

➤ **Amylases immobilisées :**

L'activité catalytique d'une enzyme dépend de sa structure tridimensionnelle et de sa conformation. Tout changement temporaire dans sa conformation naturelle causée par un agent physique ou chimique affecte son rôle de catalyseur. Ainsi, il devient nécessaire de protéger les enzymes de ces éléments destructeurs en vue de soutenir leur activité catalytique.

L'immobilisation des enzymes est une des méthodes pour protéger et stabiliser les enzymes, améliorant ainsi leurs propriétés et leur utilisation répétitive, soit en groupe ou mode continu (Sivarmacrishnan et *al.*, 2006).

➤ **Effet de la température :**

L'influence de la température sur la production des amylases est liée à la croissance de l'organisme. La plupart des études sur la production d'amylase ont été faites avec des champignons mésophiles dans la gamme de température de 25 à 37°C (Sivarmacrishnan et *al.*, 2006).

**➤ Effet de pH :**

Le pH est connu pour affecter la synthèse et la sécrétion de l' $\alpha$ -amylase, tout comme sa stabilité (Sivarmacrishnan et *al.*, 2006). La stabilité de l'enzyme montre un optimum à une valeur de pH spécifiques environ 5 à 8 (Buckow et *al.*, 2006).

**➤ Effecteurs :**

Toutes les  $\alpha$ -amylases nécessitant au moins un ion de calcium, qui joue un rôle d'activateur allostérique et participe dans l'activation catalytique de l'enzyme et le maintien de sa structure tertiaire (Graham., 1996), sa présence augmente la stabilité de l' $\alpha$ -amylases vis-à-vis de la dénaturation thermique (Egas et *al.*, 1998). Cependant les ions Cl, Zn<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> et Fe<sup>2+</sup> sont également des activateurs de l' $\alpha$ -amylases (Schomburg et Salzmann, 1991).

Par ailleurs, l' $\alpha$ -amylase peut être sensible à plusieurs agents inhibiteurs comme l'EDTA (agent chélateur du calcium) et les métaux lourds. Lefuji et ses collaborateurs (1996) rapportent dans leur étude, sur l' $\alpha$ -amylase d'origine levurienne de *Cryptococcus sp.*, que les métaux lourds comme Hg<sup>2+</sup> (25%), Ag<sup>+</sup> (51%), Cu<sup>2+</sup> (52%) et Zn<sup>2+</sup> (87%) inhibent l'activité enzymatique.

Par contre, les ions Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> et l'EDTA n'ont aucune influence sur l'enzyme à une concentration de 1Mm.

Les  $\alpha$ -amylases peuvent être inactivées par la chaleur, l'urée à 8M (Hamilton et *al.*, 1999), l'acide formique, l'acide oxalique, l'acide lactique et l'acide citrique, par contre, l'acide acétique stimule l' $\alpha$ -amylase (Ali et Abdelmoneim, 1989).

**II.4.6. Utilisation d'alpha amylase**

**Tableau 04:** utilisation des amylases dans divers secteurs de l'industrie (Sivarmacrishnan et *al.*, 2006).

Domaines	Utilisation
<b>Industrie alimentaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ La production de sirops de glucose, glucose cristallisé</li> <li>❖ La production de sirops à haut teneur en fructose</li> <li>❖ La production de sirops de maltose</li> <li>❖ Réduction de la viscosité des sirops de sucre</li> <li>❖ Clarification des jus</li> <li>❖ Solubilisation et saccharification de l'amidon pour la fermentation de l'alcool dans les industries de la brasserie</li> <li>❖ Retard de rassissement en industrie de la boulangerie</li> </ul>
<b>Industrie du papier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Réduction de la viscosité de l'amidon pour le revêtement d'un papier approprié</li> </ul>
<b>Industrie des détergents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Utilisé comme additif pour éliminer salissures à base d'amidon</li> </ul>
<b>Industrie textile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Dimensionnement des fibres textiles</li> </ul>
<b>Industrie pharmaceutique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Utilisé comme une aide digestive</li> </ul>

**III : Les stress abiotiques****III.1. Définition du stress**

Un stress est l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. Selon Levitt (1980), c'est un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

La notion du stress biologique est le changement plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l'animal, et la réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec l'adaptation à la nouvelle situation à la limite de dégradation menant à une issue fatale (Leclerc, 1999).

Les dommages causés par le stress salin à long terme est surtout le déséquilibre ionique et la toxicité provoqués par le Na<sup>+</sup> plutôt que l'effet du sel sur le potentiel hydrique réduisant la disponibilité en eau (Munns, 2002 in Belkheiri, 2007).

### III.2. Types de stress

On peut distinguer deux types du stress dans la nature :

**III.2.1. Le stress biotique:** dus à une agression par un autre organisme : insectes, animal ....Etc.

**III.2.2. Le stress abiotique:** il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, excès d'eau (asphyxie racinaire), la salinité... .

On peut citer quelques types des stress abiotiques qui peuvent affecter les végétaux :

- **Le stress hydrique:** provoqué par un déficit en eau constituant un menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entres elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (Hopkins, 2003).
- **Le stress thermique:** provoqué par la température, c'est l'un des facteurs les plus limitant et qui conditionne la production et la croissance des plantes.
- **Le stress oxydatif :** des plantes soumises à un stress environnemental mettent en place une réponse appelée stress oxydatif. Il se défini comme étant le résultat d'un déséquilibre entre la balance des Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO ou ROS) et les systèmes de défense antioxydants, déséquilibre consécutif à une surproduction de ces composés radicalaires (Apel et Hirt, 2004).
- **Le stress salin:** le stress salin est défini comme une concentration excessive en sel. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> (Hopkins, 2003).

### III.3. La salinité

#### III.3.1. Définition

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (Baiz, 2000 et Maatougui., 2001). C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakherdiev et *al.*, 2000 in Bouzid, 2010).

Pour les sols, elle est due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (Hasegawa *et al.*, 1986 in: Ndeye Thioro, 2000).

### III.3.2. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale (Hillel, 2000). Son effet, se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (Munns *et al.*, 1995).

Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affecte négativement la croissance et la productivité végétale (Wang *et al.*, 2001 ; Ashraf et Harris, 2004).

#### III.3.2.1. Sur la germination

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 de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Bouchoukh, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Belkhodja et Bidai, 2004).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Bouda et Haddioui, 2011).

#### III.3.2.2. Sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (Bouaouina *et al.*, 2000). Elle affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante :

- L'augmentation de la concentration en  $\text{Na}^+$  s'accompagne une réduction de la concentration en  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{P}$  et  $\text{Ca}^{2+}$  dans la plante (Levitt, 1980). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{NO}_3$  deviennent limitant (Soltani, 1988 in Haouala *et al.*, 2004).
- Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (Jabnoue, 2008).

### III.3.2.3. Sur la biochimie de la plante

La salinité réduit la vitesse de la photosynthèse suite (Santiago et *al.*, 2000). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs comme la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO<sub>2</sub>, la toxicité du sel, la réduction de l'approvisionnement en CO<sub>2</sub> à cause de la fermeture des stomates, le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (Iyengar et Reddy, 1996 in: Parida et Das, 2005).

Chez diverses espèces plus ou moins résistantes, un taux élevé des sucres totaux résultant du blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une grande hydrolyse de l'amidon (Asloun, 1990).

### III.3.2.4. Sur la nutrition minérale des végétaux

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et *al.*, 1995 in Haouala et *al.*, 2004).

L'accumulation des ions Na<sup>+</sup> dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K<sup>+</sup> et Ca<sup>2+</sup>. Il y'aurait une compétition entre Na<sup>+</sup> et Ca<sup>+</sup> pour les mêmes sites de fixation apoplasmique.

### III.3.3. Comportement de la plante en milieu salin

Selon la tolérance au sel, on peut définir deux groupes des végétaux : les halophytes et les glycophytes.

- **Les halophytes** : supportent les concentrations en sels et la croissance est stimulée par la concentration entre 200 et 500 mM (Flowers et *al.*, 1997).
- **Les glycophytes** : représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mM et devient létale à partir de 300 mM (Gereenway et Munns, 1980).

Les halophytes et les glycophytes, peuvent développer plusieurs mécanismes pour assurer leur cycle de croissance et de développement. Certaines espèces utilisent le mécanisme d'exclusion des sels en excès (Alem et *al.*, 2005) ou les compartimentent dans la vacuole

(Niu et *al.*, 2005 in Kaci et *al.*, 2012). On peut distinguer deux comportements des plantes vis-à-vis du sel : les inclure et les exclure.

- **Exclure** : Les plantes exclure sont généralement sensibles à la salinité et sont incapables de contrôler le niveau de Na<sup>+</sup> cytoplasmique. Cet ion est transporté dans le xylème, véhiculé vers les feuilles par le courant de transpiration puis en partie ré-circule par le phloème pour être ramené vers les racines ces espèces sensibles contiennent donc Na<sup>+</sup> dans les feuilles et un excès dans les racines (Jabnour, 2008).
- **Inclure** : les plantes résistantes au NaCl, accumulant le Na<sup>+</sup> dans les feuilles ou est séquestré soit dans la vacuole de l'épiderme foliaire ou les limbes âgées... (Jabnour, 2008). Le sel est stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est aussi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (Berthomieu et *al.*, 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (Alem et Amri, 2005).

### III.3.4. Mécanismes d'adaptations à la salinité

#### III.3.4.1. Caractéristiques morphologiques et anatomiques

On peut résumer ces caractéristiques par ces points :

- Une cuticule épaisse.
- Des stomates rares (Heller et *al.*, 1998) .
- Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl (Luttge et *al.*, 2002).

Une succulence des feuilles, qui deviennent épaisses ou cylindriques (*Suaeda*) ou de leurs tiges dans le cas de l'espèce aphyllé (*Salicornia* et Lemee, 1978).

#### III.3.4.2. Caractéristiques physiologiques

Pour qu'elles puissent absorber l'eau et continuer leurs fonctionnements vitaux, les halophytes adoptent trois mécanismes essentiels :

- **Répartition et accumulation des ions dans la plante**

Une forte capacité d'absorption et une accumulation préférentielle de Cl<sup>-</sup> et Na<sup>+</sup> dans les parties aériens surtout les feuilles chez les halophytes. Ainsi, plus de 90% de Na<sup>+</sup> sont accumulés au niveau de la partie aérienne (80% dans les feuilles) (Asloum, 1990), qui a pour but d'élever le potentiel osmotique qui peut dépasser 50 atm. Celui-ci contribue à

maintenir le potentiel hydrique de la plante inférieur à celui de la solution du sol (Lemee, 1978).

➤ **Compartimentation vacuolaire**

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na<sup>+</sup> sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (Jebnoune, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ces cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule; le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (Sentenac et Berthomieu, 2003 in Bouchoukh, 2010).



# Chapitre II : Experimentation





# *Matériel et Méthodes*

# Matériel et Méthodes

## I. Matériel et méthodes

### I.1. Objectifs de l'expérimentation

Notre essai consiste à étudier l'effet du 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.

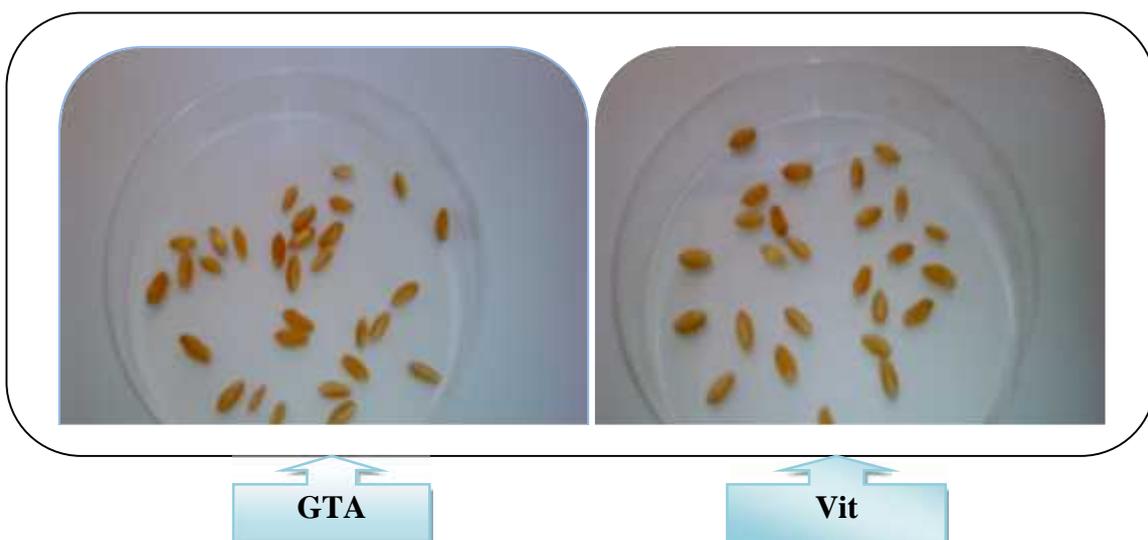
Les effets des variations des potentiels osmotiques adoptés dans les différents milieux de germination sur l'évolution d'imbibition des graines et leurs germinations, ont été estimés.

### I.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de deux génotypes de blé dur. Le choix de ces génotypes est géré par l'origine, les paramètres phénologiques, les paramètres morphologiques et le degré de tolérance au stress, qui s'avèrent très contrastes. Les principaux caractéristiques des génotypes utilisés sont mentionnés dans le tableau 05.

