

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Ecologie Végétale

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم البيولوجيا و علم البيئة النباتية.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie et génomique végétale.

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

---

**Effet du PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et  
biochimique des deux variétés de blé dur**

---

Présenté par : BOUZENIR Yasser  
CHEBBAH Aya

Le 19/06/2022

Jury d'évaluation :

**Encadreur :** Melle MOUELLEF A. (Maitre de conférence B-Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Examinateur 1 :** Mme BOUSBA R. (Professeur - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examinateur 2 :** Mr KELLOU K. (Maitre-assistant A - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Année universitaire  
2021 - 2022**

# Remerciements

*Nous remercions avant tout le Grand Dieu Allah, le plus puissant, le miséricordieux...*

*Nous remercions vivement notre encadreur : Melle **MOUELLEF Adra** Maître de conférences B à l'université des frères Mentouri Constantine 1, pour son Aide, sa compréhension et ses Conseils durant notre travail.*

*Nous tenons à remercier aussi les membres du jury Mme **BOUSBA Ratiba**, professeur à l'université des frères Mentouri Constantine 1 et Mr **KELLOU Kamel** Maître-assistant A à l'université des frères Mentouri Constantine 1 pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.*

*Nous tenons à remercier Pr. **Ykhlef N.** chef d'équipe de recherche IV : Physiologie Moléculaire et Biodiversité des Plantes et Pr. **Djekoun A.** chefs des équipe de recherche II : Biotechnologie et Amélioration des Plantes au niveau du laboratoire de Génétique Biochimie et Biotechnologie Végétale (GBBV).*

*Nous tenons particulièrement à remercier : Monsieur **Belbakri N** et Mme **Bouldjadj R.***

*Nous profitons de cette occasion pour remercier l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation, et ainsi tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents : Amar et Habiba,  
A mes chères sœurs Amira et Aridje,  
A mes chers frères Oussama, Anes, Assil, Akram,  
Mounder,  
A la mémoire de mon grand-père Rabeh  
A ma grande mère Yamina, et mon grand-père  
Lahsen.*

*A mon binôme : Yasser  
A mes amis (es) Meriem et Mounira et à tous ceux  
qui me sont chers et proches.  
A mes collègues particulièrement Khier eddine et  
Omar.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin  
pour que ce travail soit possible. Et toute personne  
qui m'a éclairé le chemin.*

*Je vous dédie ce travail*

*CHEBBAH Aya.*

# *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents : Makhlouf et Houria,*

*A ma chère sœur : Hadjer,*

*A mes chers frères : Oubaida et Abdelraouf*

*À mon binôme : aya*

*A tous mes amis (es) : Karim, Ouail, Ramzi, naoufel,  
Yaakoub et Omar et mes collègues de promotion de  
BTGV.*

*Je vous dédie ce travail*

*BOUZENIR Yasser*

# **Effet du PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et biochimique des deux variétés de blé dur**

## **Résumé**

Le stress hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie. Dans ce cadre, ce travail traite les impacts du déficit hydrique provoqué par PEG 6000 à deux concentrations 10 et 20% sur la réalisation des principales phases de germination chez deux variétés de blé dur Beliouni et Waha. Le stress hydrique imposé par PEG 6000 a retardé la germination des graines de variétés testées (le taux de germination final et la cinétique de germination). De même, le PEG 6000 a eu un effet dépressif sur la croissance des racines et de la partie aérienne des plantules testés. D'autre part l'analyse électrophorétique par SDS-PAGE des protéines totales foliaires, montrent que le stress hydrique a inhibés certaines protéines et a induit la synthèse d'autres, alors que d'autres ont été présentent chez les témoins et les stressées. En résumé, les deux variétés testées utilisent les mêmes stratégies de réponse au stress hydrique appliqué mais à des degré différents. Ces deux variétés peuvent être utilisées comme c'est un tableau de sélection du blé dur à la tolérance au stress hydrique.

## **Mots clés**

Blé dur, germination, protéines, stress hydrique, tolérance,

# **Effect of PEG 6000 on the morpho-physiological and biochemical behavior of the two varieties of durum wheat**

## **Abstract:**

Water stress is the main abiotic stress considerably limiting the productivity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) in Algeria. In this context, this work deals with the impacts of the water deficit caused by PEG 6000 at two concentrations 10 and 20% on the achievement of the main phases of germination in two varieties of durum wheat Beliouni and Waha. The water stress imposed by PEG 6000 delayed the progress of seeds germination of the varieties tested (the rate of final germination and the kinetics of germination). Similarly, PEG 6000 had a depressant effect on the roots growth and the aerial part of the seedlings tested. On the other hand, electrophoretic analysis by SDS-PAGE of total leaf proteins shows that water stress inhibited certain proteins and induced some new ones, while others were present in controls and stressed ones. In summary, the two varieties tested use the same response strategies to applied water stress but to different degrees. These two varieties can be used as a selection matrix of durum wheat for tolerance to water stress.

## **Keywords**

Durum wheat, germination, proteins, water stress , tolerance.

## تأثير PEG 6000 على السلوك المرفوف-فسيولوجي والبيو كيميائي لصنفين من القمح الصلب

### ملخص :

يشكل الإجهاد المائي الإجهاد اللاحيوي الرئيسي الذي يحد بشكل كبير من إنتاجية القمح الصلب (*Triticum durum Desf.*) في الجزائر. في هذا السياق، يتناول هذا العمل آثار العجز المائي الناجم عن PEG 6000 بتركيزين 10 و 20٪ على تحقيق مراحل الإنبات الرئيسية في صنفين من القمح الصلب من نوع Belinouni , Waha. أدى الإجهاد المائي الذي تفرضه PEG 6000 إلى تأخير إنبات بذور الأصناف المختبرة (معدل الإنبات النهائي وحركية الإنبات).. وبالمثل ، كان لـ PEG 6000 تأثير مثبط على نمو الجذور والجزء الجوي من الشتلات المختبرة. من ناحية أخرى ، أظهر التحليل الكهربائي بواسطة SDS-PAGE لبروتينات الأوراق الكلية أن الإجهاد المائي يثبط بعض البروتينات ويحفز بعض البروتينات الجديدة ، في حين أن البعض الآخر كان موجودًا في الضوابط والبروتينات المجردة. باختصار ، يستخدم النوعان المختبران نفس استراتيجيات الاستجابة للإجهاد المائي المطبق ولكن بدرجات مختلفة. يمكن استخدام هذين الصنفين كمصفوفة اختيار للقمح الصلب لتحمل الإجهاد المائي.

### كلمات المفتاحية:

قمح صلب ، إنبات ، بروتينات ، إجهاد مائي ، تحمل .

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 01 :</b> Généalogie du blé dur ©ARVALIS Institut du Végétal .....   | 04 |
| <b>Figure 02 :</b> Carte du centre d'origine et la diffusion de la culture de <i>Triticumturgidum</i><br><i>bn</i> (Bonjean, 2001).....                         | 05 |
| <b>Figure 3 :</b> Morphologie du blé.....   | 06 |
| <b>Figure 04 :</b> Composition du grain du blé.....   | 07 |
| <b>Figure 05 :</b> Cycle de vie du blé .....  | 09 |
| <b>Figure 06 :</b> Principaux événements liés à la germination (d'après Bewley, 1997).....  | 12 |
| <b>Figure 07 :</b> Variation de taux de germination finale chez deux variétés de blé dur soumis en<br>condition de stress osmotique .....                       | 21 |
| <b>Figure 08 :</b> Courbes de la cinétique de germination des deux variétés de blé dur (A : Belioni ;<br>B : Waha) soumis en condition de stress osmotique..... | 24 |
| <b>Figure 09 :</b> Variation de la longueur de la partie aérienne chez deux variétés de blé dur soumis<br>au stress osmotique .....                             | 25 |
| <b>Figure 10:</b> Variation de la longueur racinaire chez deux variétés de blé dur soumis en<br>condition de stress osmotique.....                              | 27 |



|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 1:</b> Classification taxonomique du blé dur (Feillet, 2000).....   | 05 |
| <b>Tableau 2 :</b> Principales caractéristiques des deux variétés de blé dur étudiées.....   | 17 |
| <b>Tableau 03:</b> Comparaison des moyennes de taux de germination finale obtenues à partir des différents traitements de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.....                             | 22 |
| <b>Tableau 04 :</b> Classement des groupes niveaux de stress hydrique chez les deux variétés pour le taux de germination finale, « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».....     | 22 |
| <b>Tableau .05 :</b> Analyse de variance de longueur des parties aériennes obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.....                                   | 26 |
| <b>Tableau 06 :</b> Classement des groupes niveaux de stress hydrique chez les deux variétés pour de longueur des parties aériennes « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,»..... | 26 |
| <b>Tableau 07 :</b> Classement des groupes variétés dans les trois traitements pour la longueur des parties aériennes « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».....                | 26 |
| <b>Tableau .08 :</b> Analyse de variance de longueur racinaire obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.....   | 28 |
| <b>Tableau 09 :</b> Classement des groupes niveaux de stress hydrique chez les deux variétés pour de longueur racinaire « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %» .....             | 28 |
| <b>Tableau 10:</b> Diagramme présence / absence des bandes dans les feuilles des deux variétés de blé dur soumis aux stress hydrique appliqué par l’ajout de PEG 6000 (10 et 20)%.....                   | 30 |

# SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| <b>Introduction</b> .....   | 01 |
| <b>CHAPITRE 01 : synthèse bibliographiques</b>                    |    |
| <b>I- Généralités : le blé dur</b> .....                          | 03 |
| 1- Importance et utilisation de blé dur .....                     | 03 |
| 2- Origine du blé dur .....                                       | 03 |
| 2-1- Origine génétique .....                                      | 03 |
| 2-2- Origine géographique.....                                    | 04 |
| 2-3- Description et classification botanique .....                | 05 |
| 2-4-Grain du blé .....  | 07 |
| 2-5-Cycle de vie .....  | 08 |
| 2-5-1- Période végétatif .....                                    | 08 |
| 2-5-2-Épiaison .....  | 09 |
| 2-5-3- Floraison.....   | 09 |
| 2-5-4-Période de formation et de maturation de la graine .....    | 09 |
| 2-5-5-Maturation des grains.....                                  | 09 |
| 3-Importance et culture du blé dans le monde et en Algérie.....   | 09 |
| 4-La germination.....   | 11 |
| 4-1Conditions de germination.....                                 | 11 |
| 4-2 Mécanisme physiologique de la germination .....               | 12 |
| 4-2-1- Phase d'imbibition.....                                    | 12 |
| 4-2-2- Phase de germination sensu-stricto.....                    | 12 |
| 4-2-3-Phase de croissance.....                                    | 12 |
| <b>II- Stress hydrique</b> .....                                  | 13 |
| <b>1- Définition du stress</b> .....                              | 13 |
| <b>2- Notion du stress hydrique</b> .....                         | 14 |
| <b>3- Mécanisme de réponse aux stress hydrique</b> .....          | 14 |
| 3-1-L'évitement .....   | 14 |
| 3-2-L'esquive .....   | 15 |
| 3-3 La tolérance.....   | 16 |
| 4-Mécanismes moléculaires de la tolérance au stress hydrique..... | 16 |

**CHAPITRE 02 : Matériel et méthodes**

|  |    |
|--|----|
| 1- Matériel Végétale.....  | 18 |
| 2- Mise en place de l'essai : Application du stress hydrique et stade de mesure..... | 18 |
| 3- Variables mesurés.....  | 19 |
| 3-1- Paramètres Morpho-physiologiques.....   | 19 |
| 3-1-1- Taux de germination finale (G %)......  | 19 |
| 3-1-2- Cinétique de germination (CG, %)......  | 19 |
| 3-1-3- Longueur de racine (cm) .....   | 20 |
| 3-1-4- Longueur de la coléoptile (cm)......  | 20 |
| 3-2- L'analyse des protéines totales par SDS-PAGE .....                              | 20 |
| 3-2-1- Extraction des protéines totales .....  | 20 |
| 3-2-2- Dépôts des échantillons et migration dans le gel.....                         | 21 |
| 3-2-3- Fixation et coloration.....   | 21 |
| 4- Traitement des données .....  | 21 |

**CHAPITRE 03 : Résultats et discussion**

|   |    |
|---|----|
| 1- Effet du stress hydrique sur les paramètres morpho-physiologiques..... | 22 |
| 1-1- Variation de taux de germination .....                               | 22 |
| 1-2- Variation de cinétique de germination.....                           | 24 |
| 1-3- Variation de longueur de la partie aérienne .....                    | 25 |
| 1-4- Variation de la longueur racinaire .....                             | 28 |
| 2- Effet du stress sur les protéines totales des feuilles .....           | 30 |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>Conclusion.....</b> | <b>34</b> |
|------------------------|-----------|

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Références Bibliographiques.....</b> | <b>35</b> |
|---|-----------|

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Annexes.....</b> |  |
|---------------------|--|

# INTRODUCTION

## Introduction

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 engendre 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 (Bonjean et Picard, 1990).

Les sélectionneurs de blé ont accompli des contributions uniques et d'excellents progrès pour l'augmentation de la production au cours des dernières décennies, principalement dans les pays moins développés. Cependant, il existe de nombreux défis qui leurs attendent encore pour rendre la nourriture plus accessible que jamais d'une manière durable et pour répondre aux besoins d'une population croissante.

En Algérie, le blé constitue l'aliment principal des habitants, notamment la semoule (couscous, galettes, pâtes alimentaire) et la farine (pain et pâtisserie), et également de l'alimentation animale. Or face à la demande, devenue de plus en plus forte en raison de l'accroissement de la population algérienne, les capacités de production du pays n'ont pas évoluées, en raison des conditions climatiques qui influencent grandement l'agriculture et ses rendements. La faiblesse de la production céréalière et particulièrement celle des blés, a rendu notre pays parmi les premiers acheteurs mondiaux. L'Algérie, troisième importateur mondial de blé, cultive les céréales sur 3,5 millions d'hectares (Agro, 2019). La fluctuation du rendement est due principalement aux facteurs biotiques et abiotiques.

L'un des facteurs abiotiques majeurs limitant la croissance et la productivité du blé est le stress hydrique qui représente la contrainte la plus dommageable pour la culture de blé à travers le monde et surtout au niveau des pays du bassin méditerranéens dont l'Algérie (Royo et Abio, 2003). Pour parer à cette situation, il paraît nécessaire de recourir à la culture de variétés tolérantes au déficit hydrique. L'obtention de celles-ci repose sur la réalisation des programmes d'amélioration génétique. Une bonne connaissance des mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter au stress hydrique et maintenir leur croissance et leur productivité s'impose physiologiques et biochimiques impliqués dans la tolérance au stress hydrique est de ce fait indispensable en vue de la sélection de variétés tolérantes chez le blé.

Dans ce contexte l'étude de la phase de germination constitue un des segments essentiels de la recherche scientifique. La phase de germination constitue une étape primordiale dans l'installation des cultures et sur laquelle repose la réalisation de la croissance précoce des plantes et le mode de déroulement des stades ultérieures de développement. La sélection des paramètres limitant l'impact du déficit hydrique sur le déroulement des différentes phases de la germination constitue un objectif primordial dans tout travail d'amélioration visant à améliorer les aptitudes de tolérance à ce stress chez le blé dur.

Pour répondre à cette préoccupation, ce travail a pour objectif d'étudier l'effet de stress hydrique imposé par l'utilisation du PEG6000 sur le comportement de deux génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.), ceci par la mesure de certains paramètres au stade germinatif.

Ce mémoire s'ouvre sur une introduction suivie par trois grands chapitres :

Le 1<sup>er</sup> chapitre : une synthèse bibliographique, portant sur l'origine et l'importance blé, le stress hydrique et ses effets sur les plantes et les mécanismes de réponse de ces dernières.

Le 2<sup>ème</sup> chapitre : matériel et méthodes, comporte une description du matériel végétal, des conditions de culture, des variables étudiés.