**Tableau N°05 :** Les caractéristiques des deux génotypes GTA dur et Vitron.

Génotype	Origine	Cycle végétatif	Tolérance à la sécheresse
GTA dur	Cymmyt /Icarda	Précoce	Résistant
Vitron	Espagne	Semi précoce	Sensible



**Figure N°8 :** Les deux génotypes de blé dur (*triticum durum*) étudiés.

### **I.2.1. Le géotype Vitron**

Le blé dur Hoggar est une obtention du Cimmyt (Mexique) et introduite en Algérie d'Espagne en 1986 et sélectionnée à la station expérimentale de Dahmouni (Tiaret). C'est une variété précoce à paille courte (moins de 100 cm). L'épi de Hoggar est blanc avec des barbes brunes à noires, selon les conditions de culture. Elle est sensible à la rouille brune et à l'helminthosporiose. Elle est recommandée pour les zones fertiles où la pluviométrie est supérieure à 400 mm (Hamadache, 2001).

### **I.2.2. Le géotype GTA dur**

C'est la variété de blé dur la plus précoce. Elle est d'origine mexicaine (Cimmyt) et a été introduite en Algérie par l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures). Elle est de paille courte (moins de 90 cm) et résistante à la verse. Elle présente de bonnes caractéristiques technologiques, et particulièrement dans la fabrication du pain des pâtes (Hamadache, 2001).

## **I.3. conditions et réalisations des essais**

### **I.3.1. Réalisation des essais**

Les différents essais ont été réalisés au niveau du laboratoire de biologie du Centre universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila.

## **I.4. L'aspect physique de la germination**

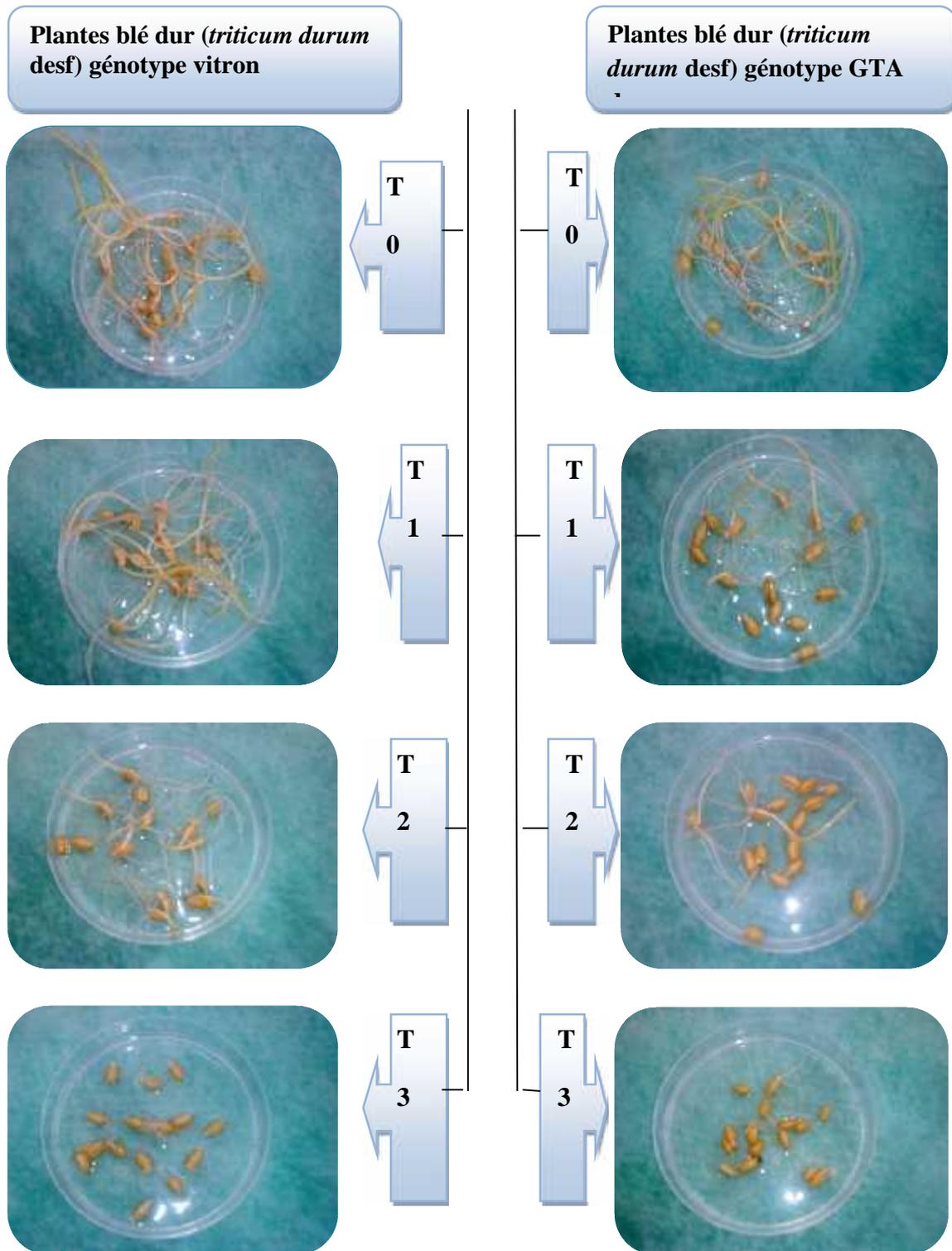
Cet essai est basé sur l'évolution de la teneur d'imbibition des graines mise en germination en fonction de différents milieux en sel : 0g/l, 5g/l, 10g/l, 15g/l.

La surface des graines a été désinfectée au préalable par trempage durant 5 minutes dans de l'eau javellisée à 12° puis rincée deux fois à l'eau distillée.

Ensuite, les graines sont mises à germer dans des boîtes de pétri stérile imbibé d'eau distillée pour les graines témoins (15ml) et de solution salines pour les graines stressées (15ml). Chaque essai de germination est conduit en trois répétitions à température comprise environ 24°C.

Le critère de germination retenu correspond au moment où la radicule a percé les enveloppes. La prise de poids des graines est effectuée chaque 24 h le long de la période de germination. Des courbes d'évaluation d'absorption d'eau par les graines à partir des différents milieux de germination ont été établies.

## Matériel et Méthodes



**Figure N° 09 :** Dispositif expérimentale, les graines mise à germées sur les boites pétris, après 3 jours de semis

**T0 :** témoin. , **T1 :** traitement 5g/l de NaCl, **T2 :** traitement 10g/l de NaCl, **T3 :** traitement 15 g/l de NaCl.

### I.5. Les paramètres effectués

#### I.5.1. Le taux d'imbibition

Le taux d'imbibition ou la prise d'eau relative des graines en germination de l'ensemble des géotypes pour les quatre traitements osmotiques est déterminée chaque 24 heures, du début de la germination jusqu'à la percée des téguments par la radicule, équivalent à 72 heures de temps de germination.

L'imbibition est déterminée par le rapport suivant :

$$\text{Imbibition (\%)} = ((P_t - P_i) / P_i) \times 100$$

Où Imbibition, représente la prise d'eau pendant un temps t, exprimée en pourcentage.

- $P_t$  représente le poids du grain après un temps t de mise en germination exprimé en grammes.
- $P_i$  est le poids initial de la graine déterminé avant la mise en germination exprimé en grammes.

Le poids  $P_t$  est estimé par pesée des graines prélevées des différents milieux de germination et essuyées délicatement avec un papier buvard afin d'éliminer toutes traces de l'eau de surface.

#### I.5.2. Le taux de germination des graines

Le taux de germination des graines relevé chaque 24 heures pendant 72 heures de mise en germination, est exprimé en pourcentage et représente le nombre de graines germées par rapport au nombre total des graines initialement mises en germination.

Il est calculé par le rapport suivant :

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

$$\text{Taux de germination (\%)} = (\text{nombre de graines germées} / \text{nombre total des graines}) \times 100$$

Une graine est considérée germée lorsque sa radicule est visible après la percée des téguments.

### **I.5.3. La longueur de la radicule et de la coléoptile**

La longueur de la radicule et de la coléoptile sont exprimées en centimètre (cm), les mesures sont réalisées sur les deux génotypes pour les quatre traitements après 72 heures de mise en germination des graines grâce à l'aide d'une règle graduée.

### **I.6. L'aspect biochimique de la germination**

#### **I.6.1. Activité des amylases au niveau des graines en germination**

L'activité des amylases a été déterminée au niveau des graines après 48 et 72 heures de mise en germination. L'estimation de cette activité repose sur les opérations d'extraction du complexe enzymatique et l'évaluation de son activité in vitro.

##### **I.6.1.1. Extraction du complexe enzymatique**

Le substrat de l'extraction est constitué de 2,5g de graines issues des différents milieux de germination. L'ensemble est broyé en présence de la glace dans 12,5ml de tampon acétate (50mM acétate de sodium, acide acétique et 20mM CaCl<sub>2</sub>), pH 4.8 (Kaur *et al.*, 1998).

Le broyat est filtré, le filtrat est recueilli dans un tube d'Eppendorf de 1.5 ml et centrifugé pendant 10min à 4000 g à 4°C. Le surnagent est récupéré (extrait A).

##### **I.6.1.2. Quantification de l'activité $\alpha$ -amylase**

Dans chaque tube contenant de l'extrait enzymatique (1ml extrait A), on ajoute 0.5ml de solution d'amidon à 1% (dilution dans la solution tampon acétate pH 4,8), après on le passe au vortex et le laisse incuber au bain marie à 35°C pendant 20mn. Un volume de 0.5ml du réactif contenant l'acide dinitrosalicylique (35ml NaOH (2N), 0,5g l'acide 3-5 dinitrosalicylique, 15g de tartrate K/Na et 50ml d'eau distillée) est y ajouté. Ce réactif permet l'arrêt de l'hydrolyse et le dosage simultané du maltose formé. Le dosage a été fait au spectrophotomètre à une longueur d'onde  $\lambda = 530\text{nm}$ .

L'activité est exprimée en mg/g.MF/t. Le dosage de l'activité des  $\alpha$ -amylases s'est produit par inactivation des  $\alpha$ -amylases (Guglielminetti *et al.*, 1995).

L'extrait enzymatique (extrait A) est chauffé à 93°C pendant 5 min. La même manipulation que le dosage de l'activité totale des amylases est employée dans ce cas.

### **I.6.1.3. Réalisation de la courbe d'étalonnage des amylases**

La réduction en milieu alcalin de l'acide 3-5 dinitrosalicylique par le maltose, provoque une coloration orangée dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en glucide.

A partir d'une solution mère de maltose (1g/l) on réalise dans les tubes à essai une gamme étalon dans du tampon acétate (acide acétique, acétate de sodium et CaCl<sub>2</sub>, 10mM, pH 4.8) à des dilutions de 1/10,1/5,1/3,1/2 atteignant un volume final de 1ml. On prélève 0.5ml de chaque dilution dans des tubes à essai, à lequel on ajoute 0.5ml de réactif, constitué de 35ml NaOH (2N) ,0.5 g l'acide 3-5 dinitrosalicylique, 15g de tartrate K/Na et 50ml d'eau distillée. L'ensemble est mélangé délicatement. Les tubes sont placés dans un bain marie bouillant pendant 15mn, ensuite on les laisse refroidir. Le dosage est effectué par un spectrophotomètre à une longueur d'onde d'absorption de  $\lambda = 530\text{nm}$ . L'activité totale des amylases et celle des  $\alpha$ -amylases est exprimée en  $\mu\text{mol}/\text{min}$ .

### **I.7. Traitement et analyse statistique**

Tous les essais de l'expérience ont été répétés trois fois. Les groupes homogènes ont été réalisés par le logiciel « **Excel STAT 2014** » en utilisant le test de **Newman-Keuls** et le test de **Bonferroni**.



# *Résultats et Discussion*

## Résultats et Discussion

### II. Résultats

#### II.1. Le taux d'imbibition

La figure (N°10) montre une diminution du taux d'imbibition des graines dans les trois niveaux de stress salin, par rapport au témoin (0g/l), à chaque fois que la concentration en NaCl augmente, la quantité d'eau absorbée, par les graines diminue chez les deux génotypes GTA et Vit.

On remarque que le génotype GTA présente une bonne tolérance au sel avec une moyenne de 2,571, le génotype Vit est le plus sensible, elle représente une moyenne de 2,418.

L'analyse de la variance, le test de Bonfferoni et Newman keuls, au seuil ( $\alpha= 5\%$ ), révèle l'existence de deux groupe homogènes A et B pour le facteur sel (tableau N°06), pour le facteur génome ce test donne aussi deux groupe homogènes différents A et B (tableau N°07).