Le 3<sup>ème</sup> chapitre est consacré aux résultats obtenus et à leurs discussions. En clôturant le manuscrit par une conclusion et perspective.

# CHAPITRE 01 :

## synthèse bibliographique



## I- Généralités : le blé dur

### 1- Importance et utilisation de blé dur

Le blé est l'une des principales ressources alimentaire de l'humanité. Il assure 30 % des besoins énergétiques, il sert également à l'alimentation des animaux. Les semoules se prêtent à la fabrication, souvent industrielle, d'un nombre extraordinairement diversifié d'aliments : pains, couscous, galettes, pâtes alimentaires. Cette diversité d'usage revient à la capacité des protéines qu'il contient, à former en présence d'eau un réseau viscoélastique, le gluten. Mais les protéines ne sont pas les seules constituantes dont la présence est nécessaire à l'obtention d'aliments savoureux et nutritifs : l'amidon qui constitue la plus grande partie du grain, les lipides, et les enzymes sont autant des molécules qui y contribuent. Les enzymes dont les principales sont l' $\alpha$  et la  $\beta$  amylases, des protéases ainsi que des lipases et des lipoxygénases (Samson et Morel, 1995).

### 2- Origine du blé dur

#### 2-1- Origine génétique

Le blé appartient à la famille des graminées (*Gramineae* = *Poaceae*), qui comprend plus de 10000 espèces différentes. Plusieurs espèces de ploïdie différentes sont regroupées dans le genre *Triticum* (Allo polyploïdie), dont les génomes homéologues dérivent de l'hybridation inter espèces appartenant à la même famille (Levy et Feldman, 2004).

Les espèces de blé les plus cultivées aujourd'hui sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum turgidum*). Les données archéologiques indiquent que ces espèces sont cultivées depuis 10000 ans. Les études cytologiques de toutes ces espèces ont permis d'établir l'origine des espèces de blé cultivées. Il est acquis que le génome A provient de *Triticum monococcum*, le génome B d'un *Aegilops* (*bicornis*, *speltoïdes*, *longissima* ou *searsii*) et le génome D d'*Aegilops squarrosa*. Quant au blé dur, il ne comporte que les deux génomes AA et BB, soit 28 chromosomes. Le croisement naturel entre *T. monococcum* et *Aegilops* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *T. turgidum* ssp. *dicoccum* puis vers *T. durum* = blé dur cultivé (Figure 1) (Benderadji, 2013).

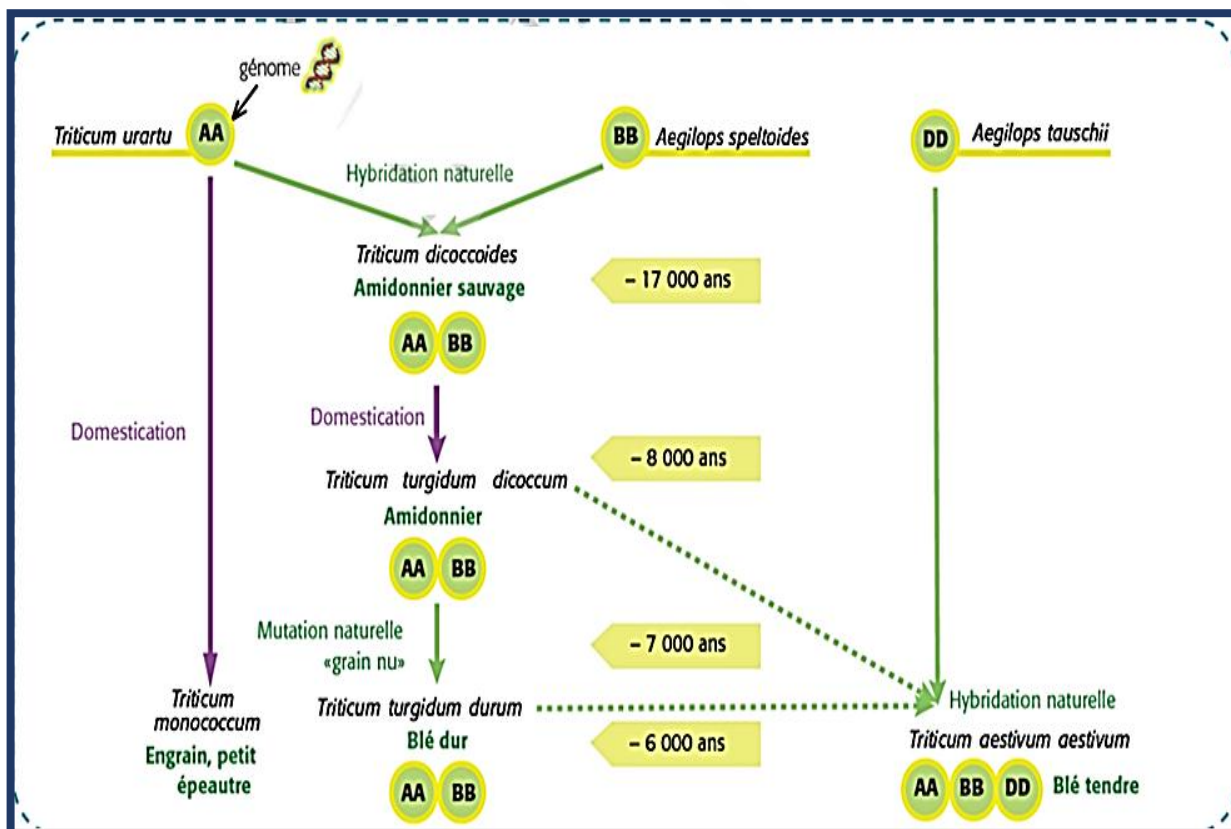
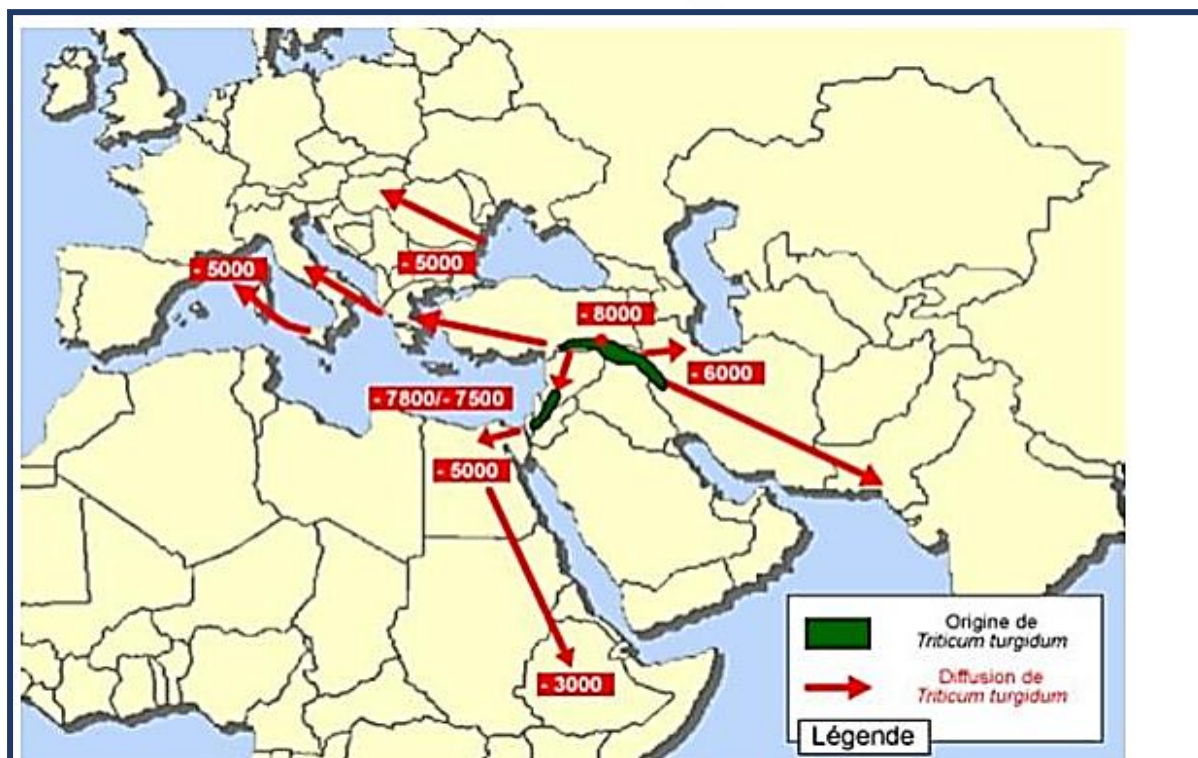


Figure 1 : Généalogie du blé dur ©ARVALIS Institut du Végétal

## 2-2- Origine géographique

L'évaluation de l'origine géographique du blé dur est un défi important et émergent, en raison de la valeur ajoutée qu'une allégation d'origine pourrait apporter à la matière première elle-même, et par la suite aux produits finaux (Cavanna *et al.*, 2020). Le blé dur est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans, dans le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Ferret, 1996). Bonjean et Picard, 1990, affirment que le monde Romain a largement contribué à la diffusion des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et l'Europe de l'Ouest (Figure 02).



**Figure 2 :** Carte du centre d'origine et la diffusion de la culture de *Triticum turgidum* (Bonjean, 2001)

### 2-3- Description et classification botanique

Le blé est une plante annuelle de la classe des Monocotylédones, de l'ordre des *Poales*, de la famille des *Poacées*, de la tribu des *Triticées*, appartenant au genre *Triticum* (Tableau 1). Cette famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet, 2000).

**Tableau 1:** Classification taxonomique du blé dur (Feillet, 2000)

|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| Règne              | Plantae                     |
| Embranchement      | Spermaphytes                |
| Sous embranchement | Angiospermes                |
| Classe             | Monocotylédones             |
| Ordre              | Poales                      |
| Famille            | Poaceae                     |
| Tribu              | Triticeae                   |
| Genre              | <i>Triticum</i>             |
| Espèce             | <i>Triticum durum</i> Desf. |

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Soltner, 1998). Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Bozzini, 1988). Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale. La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse (Bozzini, 1988). Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (Soltner, 1998).

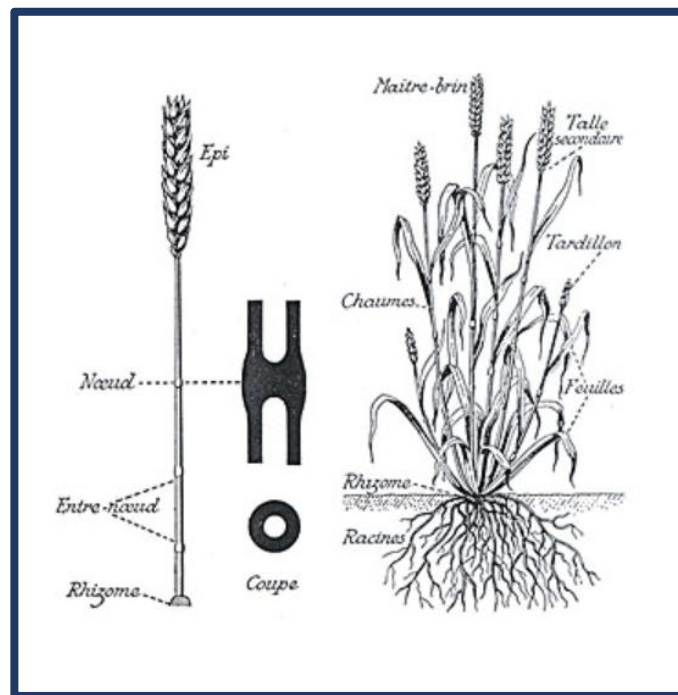


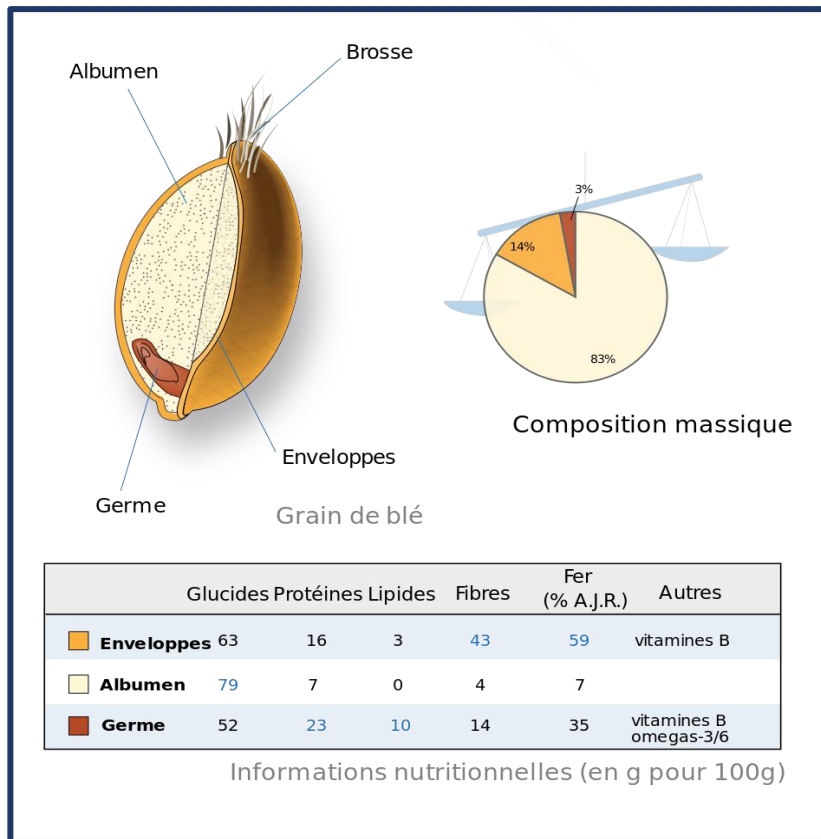
Figure 3 : Morphologie du blé

## 2-4- Grain du blé

Les grains de blé sont des fruits, appelés caryopses. Type de fruit sec indéhiscant, spécifique des graminées, contenant une seule graine dont le tégument est intimement soudé au péricarpe du fruit (Pomeranz, 1988). Les grains sont de forme ovoïdes, possèdent sur l'une de leurs faces une cavité longitudinale "le sillon" et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils "la brosse" (figure 4).

Le grain de blé comporte trois parties distinctes :

- L'embryon ou le germe riche en lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux représente environ 3% du grain. Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et augmenter la durée de conservation.
- Les enveloppes divisées en trois parties : le péricarpe, le tégument séminal et l'assise protéique, représentent 13 à 15% du grain.
- Le péricarpe et le tégument séminal sont essentiellement composés de cellulose et de matières minérales. L'assise protéique est riche en lipides, protéines, matières minérales et vitamines. Les enveloppes sont éliminées pendant la mouture et deviennent les sons.
- L'albumen ou l'amande farineuse ou albumen amylacé (82 à 85% du grain) est composée essentiellement d'amidon (70 à 75%) et de protéines (10 à 12%). Une faible proportion de matières minérales et de vitamines est également présente (0,3 à 0,6%). C'est l'amande qui donnera la farine.



**Figure 04 :** Composition du grain du Blé

## 2-5- Cycle de vie

Le cycle de développement du blé est marqué par une série de transformations qui concernent la tige et l'épi, voir figure n°5 (Moule, 1971 ; Clement, 1981 ; Gate, 1995) :

### 2-5-1- Période végétatif : Elle s'étend du semis au début de la montaison

- **Germination**

La germination qui correspond à l'entrée de la semence en vie active au tout début de croissance de l'embryon.

- **Levée**

La levée commence quand une première feuille paraît au sommet de la coléoptile. L'axe portant le bourgeon terminal se développe en un rhizome dont la croissance s'arrête à 2cm en dessous de la surface du sol.

- **Tallage**

La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille. Ils se forment des bourgeons à l'aisselle des feuille donne ainsi des talles, chaque talle primaire donne des talle secondaire.