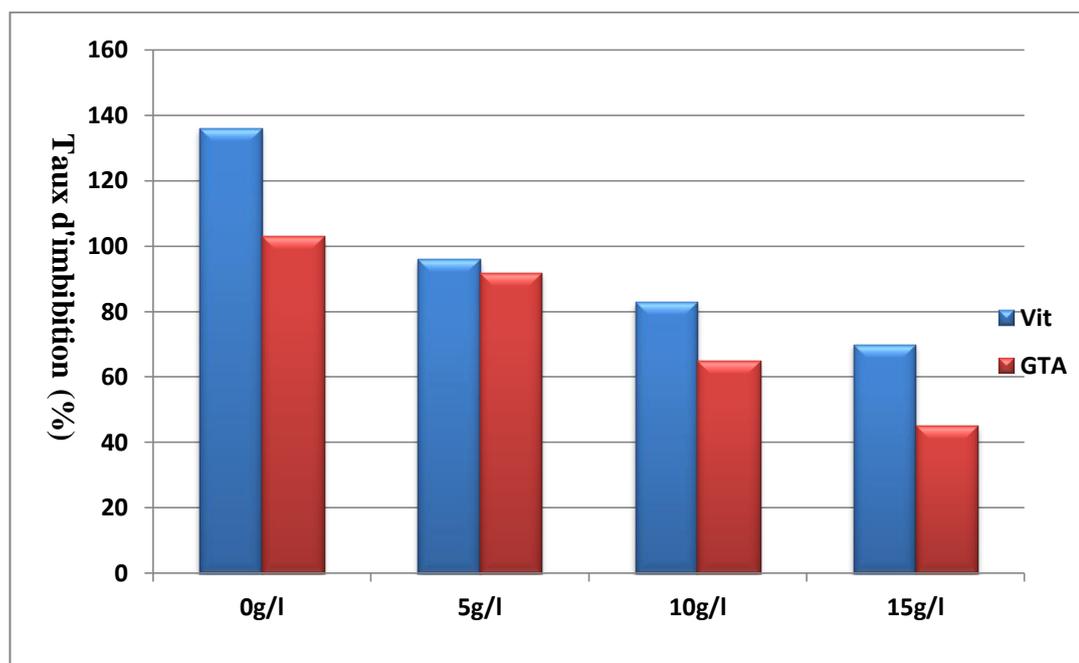
**Tableau 06 :** Effet du facteur sel sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
15g/l	2,311	A	
10g/l	2,422	A	
5g/l	2,482	A	
0g/l	2,763		B

**Tableau 07 :** Effet du facteur génotype sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
Vit	2,418	A	
GTA	2,571		B

## Résultats et Discussion



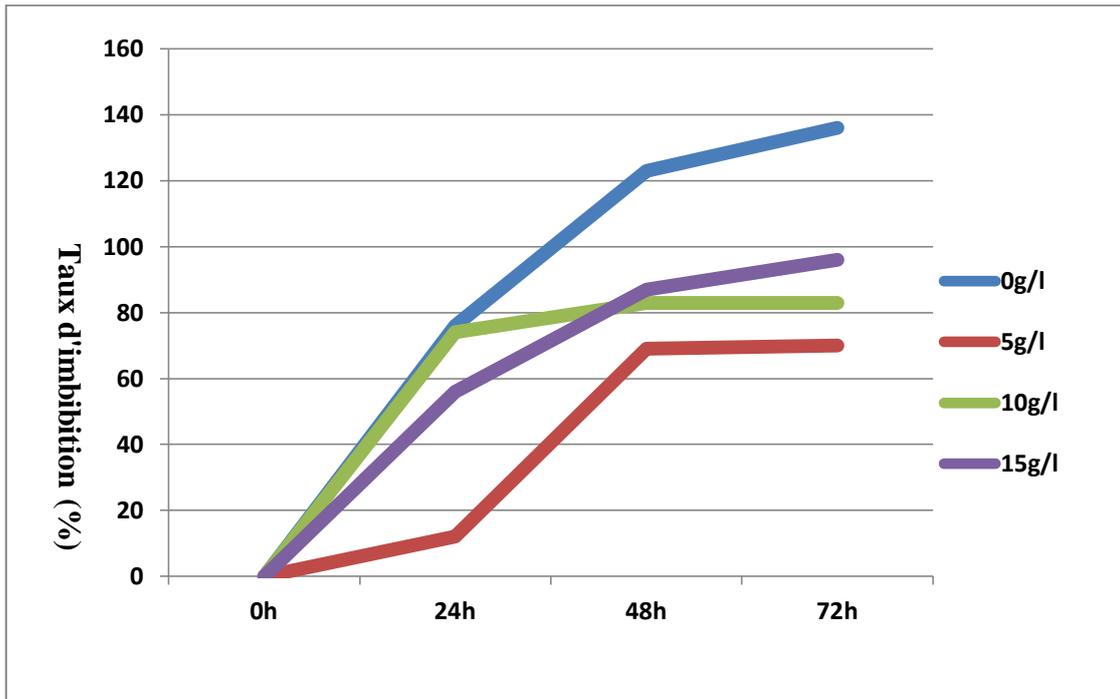
**Figure N°10 :** Evolution du taux d'imbibition (%) chez deux génotypes de blé dur (Vit-GTA) mise en germination dans les milieux salins (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).

Pour le facteur temps, le taux d'imbibition présente une absorption maximale à 48h et 72h pour les quatre traitements (0, 5, 10 et 15 g/l) chez les deux génotypes GTA et Vit (figure N°11 et 12), le tableau (N°08) montre l'existence de trois groupes homogènes A, B et C.

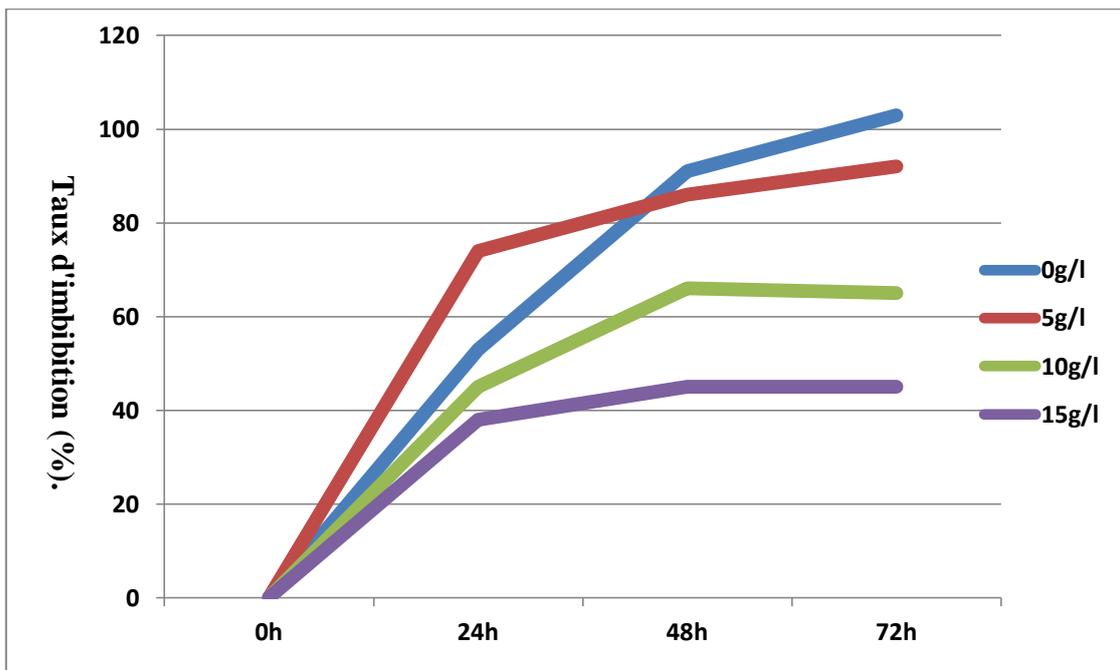
**Tableaux N°08 :** Effet du facteur temps sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
0h	1,600	A		
24h	2,546		B	
48h	2,839			C
72h	2,993			C

## Résultats et Discussion



**Figure N°11 :** Evolution du taux d'imbibition au cours du temps chez la variété Vit mise en germination dans les milieux salins (0 g/l, 5 g/l, 10 g/l et 15 g/l).



**Figure N°12 :** Evolution du taux d'imbibition au cours du temps chez la variété GTA mise en germination dans les milieux salins (0 g/l, 5 g/l, 10 g/l et 15 g/l).

## Résultats et Discussion

### II.2. Taux de germination

Le taux de germination, exprimé par le pourcentage des graines germées par rapport au lot de départ, a été évalué après 72h (Figure N°13).

Bien qu'il ne reflète pas intégralement le comportement des plantes dans leurs conditions naturelles, le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des capacités germinative des graines stressées est réduit comparativement au témoin (103% pour GTA et 96% pour Vit) et ceci pour les trois concentrations utilisées (5g/l, 10g/l et 15g/l).

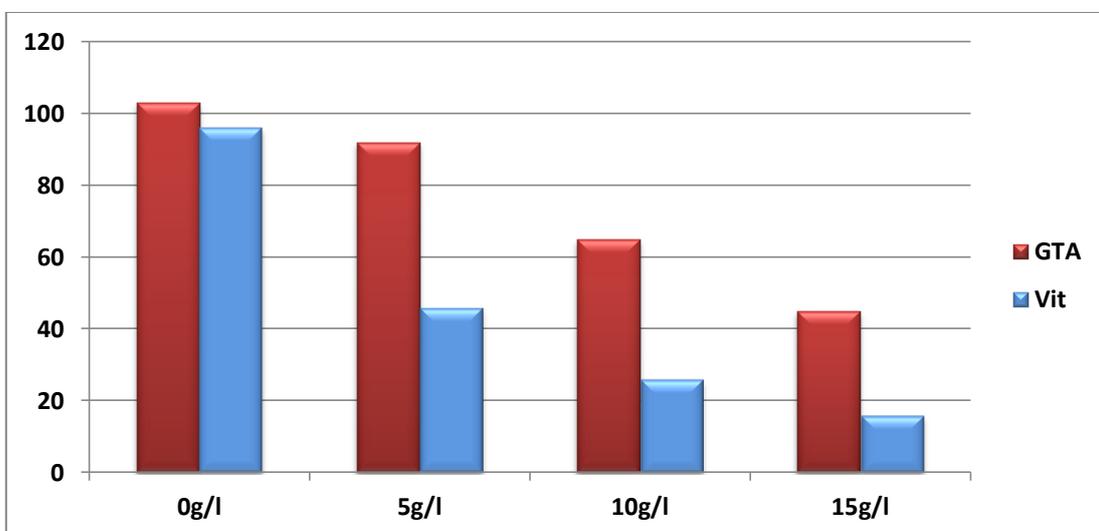
A l'échelle du traitement mené à (5g/l), le taux le plus élevé est détenu par le génotype GTA dur (92%). A l'opposé, le génotype Vit a inscrit le taux le plus faible (46%)

A un potentiel osmotique de (10g/l), l'intervalle des valeurs inscrites sont délimitées par (65%) donnée par GTA et (26%) par Vit.

A l'échelle du (15g/l), le taux de germination des graines est fortement influencé par l'augmentation du sel. Le taux le plus élevé est enregistré par les génotypes GTA (45%), tandis que la plus faible valeur est détenue par le génotype Vit (16%).

D'après les résultats obtenus, on distingue que le taux de germination diminue avec l'augmentation du stress.

En revanche, les génotypes montrent une sensibilité au sel, particulièrement le génotype Vit qui marque un taux de germination plus faible que celui de GTA dur.



**Figure N°13 :** Evolution du taux de germination (%) chez deux génotypes de blé dur (Vit-GTA) mis en germination dans les milieux salin (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l).

## Résultats et Discussion

### II.3. La longueur de la coléoptile

Les résultats de la figure (N°14), indique que la longueur de la coléoptile diminue avec l'augmentation du stress salin, ainsi les plus longues coléoptiles sont enregistrées au niveau du traitement témoins (0g/l), avec une valeur de (2,3cm) marqué pour la variété GTA dur et (2cm) pour le génotype Vit.

Pour le facteur génotype, le stress salin affecte sérieusement les deux génotypes de blé dur testés (GTA et Vit), de la même façon. D'après nos résultats, il y a une différence non significative entre les deux génotypes concernant la croissance évalués pendant la germination.

La confirmation de ces derniers est représentée par les différents groupes homogènes dans les tableaux (N° 09-10) issus de l'analyse statistique suivant le test de Bonferrouni et Newmam keuls.

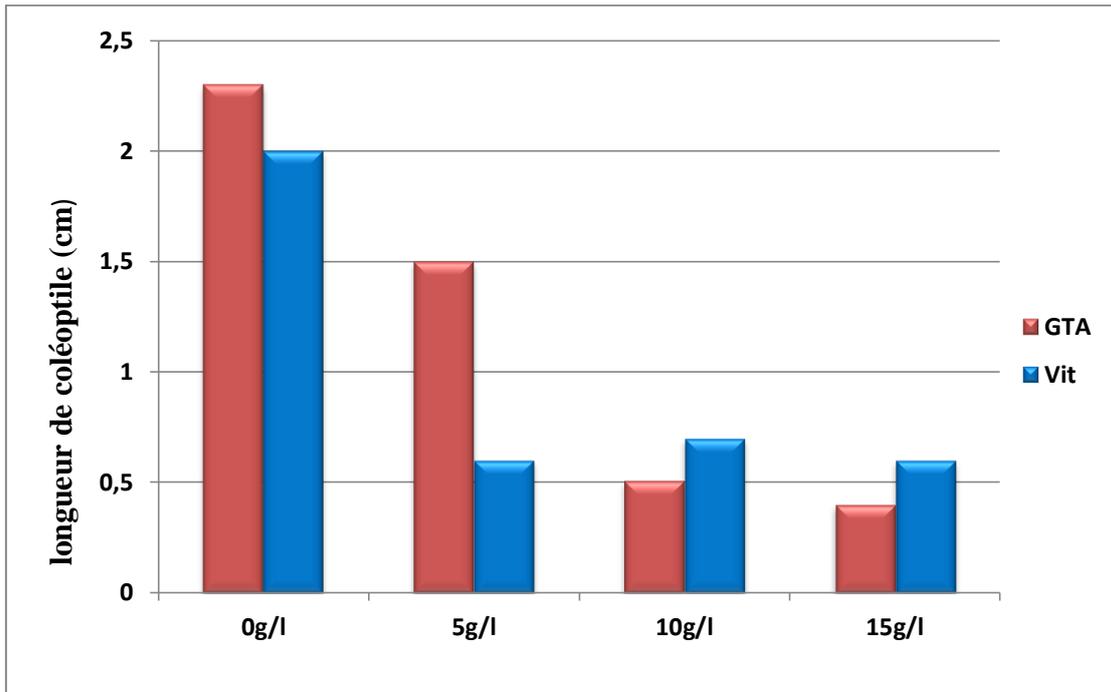
**Tableau N°09 :** Effet du facteur sel sur la longueur de coléoptile chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
15g/l	0,204	A	
10g/l	0,229	A	
5g/l	0,579		B
0g/l	0,866		B

**Tableau 10 :** Effet du facteur génotype sur la longueur de la coléoptile des génotypes (GTA-Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Vit	0,463	A
GTA	0,476	A

## *Résultats et Discussion*



**Figure N°14 :** Evolution de la longueur de la coléoptile (cm) chez deux génotypes de blé (Vit-GTA) mise en germination dans les milieux (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l).