- **Montaison**

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre nœuds et la différenciation des pièces florales

### **2-5-2- Épiaison**

C'est la sortie de l'épi de gaine de la dernière feuille, on note l'épiaison quand l'épillet terminal apparait au-dessus de la gaine de la dernière feuille.

### **2-5-3- Floraison**

La floraison est manquée par la sortie des étamines lors des épillets et se termine dès que toutes les étamines sont extériorisées. Le blé commence à changer de couleur il perd sa couleur verte pour tourner plus jaune /doré/bronze.

### **2-5-4- Période de formation et de maturation de la graine**

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientés vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite, Au début, le grain s'organise les cellules se multiplient.

### **2-5-5- Maturation des grains**

La phase de maturation succède au stade pâteux (45% d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades.

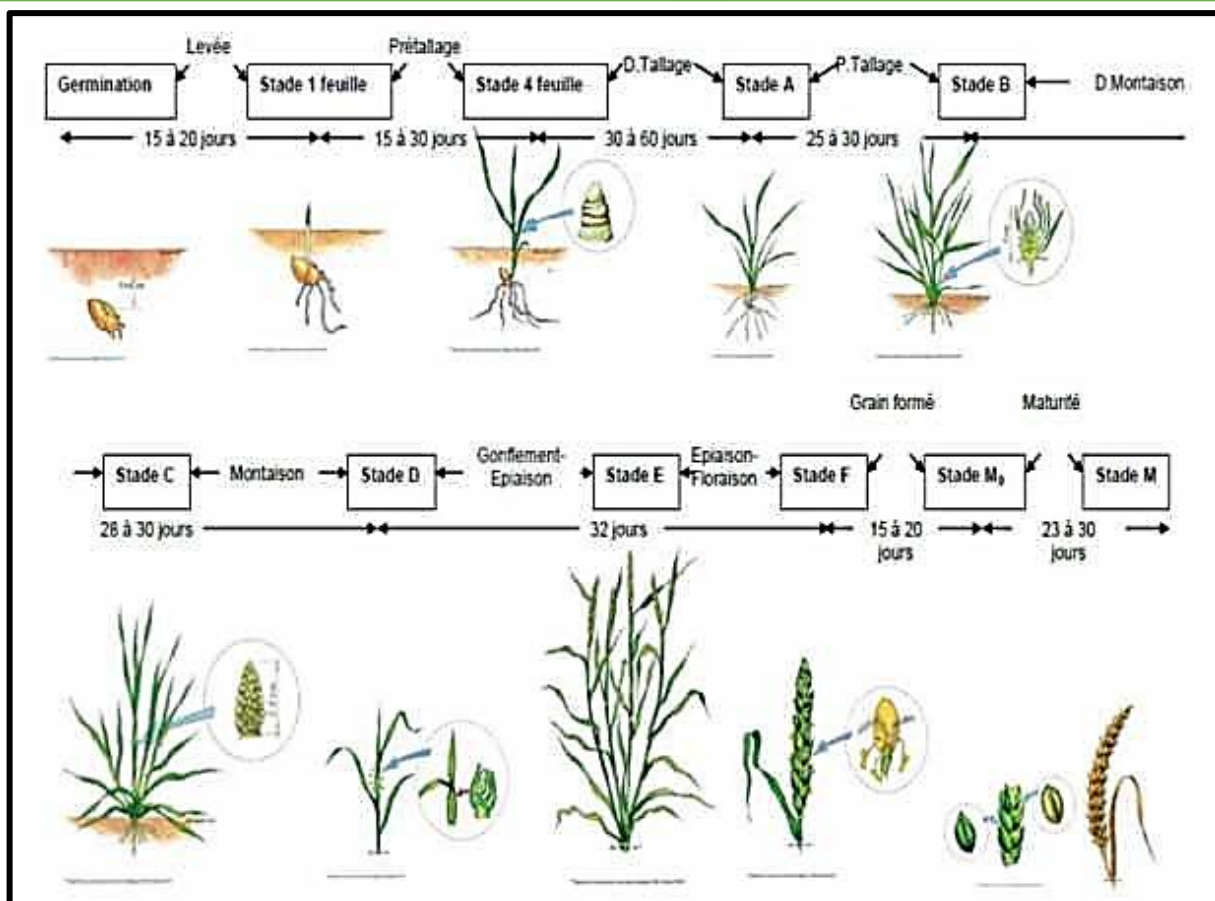


Figure 5 : Cycle de vie du Blé

### 3- Importance et culture du blé dans le monde et en Algérie

Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji, 1999). Il représente 30% de la production mondiale des céréales et 20% de la ration alimentaire consommée par la population mondiale. Le blé dur (*Triticum turgidum var. durum*) est l'espèce la plus cultivée dans le bassin méditerranéen de l'Afrique du Nord (Bonjean *et al.*, 2016), il occupe dans le monde 5 % du total des terres réservées aux blés, avec une production de 38 million métrique de tons en 2014 (Ranieri, 2015).

En Algérie, le blé dur occupe 45% de la sole réservée aux céréales, soit 1,6 Mha (ONFA, 2017), et qui offre une production de 2,5 millions de tonnes (CIG, 2016 in [www.world-grain.com](http://www.world-grain.com)). Une moyenne de 2 MT de blé dur est importée chaque année (USDA, 2017). La productivité agricole est limitée principalement par la sécheresse dans les régions arides et semi-arides (Mir *et al.*, 2012), comme la zone méditerranéenne, est



caractérisée par des précipitations irrégulières (Habash *et al.*, 2009), le déficit hydrique et les températures élevées de fin de cycle, deux majoritaires contraintes influençant la culture de blé dur en Algérie (Mekhlouf *et al.*, 2006). L'introduction des variétés à haut rendement a causé la disparition de nombreuses variétés Algériennes locales, caractérisées par leurs adaptations au milieu (Bouzerzour *et al.*, 2003).

#### 4- La germination

La germination est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule, Le processus de germination commence dès que la graine sèche est hydratée, c'est un phénomène naturel qui intervient dans des conditions favorables de température, d'oxygénation et d'obscurité ( Bensaadi , 2011). La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases (Beweley, 1997).

##### 4-1- Conditions de germination

L'ensemble des facteurs qui interviennent au moment de la germination mais aussi tout au long de la vie d'une graine, exerce une influence sur son comportement lorsqu'elle est mise à germer. La germination ne peut avoir lieu que si en plus de l'eau, la température et l'oxygène sont assurées (Bensaadi, 2011) :

- **L'eau** : est évidemment indispensable et doit être disponible dans le milieu extérieure en quantité suffisante (Heller et al., 2004). L'absorption de l'eau par la semence s'effectue par osmose, au travers du tégument qui lui-même plus au moins cellulosique en retient des quantités importantes.
- **L'oxygène** : Seul l'oxygène dissous dans l'eau d'imbibition est utilisé par l'embryon pour ces besoins métaboliques. Ce gaz étant très peu soluble dans l'eau. La germination engage de nombreuses oxydations ; les semences germent dans l'eau courante seulement.
- **La température** : Il existe pour chaque plante et chaque phase de végétation des températures minima, optima et maxima.

## **4-2- Mécanismes physiologiques de la germination**

Il est ainsi démontré que la germination comprend trois phases successives (figure 06) : la phase d'imbibition, la phase de germination *stricto sensu* et la phase de croissance.

### **4-2-1- Phase d'imbibition**

La première phase ou phase d'imbibition est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau. Elle se déroule même si la graine n'est pas viable. Cette entrée d'eau est accompagnée d'une augmentation de la consommation d'oxygène attribuée à l'activation des enzymes mitochondriales qui vont fournir de l'ATP (Anzala, 2006). L'intensité respiratoire s'accroît très fortement au cours des premières heures de l'imbibition et s'accompagne parfois d'un dégagement de chaleur.

### **4-2-2- Phase de germination sensu-stricto**

A ce stade l'hydratation des tissus est totale, l'activité respiratoire est ralentie, la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité. Elle s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments. Cette émergence, rendue possible grâce à l'élongation des cellules, coïncide avec la fin de la deuxième étape et la perte de la tolérance à la dessiccation (Benyahia, 2017).

### **4-2-3- Phase de croissance**

Cette phase est caractérisée par une reprise de l'absorption de l'eau et une élévation de la consommation d'oxygène, elle correspond en fait à un processus de croissance affectant la radicule puis l'émergence de l'épicotyle et des cotylédons, qui constituent la partie aérienne de la plantule (Nivot, 2005).

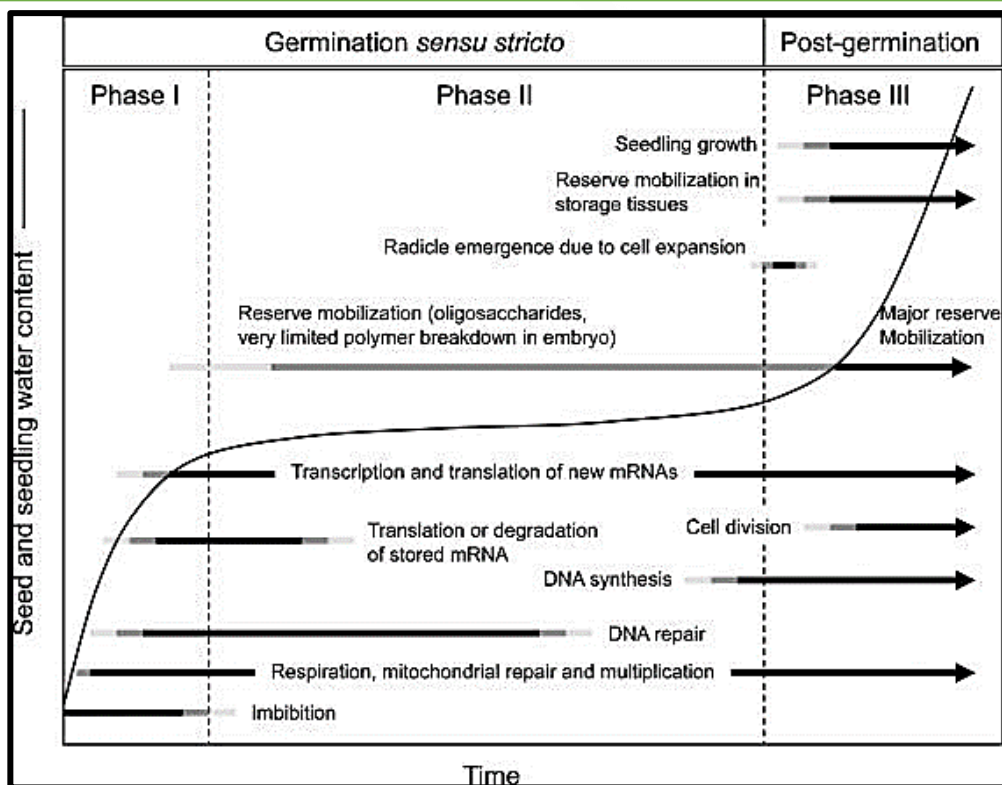


Figure 06 : Principaux événements liés à la germination (d'après Bewley, 1997).

## II- Stress hydrique

### 1- Définitions des stress

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (Hopkins., 2003). Selon Dutuit et *al* (1994), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement. Au niveau d'un écosystème par exemple, toute contrainte externe qui limite la productivité en deçà de la potentialité génétique d'une plante peut être considérée comme stress (Grime., 1979 in Baba Sidi Kaci., 2010). On distingue deux grandes catégories de stress (Lamkadem et Debbach, 2014) : biotique (imposé par d'autres organismes) et abiotique (provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité).

## 2- Notion du stress hydrique

Également appelé « pénurie d'eau », voire « rareté de l'eau » dans les cas les plus extrêmes, le stress hydrique est une situation critique qui surgit lorsque les ressources en eau disponibles sont inférieures à la demande en eau.

D'une manière générale, le stress hydrique provient essentiellement d'un déséquilibre à la fois géographique et temporel. Ce terme de « stress hydrique » désigne notamment dans certaines zones géographiques et pendant une certaine période :

- Une demande en eau qui dépasse la quantité d'eau disponible ;
- Une qualité de l'eau qui nécessite d'en limiter son usage (par exemple : une eau non potable, une eau saumâtre, etc.).

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (Laberche, 2004).

D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation optimale des tissus. D'un point de vue physique, le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le sol en dessous d'une certaine valeur, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température, vent) (Lamaze et *al.*, 1994).

## 3- Mécanismes des réponse aux stress hydrique

Que la plante soit continuellement en situation de stress, ou saisonnièrement, ou ponctuellement, elle a besoin de survivre. Pour tolérer au dessèchement, la plante peut utiliser différentes stratégies, soit individualisées ou combinées.

### 3-1- L'évitement

La stratégie d'évitement est la capacité d'une plante à supporter une sécheresse en évitant ou retardant la déshydratation des tissus, conservant ainsi un potentiel hydrique interne élevé et satisfait en présence de stress hydrique (Clavel et *al.*, 2005). Selon Elhassani et Persoons, (1994), dans le cas de l'évitement, la plante accomplit son cycle végétatif en dehors des périodes de sécheresse qui pourraient interférer de façon significative avec le

rendement. Elle permet à la plante de traverser des périodes de sécheresse en privilégiant la limitation de la perte en eau, ce qui restreint la chute de potentiel hydrique des tissus.

### 3-2- L'esquive

Consiste à maintenir un état hydrique interne satisfaisant en présence d'une contrainte hydrique. Ce potentiel hydrique élevé peut être obtenu par :

- L'augmentation de l'absorption racinaire de l'eau : Cette augmentation peut être obtenue par un système racinaire dense, profond et à rapport pondéral racines sur tiges élevé. Les plantes à enracinement superficiel et peu dense vont souffrir plus d'un déficit hydrique que les plantes à enracinement profond (Elhassani et Petersoons, 1994).
- Réduction des pertes en eau : Selon Levitt, (1972), la régulation stomatique constitue le principal mécanisme de contrôle instantané des pertes en eau. La résistance cubculaire, la réduction de la surface foliaire et des radiations interceptées (présence de cire ou changement de position de la feuille) constituent autant de mécanismes de réduction des pertes en eau de la plante (Elhassani et Persoons, 1994).

Selon Guyot, (1998), il existe des espèces dites iso hydriques (poikilohydriques) capables de supporter des variations importantes de potentiel hydrique, et des espèces anisohydriques (sténohydriques) qui ne supportent que des variations de potentiels limités et dont le potentiel suit l'évolution de celui du sol. La plupart des espèces sont classées dans cette deuxième catégorie. Pour ces deux types de plantes, le mécanisme de commande de la régulation stomatique est différent. Pour les plantes isohydriques, les stomates sont commandées par l'acide abscissique (A.B.A) émis par les racines ; alors que pour les espèces anisohydriques, le mécanisme de fermeture des stomates semble dépendre en premier lieu du potentiel foliaire et éventuellement en second lieu de l'A.B.A émis par les racines, mais en quantités moindre que pour les plantes isohydriques.

La densité stomatique paraît également un autre moyen pour esquiver une sécheresse. En effet, Miskin et *al.*, (1972), en étudiant l'effet de la densité stomatique sur la transpiration, la photosynthèse et la résistance stomatique de quelques variétés d'orge, ont conclu que la sélection des plantes à faible densité stomatique serait un moyen efficace et logique pour trouver des cultivars résistants au stress hydrique.

### 3-3- La tolérance

Selon Leclerc, (1999), si l'évitement ou l'esquive ne sont pas possibles, il faut faire face et résister, ce qui n'est possible que dans certaines limites. Une plante résistante au stress hydrique possède des caractères morphologiques et métaboliques lui permettant de maintenir une teneur en eau de ses tissus élevés (Levitt, 1972). Ces caractères sont conditionnés par la nature de leur métabolisme et par les propriétés chimiques de leurs protoplasmes. Elhassani et Persoons, (1994) considèrent qu'une plante est résistante au déficit hydrique, quand elle est capable de maintenir son activité métabolique sous de faibles potentiels d'eau jusqu'à un point donné. Ces auteurs ont observé que la tolérance au déficit hydrique est liée à des adaptations de nature physiologiques et son degré varie selon les espèces et le stade de croissance.