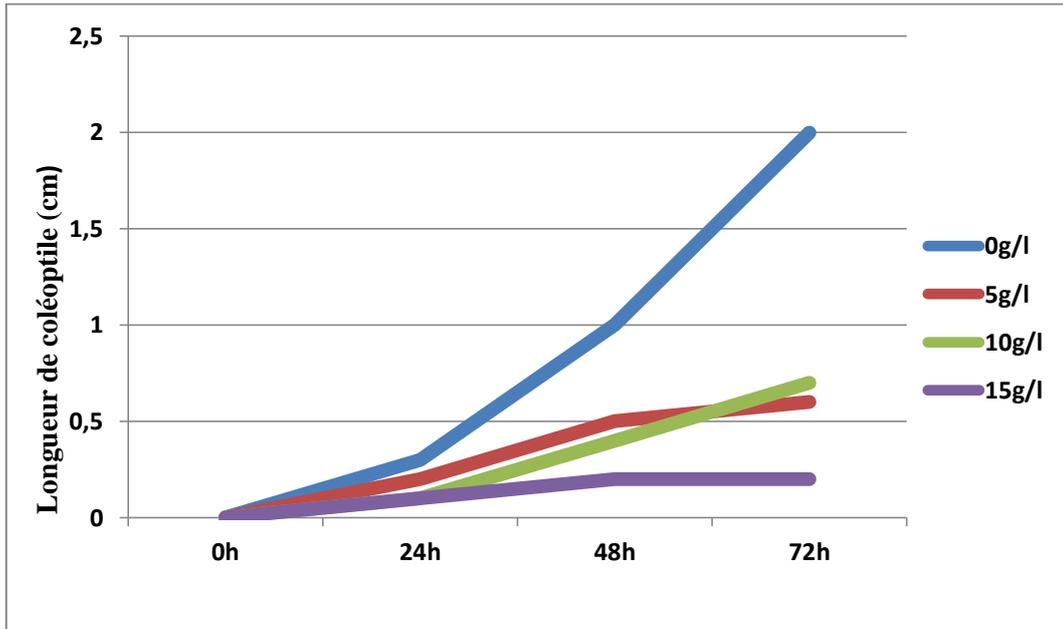
A propos du facteur temps, la longueur de la coléoptile présente une valeur maximale à 72h chez les quatre traitements (0, 5,10 et15 g/l) pour les deux génotypes GTA et Vit (figure N°15-16), le tableau (N°11) fait ressortir trois groupes homogènes A, B et C, dont la valeur maximal est représentée par le groupe C avec une moyenne de 1,205 cm à 72h suivit par un groupe B avec une moyenne de 0,505 cm à 48h.

Le groupe A rassemble les temps 0h et 24h avec des moyens minimales (0,00 cm et 0,168 cm) respectivement, le groupe B présente 48h mais le 3<sup>ème</sup> groupe rassemble 72h.

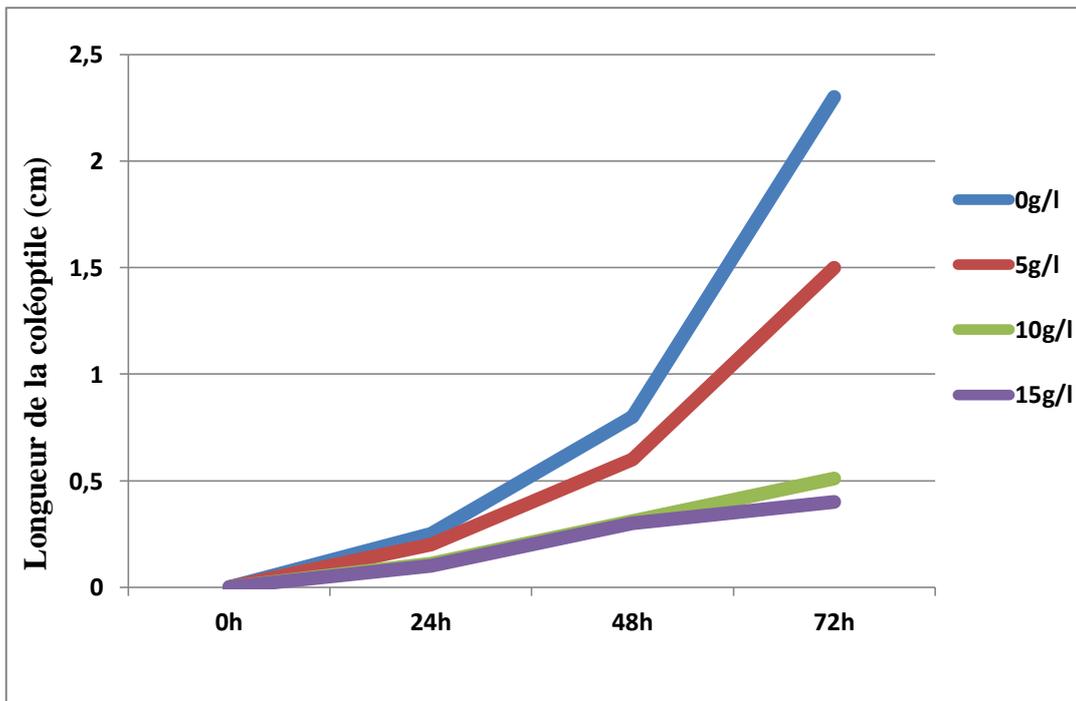
**Tableaux N°11 :** Effet du facteur temps sur la longueur de la coléoptile chez les deux génotypes (GTA- Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
0h	0,000	A		
24h	0,168	A		
48h	0,505		B	
72h	1,205			C

## Résultats et Discussion



**Figure N°15 :** Evolution de la longueur de la coléoptile au cours du temps chez la variété Vit mise en germination dans les milieux salins (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l).



**Figure N°16 :** Evolution de la longueur de la coléoptile au cours du temps chez la variété GTA mise en germination dans les milieux salins (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l).

## Résultats et Discussion

### II.4. La longueur de la racicule

Pour la longueur de la racicule l'analyse de la variance, le test de Bonferroni et Newman-Keuls fait ressortir les résultats dans les tableaux (N°12-13).

Concernant le stress salin la différence entre les différents niveaux est significative d'où la formation de trois groupes homogènes. Le groupe A, représente la longueur de la racicule pour le milieu 15g/l avec une valeur minimale 0,254 cm .Le groupe B pour les niveaux de stress 10g/l et 5g/l avec des moyennes 0,729 cm et 1,154 cm respectivement. Le groupe C pour la moyenne maximale 1,704 cm par rapport aux autre et qui représente le témoin 0g/l.

Si on parle de l'effet du génotype sur la longueur de la racicule, les résultats statistiques confirment que la différence entre les deux génotypes demeure non significative d'où la formation d'un seul groupe homogène A.

Suivant ces résultats, on remarque que la longueur de la racicule diminue au fur est à mesure que le stress augmente et au cours du temps chez les deux génotypes presque de la même manière (figure N°17).

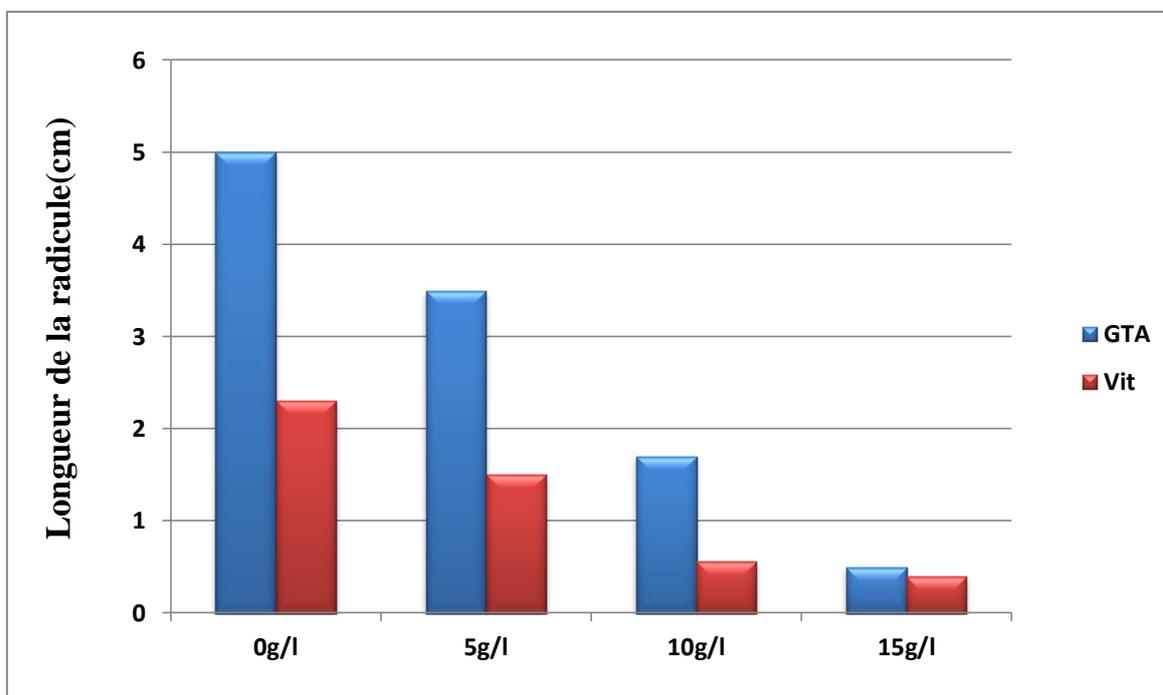
**Tableau 12 :** Effet du facteur sel sur la longueur de racicule de deux génotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des milieux de stress différents (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de Na Cl).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
15g/l	0,254	A		
10g/l	0,729		B	
5g/l	1,154		B	
0g/l	1,704			C

## Résultats et Discussion

**Tableau 13 :** Effet du facteur génotype sur la longueur de la racine de deux génotypes (GTA-Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Vit	0,923	A
GTA	0,998	A



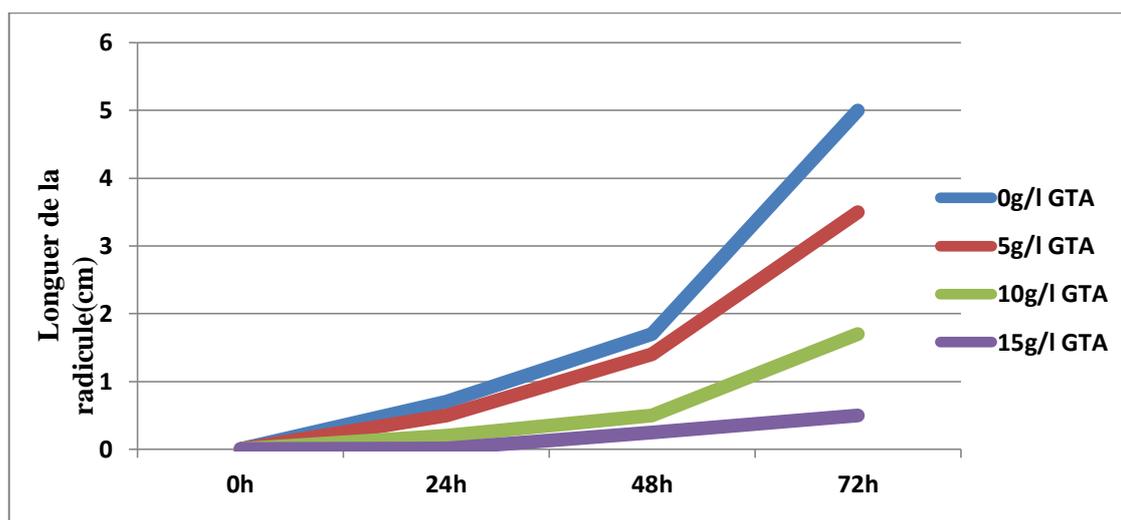
**Figure N°17 :** Evolution de la longueur de la racicule (cm) chez deux génotypes de blé dur (Vit-GTA) mises en germination dans les différents milieux salins (0, 5, 10 et 15g/l de NaCl).

Le facteur temps affecte d'une manière significative la longueur de la racicule des deux génotypes dans les quatre milieux salins (Figure N°18-19), le tableau N°14 d'après les tests statistiques effectués fait ressortir trois groupes homogènes dont la longueur maximale est enregistrée à 72h avec une moyenne de 2,418 cm pour le groupe C suivi par une moyenne de 1,093 cm pour le groupe B à 48h et le dernier groupe A avec les moyennes minimales (0,00 cm et 0,330 cm) à 0h et 24h respectivement.

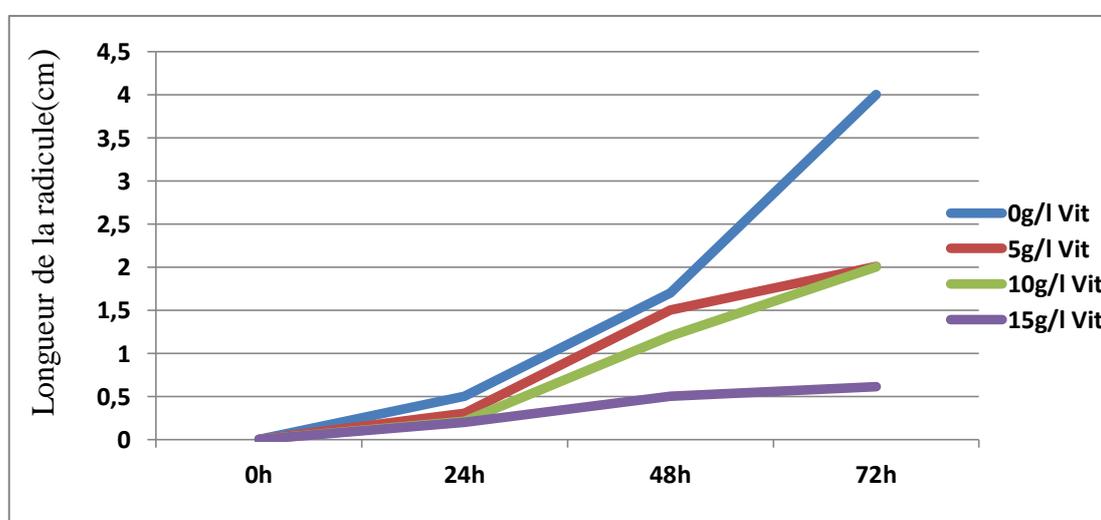
## Résultats et Discussion

**Tableau 14 :** Effet du facteur temps sur la longueur de la racicule de deux géotypes (GTA-Vit).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
0h	0,000	A		
24h	0,330	A		
48h	1,093		B	
72h	2,418			C



**Figure N°18 :** Evaluation de la longueur de la racicule (cm) au cours du temps chez la variété GTA mise en germination dans des milieux salins différents (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l).