En matière d'adaptation et de tolérance au stress hydrique, Leclerc (1999), rapporte qu'il apparaît dans la plante des caractères d'adaptation des structures ou des molécules. Adaptation de structures membranaire, stabilisation cytoplasmique par la synthèse des protéines spéciales ; changement d'activité peroxydase, accumulation d'antioxydants (acide ascorbique) des substances osmotiquement actives (polyols, proline, bétaine) ou des métabolites secondaires intervenant dans de nombreux processus de défense (anthocyanes, flavonoïdes variées), des hormones dits de détresse (acide abscissique et acide jasmonique).

### 4- Mécanismes moléculaires de la tolérance au stress hydrique

La tolérance à la sécheresse est le résultat de mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires complexes. L'expression de différents gènes et l'accumulation de divers osmolytes tels que la proline, les sucres solubles (l'ajustement osmotique) couplés à un système antioxydant efficace sont souvent les principaux mécanismes de tolérance au déficit hydrique. Plusieurs de ces mécanismes ont été caractérisés chez différentes plantes (Kiani, 2007) Les différents mécanismes adaptatifs combinés entre eux peuvent conférer aux plantes des comportements différents en situation de contraintes hydriques. L'adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héréditaires, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant. Les modifications morphologiques et physiologiques associées au métabolisme acide des crassulacées (CAM) sont des exemples d'adaptation (Hopkins, 2003).

Il existe des mécanismes moléculaires actifs, spécifiques du déficit hydrique, qui sont mis en jeu à l'échelle de gènes et protéines. L'analyse des réponses au déficit hydrique au niveau de l'expression des transcrits a permis d'identifier des gènes qui sont induits lors d'un déficit hydrique et qui participent ainsi potentiellement aux réponses de la plante (Rabbani et *al.*, 2003). De plus une meilleure compréhension des mécanismes génétiques, qui sont à la base de la tolérance à la sécheresse, chez les plantes, est nécessaire pour développer des variétés plus adaptées et performantes.

Des études ont permis de classer les protéines identifiées en différentes catégories selon leur fonction. Le premier groupe de protéines intègre une grande famille de protéines qui sont les LEA. Ces polypeptides sont synthétisés à la fin de l'embryogenèse, ce qui confère leur nom, leur nature est hydrophile. Elles sont fortement exprimées dans les tissus des plantes en réponse à des facteurs de stress environnemental (Wong, 2009). Le deuxième groupe de protéines est les aquaporines. En condition de stress hydrique, les plantes équilibrent leur état hydrique en ajustant la conductibilité de l'eau de leurs tissus, les tissus vasculaires et les cellules de garde jouent un rôle important dans ce processus (Maurel et Chrispeels, 2001).

# CHAPITRE 02 :

## Matériel et méthodes



## 1- Matériel Végétale

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf). Les semences de ces dernières ont été fournies par l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) d'EL-Khroub Constantine (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Principales caractéristiques des deux variétés de blé dur étudiées :

| Variété         | Caractéristique   |
|-----------------|---|
| <b>Beliouni</b> | C'est une variété locale ancienne, elle est caractérisée par sa bonne adaptation et sa tolérance au stress hydrique, et aussi ses rendements jugés stables.   |
| <b>Waha</b>     | Elle a été obtenue par l'ICARDA (International Center of Agriculture Research in the Dry Areas) en Syrie, et dénommée « SHAM1 ». Elle a été introduite en Algérie depuis 1975. Elle est caractérisée par son tallage fort, sa tolérance au froid, et sa moyenne tolérance à la sécheresse. Elle donne aussi une bonne stabilité du rendement. |

## 2- Mise en place de l'essai : Application du stress hydrique et stade de mesure

L'essai a été réalisé au niveau du laboratoire de Génétique Biochimie et Biotechnologie Végétale, (équipe IV : Physiologie Moléculaire et Biodiversité des Plantes) à Chaabat EL Rasses, Université Mentouri Constantine1.

Notre étude consiste à analyser l'effet d'une contrainte hydrique au stade germination du blé dur. Les graines choisies doivent être saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme. Les graines de chaque variété ont été stérilisées à l'aide d'une solution d'eau de javel (hypochlorite de sodium à 5%) pendant 15 minutes puis rincées cinq fois à l'eau stérile pour éliminer toute trace de l'hypochlorite de sodium. Les graines ont été mis à germer dans des boîtes de Pétri tapissées de deux couches de papier filtre, à raison de 30 graines par boîte

avec trois répétitions par traitements et par variétés. Les trois traitements utilisés sont les suivantes : 0, 10 et 20% de PEG 6000. Les boites témoin ont été imbibées avec de l'eau distillée tandis que les autres ont été imbibées avec des solutions de PEG600 de différentes concentrations. 10 ml de chaque solution ont été ajoutés à chaque boite de Pétri, chaque 48 h pour une durée de 10 jours. Dans le cas du contrôle, ce fut de l'eau distillée. Les boites sont mises à l'obscurité à une température de 23°C±2°C. La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm. Après l'obtention de la radicule, les boites sont mises à la lumière avec une photo période de 16h de lumière et 6h d'obscurité.

### 3- Variables mesurés

#### 3-1- Paramètres Morpho-physiologiques

##### 3-1-1- Taux de germination finale (G %)

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration des PEG qui présente la limite physiologique de germination des graines de blé dur. La germination est notée après 10 jours, il est exprimé par le rapport : Nombre de graine germée dans le dernier jour sur le nombre total de graine. Le taux de germination a été déterminé selon la formule de Côme (1970) :

$$G (\%) = (NGG/NTG) * 100$$

G (%) représente le pourcentage de germination ;

NGG représente le nombre de graines germées ;

NTG représente le nombre total de graines incubées.

##### 3-1-2- Cinétique de germination (CG, %)

La cinétique de germination est calculée par le nombre de graine germées à 24, 48, 72, 96, 120, 144, et 168 h après le début de l'expérience, rapportées au nombre de graines mises en germination:

$$CG(\%) = 100(\text{Nombre de graines germées à TN}/NTG)$$

TN= à 24, 48,....., 168h.

NTG représente le nombre total de graines incubées.

### **3-1-3- Longueur de racine (cm)**

La longueur maximale des racines est la longueur de la racine la plus longue, la mesure de la longueur de racine a été réalisée avec un papier millimètre.

### **3-1-4- Longueur de la coléoptile (cm)**

La longueur des coléoptiles est mesurée à partir de la graine jusqu'à la sortie de la première vraie feuille à l'aide d'un papier millimètre.

## **3-2- L'analyse des protéines totales par SDS-PAGE**

Les protéines sont des molécules jouent un rôle dans la structure et la fonction de la cellule, on peut les isoler, les analyser et les étudier. Un des outils d'analyse du protéome le plus souvent utilisé est l'électrophorèse qui est une technique biochimique de séparation fondée sur le fait que des molécules portant des charges électriques migrent à des vitesses différentes lorsqu'elles sont placées dans un champ électrique. La séparation des protéines par SDS-PAGE permettant une séparation des molécules dans le gel selon leur poids moléculaire. La technique électrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en présence de SDS est réalisée selon la méthode de Laemmli, (1970) citée par De Leonardis et al., (2007). Cette technique permet de déterminer le poids moléculaire des sous unités formant une protéine, et de se rendre compte du degré de purification atteint à chaque étape.