**Figure N°19 :** Evolution de la longueur de la racicule au cours du temps chez le géotype Vit mise en germination dans les milieux salins différents (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l).

## Résultats et Discussion

### II.5. L'activité des $\alpha$ -amylases

Le travail représenté dans cette partie de l'étude se repose sur le processus de la dégradation des polysaccharides des graines mises en germination dans des différents milieux salin. Quatre temps sont choisis pour définir la synthèse et la fonctionnalité de ces enzymes, 0h, 24h, 48h et 72 heures de mises en germination des graines de deux génotypes étudiés (GTA et Vit).

L'activité d' $\alpha$ -amylase atteint le maximum pendant 48h avec une moyenne 0,293 (mg/g.MF/t), cette activité diminue considérablement au le temps 72h avec une moyenne de 0.195 (mg/g.MF/t), tandis que l'activité est nulle pour le 0h et 24h.

Nos résultats, d'analyse de la variance confirment se déséquilibre d'activité des amylases qui fait distinguer trois groupes homogènes (Figure N°20) (Tableau N°15).

La figure N°21 montre, que le facteur génotype affecte l'activité qui montre une augmentation chez le génotype Vit par rapport au génotype GTA, mais la différence entre les deux génotypes demeure non significative le tableau N°16 confirme nos résultats, d'où la formation d'un seul groupe homogène A avec des moyennes 0,106 mg/g.MF/t et 0,138 mg/g.MF/t pour GTA et Vit respectivement.

Le facteur sel cause un déséquilibre d'activité amylasique (Figure N°22) mais le test de Bonferroni et Newman-Kauls confirme que la différence entre les deux génotypes, les quatres milieux salins reste non significative et les résultats sont regroupés en un seul groupe homogène A (Tableau N°17)

**Tableau 15 :** Effet du facteur temps sur la l'activité de l' $\alpha$ -amylase des deux génotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des milieux de stress différents (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
24h	0,000	A		
0h	0,000	A		
72h	0,195		B	
48h	0,293			C

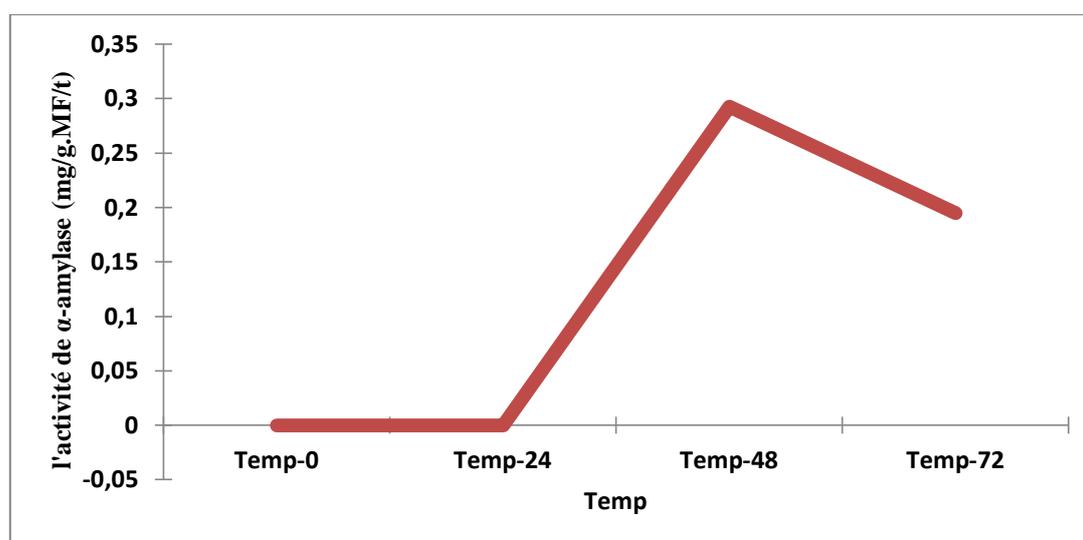
## **Résultats et Discussion**

**Tableau 16 :** Effet du facteur génotype sur l'activité de l' $\alpha$ -amylase des deux génotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des milieux de stress différents (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).

Modalité	Moyenne estimée (l'activité de $\alpha$ -amylase)	Groupes
GTA	0,106	A
Vit	0,138	A

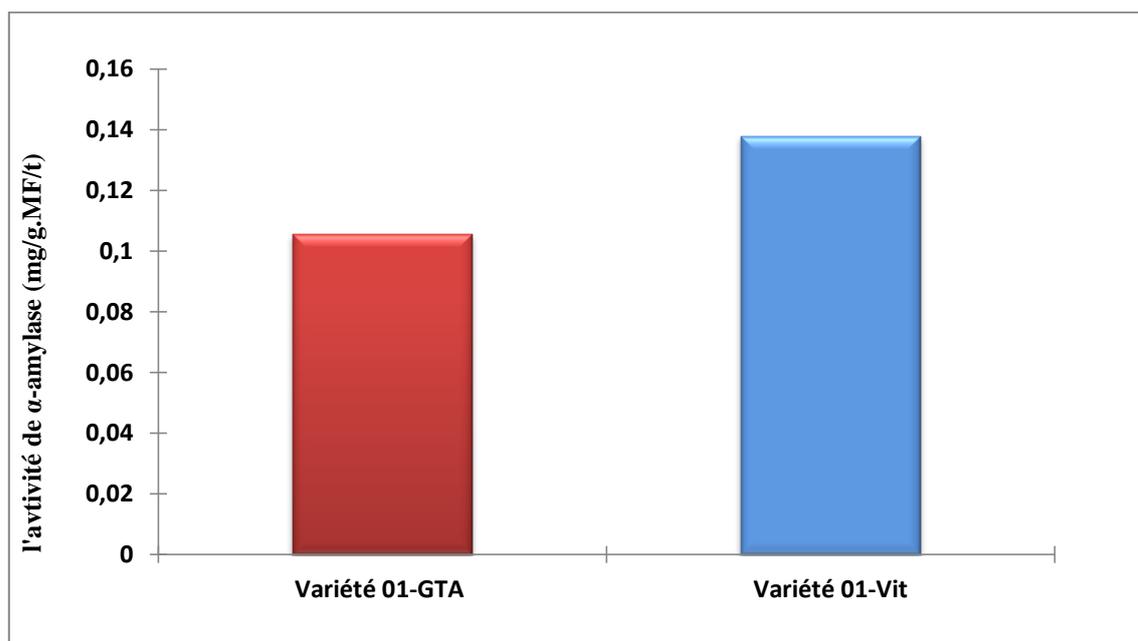
**Tableau 17 :** Effet du facteur sel sur l'activité de l' $\alpha$ -amylase des deux génotypes (GTA-Vit) mises en germination dans des milieux de stress différents (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
10g /l	0,102	A
0g/l	0,103	A
5g/l	0,141	A
15g/l	0,142	A

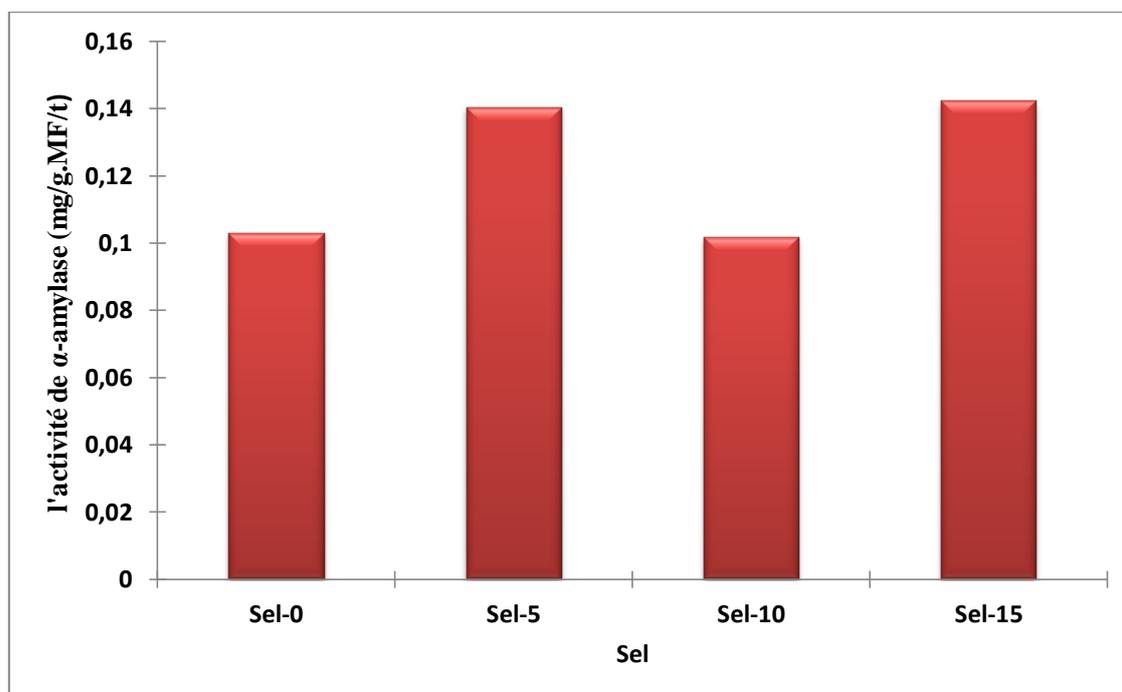


**Figure N°20 :** Evolution de l'hydrolyse de l'amidon en maltose chez les deux génotypes (GTA et Vit) en fonction du facteur temps mise en germination dans des différents milieux salins (0g/l, 5g/l, 10g/l, 15g/l).

## Résultats et Discussion



**Figure N°21 :** Evolution de l'hydrolyse de l'amidon en maltose chez les deux génotypes (GTA et Vit) en fonction du facteur génotype mise en germination dans des différents milieux salins (0g/l, 5g/l, 10g/l, 15g/l).



**Figure N°22:** Evolution de l'hydrolyse de l'amidon en maltose chez les deux génotypes (GTA et Vit) en fonction du sel mise en germination dans des différents milieux salins (0g/l, 5g/l, 10g/l, 15g/l).

### **III. Discussion**

La salinité est de plus en plus un facteur limitant dans de nombreux domaines de la production agricole et elle est parmi les facteurs environnementaux les plus importants qui limitent la productivité des cultures à travers le monde. Globalement, on a trouvé dans cette étude que la salinité joue un rôle néfaste sur les différents paramètres chez les deux génotypes étudiés (GTA et Vit).

Ces effets négatifs du sel sont généralement considérés sous trois aspects :

- L'aspect osmotique qui a eu la prépondérance des études et qui se traduit par une moindre disponibilité en eau pour les grains mises en germination.
- L'aspect ionique et la toxicité des ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> qui ont un effet néfaste sur les structures membranaires.
- Le déséquilibre nutritionnel causé par les quantités excessives de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> et qui empêchent certains ions essentiels d'être prélevés tels que K<sup>+</sup>.

La germination des graines constitue l'une des étapes fondamentales dans la croissance et le développement des plantes.

La première étape de la germination est l'absorption d'eau et la réhydratation des tissus de la graine par un processus appelé imbibition (Hopkins, 2003 ; Alei *et al.*, 2010 ; Dov, 1972).

Selon Almansouri *et al.* (2001), la prise d'eau par la graine dépend du potentiel hydrique de la solution de germination. L'absorption d'eau n'a lieu que si la valeur du potentiel hydrique des tissus constituant la graine, est inférieure à celui exprimée par le milieu de germination.

Pour notre travail l'effet nuisible de la NaCl se traduit par une réduction remarquable de taux d'imbibition, le taux de germination, la longueur de la radicule et de la coléoptile surtout dans les milieux 10g/l et 15g/l par rapport au témoin chez les deux génotypes (GTA et Vit) de blé dur avec l'augmentation de la concentration salin. Ce constat est similaire au ceux de Ouerghi Abidi et Ayadi (1991) sur le blé et le maïs, Mansour *et al.* (1993) sur *Triticum aestivum* L., Houchi et Coudret (1994) sur les triticales et par El Mekkaoui *et al.* (1994) sur *Triticum durum* Desf, et *Hordeum vulgare* L. Ces paramètres sont les plus sensibles, aux stades germination.

La diminution de la croissance de la radicule et de la coléoptile observée chez les graines de blé dur peut être expliquée par le fait que le NaCl agit par augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système

## ***Résultats et Discussion***

---

racinaire. Ceci entraîne, par conséquent, une réduction de la croissance qui est le résultat, au niveau cellulaire, d'une baisse du nombre de divisions cellulaires (Benamar, 2009).

Concernant les  $\alpha$ -amylases, suite à l'essai mené dans l'intention d'évaluer les effets osmotiques et toxiques du NaCl sur l'activité des enzymes, il est ressortit que ces effets et à ces concentrations sont de très faibles influences. Ainsi l'activité des enzymes dans des milieux additionnés de différentes concentrations de NaCl se déroule indifféremment de ces concentrations. Il en ressort de ces résultats qu'aux concentrations appliquées, le NaCl n'a eu aucune influence sur l'activité des  $\alpha$ -amylase extraites des graines des deux génotypes de blé dur en germination.

Nos résultats traduisent une accumulation des sucres simples dans les milieux à faible potentiel osmotique chez les deux génotypes testés.

Ces propos se confirment par les travaux de Come et Corbineau (1998), Zerrad et al. (2006) qui démontrent qu'en conditions de stress osmotique les graines en germination utilisent les sucres simples par l'activité des amylases en tant qu'osmoticums régulant leur potentiel osmotique et protégeant leurs structures. L'abaissement du potentiel hydrique peut être aussi attribué à des différences non significatives entre les deux génotypes dans le pouvoir d'accumulation des métabolites et de l'ajustement osmotique pour le maintien de la turgescence cellulaire et les activités physiologiques des graines et induirait certainement une inhibition dans le processus d'organisation des structures responsables de la percée des radicules. Ces propos se confirment par les résultats obtenus en évaluant la longueur des radicules ultérieurement dans le processus de germination.

Dans la situation où le stress salin est appliqué dans le milieu de germination, la période de mise en germination affecte l'activité des ces enzymes. Effectivement, l'activité des enzymes augmente au cours du temps de germination. Cette activité s'avère plus important après 48heurs. Ces résultats se confirment par les travaux de Huma et al (2003) qui, en comparante l'activité globale des enzymes des graines de blé et d'haricot.

A notre avis, dans cette période les graines ont absorbé la quantité d'eau suffisante pour le déclenchement du métabolisme. La diminution de l'activité pendant 72h nous indique que la germination est presque achevé, tandis qu'elle est nulle durant les temps 0h et 24h parce que cette phase est considérée comme phase d'imbibition. Ces résultats se confirment à travers les travaux de Sivaramakrishnan et al (2006), qui démontrent que la

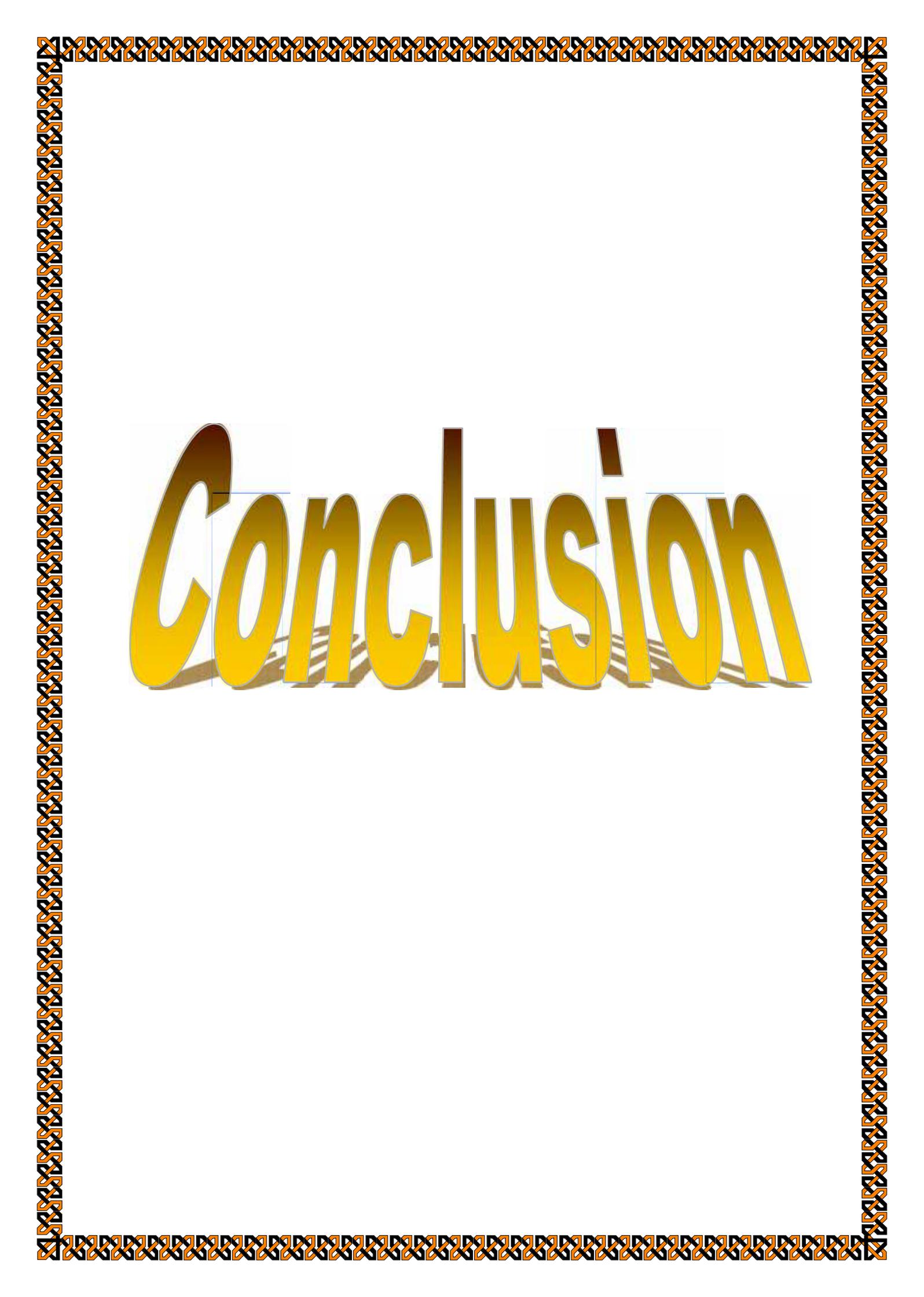
## ***Résultats et Discussion***

---

contrainte saline par application du NaCl ou du CaCl<sub>2</sub> favorise la synthèse et l'activité de ces enzymes.

Selon les analyses obtenues le génotype GTA qui se montre le plus tolérant que le génotype Vit. Les objectifs établis de la réalisation des essais des génotypes utilisés dans les différentes expérimentations de laboratoire, se rapportent essentiellement à une évaluation de leur sensibilité aux variations de l'alimentation hydrique et leurs modes d'élaboration de la qualité des graines.

Les résultats obtenus démontrent que l'ensemble des paramètres retenus ont enregistré des réductions de grandeurs imposées par une quelconque réduction des niveaux d'alimentation hydrique. Ainsi, la longueur de la racine, la longueur de la coléoptile et le poids final du grain, se montrent les plus sensibles aux variations des régimes hydriques adoptés. Ces résultats montrent la sensibilité du blé dur vis-à-vis de stress salin du milieu. Tompkins et *al.*, (1991) ; Khazada et *al.*, (2001) ; Qadir et *al.*, (1999) ; Thakur et Rai (1982) et Khan et *al.*, (2005) ont signalé que le stress salin au cours du développement végétatif et reproducteur provoque une réduction significative du nombre de graine de blé germé et une diminution de poids des graines.



# Conclusion

### Conclusion :

Cette étude est réalisée aux différentes concentrations de chlorure de sodium (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l de NaCl) dans le but de déterminer l'effet du stress salin sur les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques précises dans cette expérience (taux de germination, taux d'imbibition, la longueur de la radicule et de la coléoptile, mesure de l'activité  $\alpha$ -amylase).

Ainsi, il a été constaté que la réponse au stress salin chez les deux génotypes de blé dur (GTA et Vit) testés révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress salin est bien marqué entre les génotypes témoins et stressés, il provoque une diminution de taux moyen de germination à des fortes doses. Toutefois les deux génotypes sont sensibles à la salinité.

L'effet de la salinité sur la germination, se situe à plusieurs niveaux. En abaissant le potentiel hydrique de la germination, elle constitue un obstacle empêchant l'imbibition des graines, et diminuant le taux de germination.

Concernant la longueur de la radicule qui dans une première étape de la germination repose essentiellement sur la croissance cellulaire affectant les cellules méristématiques seraient dans ces conditions expliquées par l'inhibition de l'intensité de prise par les graines en germination et soumises au stress.

Cependant l'activité des  $\alpha$ -amylases n'est pas affectée par le stress salin au cours de la germination, les résultats obtenus confirment que l'activité amylasique la plus importante pendant 48h, c'est la phase d'imbibition les graines ont absorbé une quantité d'eau suffisante pour le déclenchement du métabolisme chez les deux génotypes étudiés, leur activité maximale reste dépendante du facteur temps.

En fin, l'étude a montré que les deux génotypes étudiés ont utilisés les mêmes stratégies de la réponse au stress salin mais avec des fréquences différentes. Le génotype, GTA, est plus tolérant que le Vit. De ce fait, ce dernier critère peut être considéré comme paramètre de sélection et d'amélioration du rendement de blé dur (*Triticum durum*) dans les régions semi-aride.



# *Referéncias Bibliográficas*



### Références bibliographiques :

- **Abdely C., Ozturk M., Ashraf M. ET Grignon C., 2008:** Bio saline Agriculture and High Salinity Tolerance. (Ed) Birkhausen verlag /L Swizerland, Vol. 367 P.102 illus.
- **Adrian et Rabache., 1996 :** Caractéristique et intérêt des enzymes. Revue de l'apic industries des céréales.
- **Alei M., Zaefizadeh M., Khayatnezhad M., Alaei Z. and Alaei Y., 2010.** Evaluation of Germination Properties of Different Durum Wheat Genotypes under Osmotic Stress .Islamic Azad University-Ardabil Branch, Ardabil, Iran. Middle-East Journal of Scientific Research. Vol. 6, N°6, P: 642-646.
- **Alem C., Amria., 2005 :** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Reviews in Biology and Biotechnology, Vol. 4, N°1.P: 20- 31.
- **Ali F.S. and Abdel Moneim A.A. (1989).** Effect of chemicals on fungal  $\alpha$ -amylase activity. Zentralbl Microbiology., Vol. 114, N°8, p: 623-628.
- **Ape K., Hirt H., 2004:** Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal Transduction. Annu. Rev. Plant Biol., Vol. 55, p: 373-399.
- **Armand B., Germain M., 1992:** Le blé éléments fondamentaux et transformation, p : 3.
- **Asloum H., 1990.** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum L*) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis. P : 24- 32.
- **Autran J., 1996.** Le grain de blé composition et utilisation, P : 23-24.
- **Bada, N. (2007)** Variabilité génotypique du blé dur (*Triticum durum* Desf) vis-à-vis de la nuisibilité directe du brome (*Bromus rubens L*) en conditions semi aride. Thèse de Magistère en biologie végétale ? I.S.N. Université d'Annaba, 120 p.
- **Badot R.M. et Merlin D., 1984.** Métabolisme énergétique et mouvement révolatif chez le haricot (*Phaseolus vulgaris*). Ann. Science. Uni. Franche-Comté, Biology .Végétale, Vol 4, p : 7-12.
- **Baidze D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. 2<sup>ème</sup> édition. Institut National de la Recherche Agronomique, P : 206- 207

- **Barroco R M., Vanpoucke K., Bergervoet J. H. W., De veylder L., Groot S. P. C., Inze D. et Engler G. 2005** : The role of the cell cycle machinery in resumption of postembryonic development. *Plant Physiology*. Vol. 137.P:127-140.
- **Bartels D. ET Nelson D., 1994.** Approaches to improve stress tolerance using molecular genetics. *Plant Cell Envir.*Vol 17.P: 659-667.
- **Bayuelo-Jiménez J. S., Graig R. and Lynch J.P., 2002.** Salinity tolerance of phaseolus species during germination and early seedling growth. *Crop Science*. Vol .42 .P : 1584-1594.
- **Belaid D., 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications.
- **Belkhodja M., Bidai Y., 2004.** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L à la salinité au stade de la germination .*Sécheresse*, Vol.15, N°4.P :331-335.
- **Benamar B, 2009** : Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). *Comptes Rendus Biologies*, 332, 752-758. 62: 89-93 p.
- **Bertheau Y., Kotoujansky A. et Colenoa A, 1985.** Sources actuelles et potentielles d'enzymes d'hémolyses et de dépolymérisation. In : Mou ranche A. et Coste C. (Ed) : *Hydrolyses et dépolymérase enzymes, d'intérêt industriel*. Ed. Gautier-Villard. p : 47-108.
- **Berthomieu P., Conejero G., Nublait A., Brachenbury W.J., Lambert C., SAVIO C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F.,Gostif., Simonneau T., Essah P.A. , Tester M.,Very A.A., Sentenac H., Cassef., 2003.** Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na<sup>+</sup> recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal*, Vol. 22.P: 2004- 2014.
- **Beweley D., 1997.** Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*, Vol 9.P: 1055-1066.
- **Bogard M., 2011.** Analyse génétique et éco physiologique de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thèse. Doctorat. Université d'Auvergne, France, 169p.
- **Bonjean et Picarde., 1990.** Le grain de blé composition et utilisation, 104p.
- **Bonjean A., 2001.** Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, Vol 21.P: 29-37. universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.
- **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. 2 P.

- **Boucokh I., 2010.** Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35
- **Bouda S., Haddioui A., 2011.** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Revue « nature & technologie ». N° 05/juin 2011. P 72-79.
- **Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
- **Bousid S., 2009.** Etude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *phaseolus vulgaris* L Thèse de magister.
- **Buckow R.,Weiss ., Heinz V et Knor R ., 2006.** Stability and catalytic activity of -amylase from Barley Malt at different pressure temperature conditions, biotechnology and bioenergy. Vol 7, N° 01.
- **Celement, J.M., 1981.** Larousse agricole. Edition : S.P.A.D.E.M. et .A.D.A.G.P. Paris Vol. 177, N° 1032, P : 171- 174.
- **Charles A, Guy L et Laurent M., 2003.** Biochimie alimentaire, 5<sup>ème</sup> édition de l'abrégé.Dunod, Paris.
- **Chatterton J-R. Vogel songK-M. Lu Y- Ellman A-B. et Hudgens G. A., 1996.** Salivary - amylase as a measure of endogenous adrenergic activity. *Clin. Physiol. J.* Vol 16, N° 4, p: 344-348.
- **Costes C., 1982.** Les enzymes ; Production et utilisations industrielles. Bordas, Paris. p: 37- 195.
- **Come D., 1982.** Les obstacles à la germination. Collection « monographie et physiologie végétale ». Masson. Paris, 162p.
- **Come D. et Corbineau F., 1998.** Semences et germination. In "Croissance et développement. Physiologie végétale II". Hermann, Paris : 185-313.
- **Chaussat R., 1999.** Productions végétales : croissance et développement des plantes. Ed., P: 1-6.
- **Clerget Y., 2011.** Biodiversité des céréales : Origine et évolution. Montbéliard. 17p.
- **Cook J., JohnsonV.A, Allan R. E., 1991.** Le blé. In: Greef .M.W. (E d s). Méthodes traditionnelles de sélection des plantes: un aperçue historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développement économiques, Belgique, p : 27-38.

- **Cruz et al., 1988.** Conservation des graines en région chaudes 2<sup>ème</sup> édition.
- **Dov K., 1972.** Environmental control of seed germination. 101p.
- **Egas M.C., Da Cota M.S., Cowman D.A, and Pires E.M., 1998.** Extracellular – amylase from *Thermus filiformis* ork A2: purification and biochemical characterisation. *Extremophiles*. Vol 2 N°1, p: 23-32.
- **Elaine R.R., 1976.** Ribonucleic acid synthesis during wheat germination. Ed. University of Wisconsin. 64p.
- **El Mekkaoui M., Agbani M. & Monneveux P. (1994)** Rôle de la sélectivité *K/Na* et de l'accumulation de proline dans l'adaptation à la salinité de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) et du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Actes Institut. Agronomique. Vétérinaire (Maroc).Vol 14, N° 2, P : 27-36
- **Emillie., 2007.** Connaissance des aliments Base alimentaire et nationales de la dététique, ED, Tec et Doc, Lavoisier, paris.
- **Epstein E., Norlyne J.D., Rush D.W., Kingsbury R. W., Kelly D.B., Cunningham G.A. et Wrona A.F., 1980.** Saline culture of crops: a genetic approach. *Science* N° 210.P: 399-404.
- **Ewart E., 1902.**Communication du Comité d'Experts C. E. E.
- **Feillet P., 2000.** Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN.P: 1144-7605.
- **Feillet P., 2000.** Le grain de blé composition et utilisation.1<sup>ère</sup> édition. INRA .Paris, 303p.
- **Feldmen M., 2001.** Origin of cultivated wheat. Dans Bonjean A.P. and Angus W.J. (Ed). *The world wheat Book: a history of wheat breeding*. Intercept limited, Andover, Angle Terre. P: 3-58.
- **Flowers T.J., Troke P.F., Yeo A.R., 1977.** The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28, 89–121. Doi: 10.1146/annurev.pp.28.060177.000513
- **Gama P.B.S., Inanaga S., Tanaka K., and Nakazawar., 2007.** Physiological reponse of common bean (*Phaseolus vulgais* L.) seedlings to salinity stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 6. N°2, p : 79-88.
- **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture. Lavoisier, Paris. 429 p.
- **Gate P., Giban M., 2003.** Stades du blé. Ed. ITCF, Paris, 68 p.

- **Godon., 1978.** Matières minérales des grains du blé de la farine, Bulletin des anciens Elèves de l'Ecole Française de Meunerie.
- **Godon, 1982.** Biotransformation des produits céréaliers Tec et Doc, Lavoisier paris.
- **Godon et J.C.Lasseran., 1989.** Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales, Ed, Tec et Doc Lavoisier, paris.
- **Godon et Wilm.C., 1991.** Les industries de première transformation de céréales.
- **Grand voimenet et Partx., 1994.** Les ingrédients des pates, In la panification Français.Ed ; Tec et Doc Lavoisier, paris.
- **Graham T. (1996).** Acid -amylase biochemistry. 2nd Ed., Rat hews & Van Holde, p: 132.
- **Greenway H., Munns R., 1980.** Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol* .Vol. 31, p: 149–190.
- **Guglielminetti L., Yamaguchi J., Perata P. et Alpi A., 1995.** Amylolytic activities in cereal seeds under aerobic and anaerobic conditions. *Plant Physiol*. Vol.109, P: 1069-1076.
- **Guibot A, C Mercier, Gerald O., 1985.** Aspin all éditeur Academic Press inc., Orlando.
- **Habibi A .E., Khajeh K et Nemat-Gorgant M., 2004.** Chemical modification of lysine residues in bacille licheniformis -amylase; conversion of an ando-to an Exo-type Enzyme. *Biochemistry and Biology*. Vol .37, N0, 6; P: 642-647.
- **Hajlaoui H., Denden M. et Bouslama M., 2007.** Etude de la variabilité intra spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, Vol 25. N°3.p: 168-173.
- **Harlanj.R., 1975.** Our vanishing genetics resources. *Science*. Vol. 188, P: 618-621.
- **Hasegawa P.M., Bressan ., R.A., Zhu, J.-K. And Bohnert, H.J., 2000.** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Revue. Plant Physiology. Plant Molecular. Biology*. Vol 51, P: 463-499.
- **He J; Rev; Paiv X; Yan Y ET Jiang D., 2010.** Salicylic acid alleviates the toxicity effect of cadium on germination, seedling growth, and amylase activity of rice. *J. plant nutr. Soil sci*. Vol. 173, P: 300-305.
- **Heiser C. B., 1990.** Seeds to civilization: the story of man's food. Freeman, San Francisco, P: 67-79.
- **Heller R., Esnault R., Lance C., 1998.** Physiologies végétale. Tome1. Nutrition. 6ème édition, DUNOD, P: 134- 135.

- **Heller R., Esnault R et Lance., 2000.** Physiologie végétale II. Développement .édition DUNOD, paris, pp 64, 260.
- **Heller T., 2000.** Physiologie végétale Tome 2, développement éd. N°6 de l'abrégé, p : 250 - 260.
- **Heller R., Esnault R. et Lance C., 2004.** Physiologie végétale II, développement. Ed., Dunod, Paris, Pp. 64-240.
- **Henri D, CuP, Jean- Louis, Malwiak, Marie-Irène et al.** Amidon Alimentation et nutrition humaine. PARIS: ESF éditeur (1992), 127p.
- **Herve Y., 1979.** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.
- **Huma A., Patras A.,Partenie V.et Amagdei P ., 2003** .L'influence de l'herbicide Gramoxone sur l'activité de la catalase dans les grains de blé et de haricot au cours de la germination. G&BM. Tome 4.
- **Hopkins W. G., 2003.** Physiologie végétale traduction de la 2<sup>ème</sup> édition américaine par SERGE RAMBOUR. Révision scientifique de CHARLE MARIE EVRARD .Edition DEBOEK Université, Bruxelles .P : 66-81, P : 237-309, P : 362-514.
- **Hopkins W.G., 2003** – Physiologie végétale – traduction de la 2ed.américane par serge rambour révision scientifique de Charles-Marie Evradr Boeck université. Bruxelles .p :445-460.
- **Houchi R. & Coudret A. (1994)** Essai d'utilisation de l'ajustement osmotique comme critère physiologique pour la sélection variétale de triticales tolérants au chlorure de sodium. Revue. Amélioration. Production. Agronomique. Milieu Aride. Vol 6, P : 99-109.
- **Jabnoue M., 2008-** adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation du transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, université Montpellier II.
- **Jendoubi S. (1997).** Contribution à la caractérisation physiologique et biochimique de parois racinaires.
- **Jung-Ahan, Seung-Taik Lim., 2004.** Carbohydate polymères, Vol. 55(2004), P : 193-199.
- **Kadziola A., Abe J., Svensson B. and Aser R. (1994).** Crystal and molecular structure of Barley -amylase. J. Mol. Biol. Vol 239, p: 104-121.

- **Kaur S., Gupta AK. et Kaur N., 1998.** Gibberellic acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chickpea. *Plant Growth Regulation*. Vol N° 25, P: 29-33.
- **Khanzada S., Ala A., Yasin M., Shirazi M.U., Alam S.M., Ansari R., Ali M., Mukhtiar S.M., et Khan M.A., 2001.** Effect of water stress on yield and yield components of different Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes. *Pak. J. of Biological Sci.* Vol. 4, P: 371-374.
- **Khan A.J., Azam F., ALI A., Tariq M., et Amin M., 2005.** Inter-relationship and path co-efficient analysis for biometric traits in drought tolerant wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian J. Plant Sci.* Vol. 4, P: 540-543.
- **Kessous C, 1993.** Biochimie structural protéines glucides, lipides, acide nucléique Edition : polycopie l'usage des étudiantes du TCSWINA école vétérinaire, Alger.
- **Le Clech B., 2000.** Production végétale. 2<sup>ème</sup> édition. Imprimerie La plante, France, 412p.
- **Leclerc J.C., 1999.** Ecophysiologie végétale – publications université. Saint Etienne p : 188- 235.
- **Lemee G., 1978.** Précis d'écologie végétale. Masson, P : 131- 132
- **Levy G., 1998.** Biologie des plantes cultivées Tome 1. Organisation physiologie de la nutrition 2<sup>ème</sup> édition. Paris.
- **Luttge U., Kluge M., Bauer G., 2002.** Botanique. 3<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc-Lavoisier, P: 439- 450
- **Maillard, J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. 34 p.
- **Mansour M., Stadelmann E. & Lee-Stadelmann O (1993)** Salt acclimatation of *Triticum aestivum* L. by choline chloride: Plant growth, mineral content: and cell permeability. *Plant. Physiology. Biochem.* Vol 31, N° 3, P : 341-348
- **Mazliak, P. (1988)** Physiologie Végétale Tome II Croissance et Développement, p : 177 - 179.
- **Mercier C., 1985.** Les enzymes amylolytiques. *In* : Mouranche A. Coste C. hydrolases et dé polymérase. Ed Gauthier-Villars., pp.110-140.
- **Moule C., 1971.** Céréales 2. Phytotechnie spéciale. (Ed). La maison rustique, Paris, 236p.

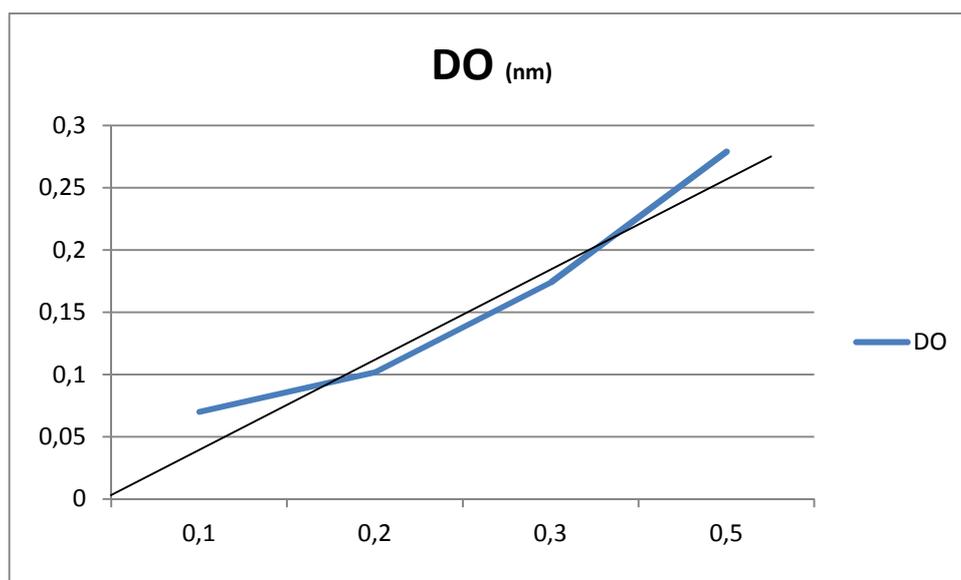
- **Munns R., Schachtman D.P. and Condon A.G., 1995.** The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*. Vol. 22,P: 561–56
- **Munns R ET Tester M., 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* Vol. 59. P: 651-681.
- **Naville M., 2005.** La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé.
- **Niquet .C et Lasseran., 1989.** Guide pratique stockage et conservation des grains à la ferme. Paris: Université Paris XI, Paris, 20p.
- **Ourghi Abidi Z. & Ayadi A., (1991)** Effet du NaCl sur le comportement photosynthétique du blé et du maïs plantes respectivement en C 3 et en C4. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*. Vol 20, N° 21, P:116-121
- **Potus et al., 1994.** Les enzymes In la panification françaises. Ed : Tec. Doc Lavoisier, paris.
- **Qadir G., Mohammad S., et Mumtaz A.C., 1999.** Effect of water stress on growth and yield performance of four wheat cultivars. *Pak. J. Biology. Science*. Vol 2, P: 236-239.
- **Roychan K, J, et Choudhari A., 2001.** Purification and some properties of  $\alpha$ -amylase from Indian major carp's *catla-catla*, *Asian fisheries science*. Vol. 14; P: 269-271.
- **Rubio F., Gassmann W. ET Schroeder J.I., 1995.** Sodium driven potassium uptake by the plant potassium transporter HKT1 and mutations conferring salt tolerance. *Science*. Vol 270, P: 1660-1663.
- **Salamini F., Özkan H., Brandolini A., Schafer-pregl R. et Martin W., 2002.** Genetics and geography of wild cereal domestication in the near. *Nature Reviews*. Vol.3, P: 429-441.
- **Santiago L .S., Lau T.S., Melcher P .J., Steeleo. C., and Goldstein G., 2000.** Morphological and physiological responses of Hawaiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity, *Int. J. Plant Science* .Vol. 161, P: 99-106.
- **Schomburg D and Salzman M., 1991.** *Enzyme Hand book 4*.Classe 3: Hydrolyses. Springer-Verlag (Ed). Berlin Heidelberg. Germany. P: 1-12.
- **Scriban R., 1999.** *Biotechnologie*. 5<sup>ème</sup> édition. Paris .p : 404-407.
- **Sivarmakrishnan S; Gangadharan D; Nampoothiri K. M; Soccol K.R et Pandey A., 2006.**  $\alpha$ -amylase from microbial sources-An overview on Recent Developpements. *Food technology.Biotechnology*. Vol 44, N°2. P: 173- 184. ISSN 1330-9862.

- **Soltner D., 1999.** Les grandes productions végétales.<sup>19ème</sup> édition, Ed. Collection sciences et techniques agricoles, France, 464 p.
- **Srinivasa Rao M. Reddy G. Venkateswara Rao G and Sambasiva Rao K. R.S.2004.** Studies on the extraction and characterization of thermo stable  $\alpha$ -amylase from pericarp of *Borassus indica*. *African Journal of Biotechnology*. Vol 4, p: 289-291.
- **Surg et Barron., 2005.** Histologie du grain de blé, industrie des céréales.
- **Tanji K.K. (1990).** Nature and extent of agricultural salinity. In: Tannji KK (Ed) Agricultural salinity assessment and management. American Society of Civil Engineers, New York, P: 1-17.
- **Taiz ET Zeiger E., 2002.** Plant physiology 3rd edition sinauer associates publish us Sunderland 427 p.
- **Thakur P. et Rai V. K., 1982.** Effect of water stress on protein content in two maize cultivars differing in drought resistance. *Biologia Plant (Praha)*. Vol. 24, P: 96-100.
- **Tompkins D.K., Fowler D.B. et Wright A.T., 1991.** Water use by no till winter wheat influence of seed rate and row spacing. *Agron. Journal*: 766-769.
- **Wang J.R; Welym; Long X.Y; Yan Z.H; Nevoe; Baum R.R and Zheng Y.L., 2008.** Molecular evolution of dimeric  $\alpha$ -amylase inhibitor genes wild emmer wheat and its ecological association article Biomed central.
- **Whistler R, J. Bemilier, Paschall E. Starch: Chemistry and Technology, 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, New York, (1984), P: 146-187.**
- **Zaman-Allah M., Sifi B., L'taief B. et El Aouni M.H., 2009.** Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnologie Agronomique. Soc. Environ.* Vol 13, N°1, P : 113-119.
- **Zerrad W., Hillali S., Mataoui A B., El Antri S. et Hmyene A., 2006.** Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Biochimie, Substances naturelles et environnement. Congrès international de biochimie.* Agadir.



**Annexe**

## Annexe



**Figure N°01 :** La courbe d'étalonnage de l'activité amylasique.

**Tableau N° 01:** Effet du facteur temps sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>0 vs 72</b>	-1,393	-17,483	2,735	< 0,0001	Oui
<b>0 vs 48</b>	-1,239	-15,553	2,735	< 0,0001	Oui
<b>0 vs 24</b>	-0,946	-11,867	2,735	< 0,0001	Oui
<b>24 vs 72</b>	-0,448	-5,616	2,735	< 0,0001	Oui
<b>24 vs 48</b>	-0,294	-3,686	2,735	0,001	Oui
<b>48 vs 72</b>	-0,154	-1,929	2,735	0,059	Non

Niveau de signification corrigé

0,008

**Tableau N°02 :** Effet du facteur génotype sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Vit vs GTA</b>	-0,153	-2,723	2,003	0,009	Oui

Niveau de signification corrigé

0,05

## Annexe

**Tableau N°03:** Effet du facteur temps sur le taux d'imbibition chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>15 vs 0</b>	-0,452	-5,671	2,735	< 0,0001	Oui
<b>15 vs 5</b>	-0,171	-2,141	2,735	0,037	Non
<b>15 vs 10</b>	-0,111	-1,388	2,735	0,171	Non
<b>10 vs 0</b>	-0,341	-4,282	2,735	< 0,0001	Oui
<b>10 vs 5</b>	-0,060	-0,753	2,735	0,455	Non
<b>5 vs 0</b>	-0,281	-3,529	2,735	0,001	Oui

Niveau de signification corrigé

0,008

**Tableau N°04 :** Effet du facteur sel sur la longueur de la coléoptile chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>0 vs 72</b>	-1,205	-9,854	2,735	< 0,0001	Oui
<b>0 vs 48</b>	-0,505	-4,130	2,735	0,000	Oui
<b>0 vs 24</b>	-0,168	-1,370	2,735	0,176	Non
<b>24 vs 72</b>	-1,038	-8,484	2,735	< 0,0001	Oui
<b>24 vs 48</b>	-0,338	-2,760	2,735	0,008	Oui
<b>48 vs 72</b>	-0,700	-5,724	2,735	< 0,0001	Oui

Niveau de signification corrigé

0,008

**Tableau N°05:** Effet du facteur génotype la longueur de la coléoptile chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Vit vs GTA</b>	-0,012	-0,145	2,003	0,886	Non

## Annexe

Niveau de signification corrigé

0,05

**Tableau N°06 :** Effet du facteur sel sur la longueur de la coléoptile chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>15 vs 0</b>	-0,663	-5,418	2,735	< 0,0001	Oui
<b>15 vs 5</b>	-0,375	-3,067	2,735	0,003	Oui
<b>15 vs 10</b>	-0,025	-0,204	2,735	0,839	Non
<b>10 vs 0</b>	-0,638	-5,213	2,735	< 0,0001	Oui
<b>10 vs 5</b>	-0,350	-2,862	2,735	0,006	Oui
<b>5 vs 0</b>	-0,288	-2,351	2,735	0,022	Non

Niveau de signification corrigé

0,008

**Tableau N°07 :** Effet du facteur temps sur la longueur de la radicule chez les deux génotypes (GTA-Vit).

<b>0 vs 72</b>	<b>-2,418</b>	<b>-10,504</b>	<b>2,735</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>Oui</b>
<b>0 vs 48</b>	-1,093	-4,747	2,735	< 0,0001	Oui
<b>0 vs 24</b>	-0,330	-1,434	2,735	0,157	Non
<b>24 vs 72</b>	-2,088	-9,070	2,735	< 0,0001	Oui
<b>24 vs 48</b>	-0,763	-3,313	2,735	0,002	Oui
<b>48 vs 72</b>	-1,325	-5,757	2,735	< 0,0001	Oui

Niveau de signification corrigé

0,008

## Annexe

**Tableau N°08** : Effet du facteur génotype sur la longueur de la racicule chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Vit vs GTA	-0,075	-0,461	2,003	0,647	Non

Niveau de signification corrigé

0,05

**Tableau N°09** : Effet du facteur sel sur la longueur de la racine chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
15 vs 0	-1,450	-6,300	2,735	< 0,0001	Oui
15 vs 5	-0,900	-3,911	2,735	0,000	Oui
15 vs 10	-0,475	-2,064	2,735	0,044	Non
10 vs 0	-0,975	-4,236	2,735	< 0,0001	Oui
10 vs 5	-0,425	-1,847	2,735	0,070	Non
5 vs 0	-0,550	-2,390	2,735	0,020	Non

Niveau de signification corrigé

0,008

**Tableau N°10** : Effet du temps sur l'activité de l' -amylase chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
24 vs 48	-0,293	-10,688	2,739	< 0,0001	Oui
24 vs 72	-0,195	-7,384	2,739	< 0,0001	Oui
24 vs 0	0,000	0,000	2,739	1,000	Non
0 vs 48	-0,293	-10,688	2,739	< 0,0001	Oui
0 vs 72	-0,195	-7,384	2,739	< 0,0001	Oui
72 vs 48	-0,098	-3,573	2,739	0,001	Oui

Niveau de signification corrigé

0,008

## Annexe

**Tableau N°11** : Effet du facteur génotype sur l'activité de l' -amylase chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>GTA vs Vit</b>	-0,032	-1,700	2,005	0,095	Non

Niveau de signification corrigé

0,05

**Tableau N°12** : Effet du facteur sel sur l'activité de l' -amylase chez les deux génotypes (GTA-Vit).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>10 vs 15</b>	-0,041	-1,512	2,739	0,136	Non
<b>10 vs 5</b>	-0,039	-1,468	2,739	0,148	Non
<b>10 vs 0</b>	-0,001	-0,046	2,739	0,964	Non
<b>0 vs 15</b>	-0,039	-1,445	2,739	0,154	Non
<b>0 vs 5</b>	-0,038	-1,397	2,739	0,168	Non
<b>5 vs 15</b>	-0,002	-0,070	2,739	0,945	Non

Niveau de signification corrigé

0,008



# Résumé

## Résumé

La salinité constitue l'un des stress abiotiques limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en

. Le travail présenté traite l'effet du stress salin sur les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques de deux génotypes (Virton et GTA dur) de blé dur mise en germination. Il a permis de mettre en évidence l'impact des différentes doses de la salinité (0g/l, 5g/l, 10g/l et 15 g/l de Na Cl) sur la physiologie (taux de germination, taux d'imbibition), sur la morphologie (longueur de la racine et de la coléoptile) et la biochimie (dosage de l' $\alpha$ -amylase). Les résultats obtenus démontrent qu'un abaissement significatif du taux de germination des graines, taux d'imbibition, et la croissance en longueur de la radicule et de la coléoptile à des fortes doses (10g/l, 15g/l NaCl) avec une stabilité de l'activité d' $\alpha$ -amylase dans les différents milieux. L'activité globale des amylases et des  $\alpha$ -amylases est variable en fonction du temps de mise en germination et de l'influence du stress salin. Elles atteignent leur optimum après 48 heures de mise en germination parce que les grains à 48h absorbent la quantité d'eau suffisante, le déclenchement de l'activité d' $\alpha$ -amylase. Ces résultats révèlent que les deux génotypes se répondent de même manière contre le stress salin, mais l'intensité de réponse varie d'un génotype à l'autre, Vitron semble le plus affecté que GTA dur.

## Mots clés

Blé dur, stress salin, germination, génotype,  $\alpha$ -amylase, activité enzymatique, caractère morphologique, caractère physiologique, caractère biochimique, salinité.

## Summary

The salinity establishes (constitutes) one of stress abiotiques limiting considerably the productivity of the durum wheat (*Triticum durum* Desf.). The presented work handles the effect of the salt stress on the morphological, physiological and biochemical characters of two genotypes (Virton and GTA) of durum wheat putting in seeding. He allowed to highlight the impact of the various doses of the salinity (0g / l, 5g / l, 10g / l and 15 g/l of Na Cl) on the physiology (rate of seeding, rate of imbibition), on the morphology (length of the root and the coléoptile) and the biochemistry (dosage of  $\alpha$ - amylase). The obtained results (profits) demonstrate that a significant reduction in the rate of seeding of seeds, rate of imbibition, and the growth in length of the radicle and the coléoptile in strong The obtained results (profits) demonstrate that a significant reduction in the rate of seeding of seeds, rate of imbibition, and the growth in length of the radicle and the coléoptile in strong doses (10g / l, 15g / l NaCl) with a stability of the activity of  $\alpha$ - amylase in the various circles. The global activity of amylases and of  $\alpha$ - amylases is variable according to the time (weather) of putting in seeding and the influence of the salt stress. They reach (affect) their optimum after 48 hours of putting in seeding because grains (beads) at 48 am absorb the quantity of sufficient (self-important) water, the release of the activity of  $\alpha$ - amylase. These results (profits) reveal that both genotypes answer in the same way against the salt stress, but the intensity of answer varies from a genotype to the other one, Vitron seems the most affected (allocated) That hard GTA.

## Keywords

Durum wheat, stress salt marsh, seeding, genotype,  $\alpha$ - amylase, enzymatic activity, morphological character, physiological character, biochemical character, salinity.

## ملخص

الملوحة تمثل إحدى أهم العوامل البيولوجية التي تؤثر سلباً على إنتاجية القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) في الجزائر. لذلك قمنا بدراسة تأثير الإجهاد الملحي على الخصائص المرفولوجية، الفيزيولوجية و البيوكيميائية لصنفين من القمح الصلب (جيتادور و فيترون) خلال مراحل الإنبات. قمنا بتجارب في المخبر لمعرفة تأثير جرعات مختلفة من الملوحة (0 غ/ل، 5 غ/ل، 10 غ/ل و 15 غ/ل من كلور الصوديوم) على قدرة الانتاش (نسبة الانتاش / نسبة التشرب) والنمو (طول الجذور و الجذير) وبالنسبة للعنصر الكيميائي (نشاط ألفا-اميلاز). أظهرت النتائج أن كلوريد الصوديوم يسبب انخفاضاً في نسبة الانتاش و نسبة التشرب، وكذلك انخفاض في طول الجذور و الجذير عند استهلاك جرعات عالية (10 غ/ل و 15 غ/ل) مع عدم تأثير نشاط ألفا-اميلاز. نشاط الاميلاز الكلي و ألفا-اميلاز متدبب مع مرور مدة الإنبات و حدة تأثير الإجهاد الملحي حيث يصل ذروته بعد 48 ساعة من الإنبات لأن حبات القمح امتصت الماء الكافي من أجل انطلاق نشاط الألفا-اميلاز. هذه النتائج أظهرت أن النمطين استجابا بنفس الطريقة اتجاه الإجهاد الملحي، لكن شدة الاستجابة مختلفة من نوع إلى آخر، فيترون تأثرت أكثر من جيتادور.

## الكلمات المفتاحية

القمح الصلب، الإجهاد الملحي، التأقلم، الصنف الوراثي، ألفا-اميلاز، النشاط الأنزيمي، الملوحة، الخصائص المرفولوجية، الخصائص الفيزيولوجية، البيوكيميائية، الخصائص