### **3-2-1- Extraction des protéines totales**

Les protéines totale des feuilles sont extraites selon la méthode de De Leonardis et al.,( 2007). L'extraction commence par le broyage de 100 mg des échantillons de chaque niveau de stress dans l'azote liquide à l'aide d'un mortier et un pilon puis ajouter 1 ml de la solution de précipitation (Annexe.01), homogénéiser et on laisse reposer une heure à - 20°C et centrifuger 15mn à 4°C à 13 000 rpm. L'étape suivante consiste à éliminer le surnageant en renversant le tube tout en veillant à ne pas détacher le culot, laver le culot avec 1ml de solution de rinçage (Annexe.01), laisser reposer une heure à - 20°C puis éliminer le surnageant délicatement. Dans un dessiccateur et pendant 30 minutes à 60°C on fait sécher les tubes puis réduire le culot en poudre à l'aide d'une baguette en verre. Le culot ainsi réduit est récupéré dans 100 µl de tampon de solubilisation Laemmli buffer (Annexe.01), vortexer et

pour finir passer à une centrifugation 10 minutes à 20°C et stocker à -20°C. Le produit est enfin prêt à être déposé après sa décongélation.

### 3-2-2- Dépôts des échantillons et migration dans le gel

25 µl de chaque échantillon est déposé dans un puits à l'aide d'une microseringue tout en respectant l'endroit du dépôt de marqueur de taille. Après chaque dépôt la seringue doit être rincée avec le tampon de migration. La cuve d'électrophorèse est remplie avec un volume suffisant de tampon de migration (Annexe.02). Enfin, la cuve est fermée et est reliée à un générateur qui va assurer le passage du courant électrique. La migration est menée à une intensité constante de 30mA/gel. Une fois la migration terminée, il faut attendre jusqu'à ce que le front de BBP atteigne le bord inférieur des plaques (Approximativement 45 min).

### 3-2-3- Fixation et coloration

Après la fin de la migration, les gels sont démoulés et récupérés dans des bacs en plastique puis recouverts avec une solution de coloration est constituée d'un fixateur des protéines, le TCA (acide trichloracétique) à 60% et d'un colorant, le bleu de Coomassie R250 (Annexe 02). Les gels doivent être maintenus en agitation pendant 45min pour éviter le dépôt du colorant. Après ils sont décolorés dans de Solution de décoloration (Annexe 02).

## 4- Traitement des données

Afin de pouvoir caractériser les différences existant entre les deux variétés étudiées concernant les différents paramètres mesurés, les moyennes, l'ecartypes, ainsi que l'analyse de la variance ANOVA à deux facteurs de classification ont été utilisés, le facteur variété, facteur traitement ont été réalisée par l'utilisation logiciel d'analyse statistique *Excel-stat 2009*. En ce qui concerne l'analyse des protéines totales par SDS-PAGE, le gel obtenu a été traité par le logiciel *PhotoCapt*. La présence des bandes est codée par « 1 » et leur absence par « 0 ».

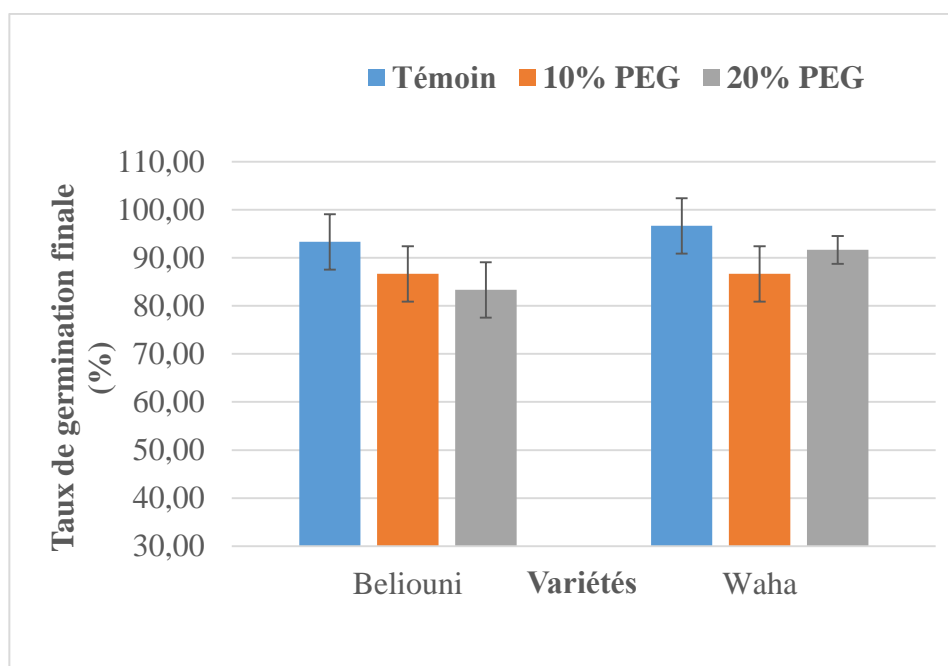
# CHAPITRE 03 :

## Résultats et discussion

## 1- Effet du stress hydrique sur les paramètres morpho-physiologiques

### 1-1- Variation de taux de germination

Le taux de germination varie en fonction de traitement appliqué par PEG 6000. Les valeurs obtenues indiquent que la capacité germinative des graines diminue à mesure que la concentration en PEG 6000 augmente. La figure 07 montre que dans les conditions de l'absence de PEG 6000, dans une solution témoin, l'ensemble des graines testées ont été germé en totalité, en atteignant presque les 100 %, aussi bien pour la variété Waha (96.67%) que la variété Beliouni (93.33%). L'histogramme montre que quelle que soit la variété Beliouni ou Waha, la capacité germinative des graines stressés est réduite comparativement au témoin et ceci pour les deux concentrations utilisées de PEG 6000. Le résultat obtenu permet de noter que la variété Waha paraît plus tolérante au stress hydrique que la variété Beliouni (Figure 7).



**Figure 07** : Variation du taux de germination finale chez deux variétés de blé dur soumises en condition de stress osmotique

L'analyse de la variance à deux facteurs de ce paramètre fait ressortir une différence non significative pour le facteur Variété ( $p > 0.153$ ), une différence significative pour le facteur

traitement stress ( $P > 0.038$ ) et une différence non significative pour l'interaction Variétés\*Traitement ( $P > 0.431$ ) (Tableau 03).

**Tableau .03:** Comparaison des moyennes de taux de germination finale obtenues à partir des différents traitements de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

| Source                     | ddl | Somme des carrés | Carré moyen | F de Fisher | Pr > F |
|----------------------------|-----|------------------|-------------|-------------|--------|
| <b>Variétés</b>            | 1   | 68.056           | 68.056      | 2.333       | 0.153  |
| <b>Traitement</b>          | 2   | 252.778          | 126.389     | 4.333       | 0.038  |
| <b>Variétés*Traitement</b> | 2   | 52.778           | 26.389      | 0.905       | 0.431  |

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% pour le facteur traitement présente deux groupes homogènes. Le premier groupe A correspond au témoin avec une moyenne générale de 95.00%. Le deuxième groupe B correspond aux traitements de stress 10 et 20 % avec des moyennes générales de 87.5 et 86.67% successivement.

**Tableau 04 :** Classement des groupes niveaux de stress hydrique chez les deux variétés pour le taux de germination finale, « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 % ».

| Modalités          | Moyenne | Regroupements |   |
|--------------------|---------|---------------|---|
| <b>Témoin</b>      | 95.000  | A             |   |
| <b>20% PEG6000</b> | 87.500  |               | B |
| <b>10% PEG6000</b> | 86.667  |               | B |

Des études sur l'effet de la quantité d'eau disponible, pendant la phase germinative des graines de blé dur ont été faites. Les pourcentages finaux de la germination, comparativement au contrôle, diminuent au fur et à mesure que le potentiel osmotique augmente chez le blé dur (Hamla, 2016). Ses résultats confirment l'effet du PEG-6000, sur le taux de germination des variétés de blé dur étudiées, mais aussi une différence de sensibilité entre génotypes vis-à-vis de cette contrainte (Hamla, 2016). Certaines variétés se montrent plus sensibles à mesure que la concentration du PEG-6000 augmente, alors que d'autres y réagissent relativement à moindre mesure. D'après Prado et *al.*, (2000), la diminution du taux de germination est due à

un processus de dormance osmotique développé sous conditions limitantes. Cela constitue une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales.

### 1-2- Variation de la cinétique de germination

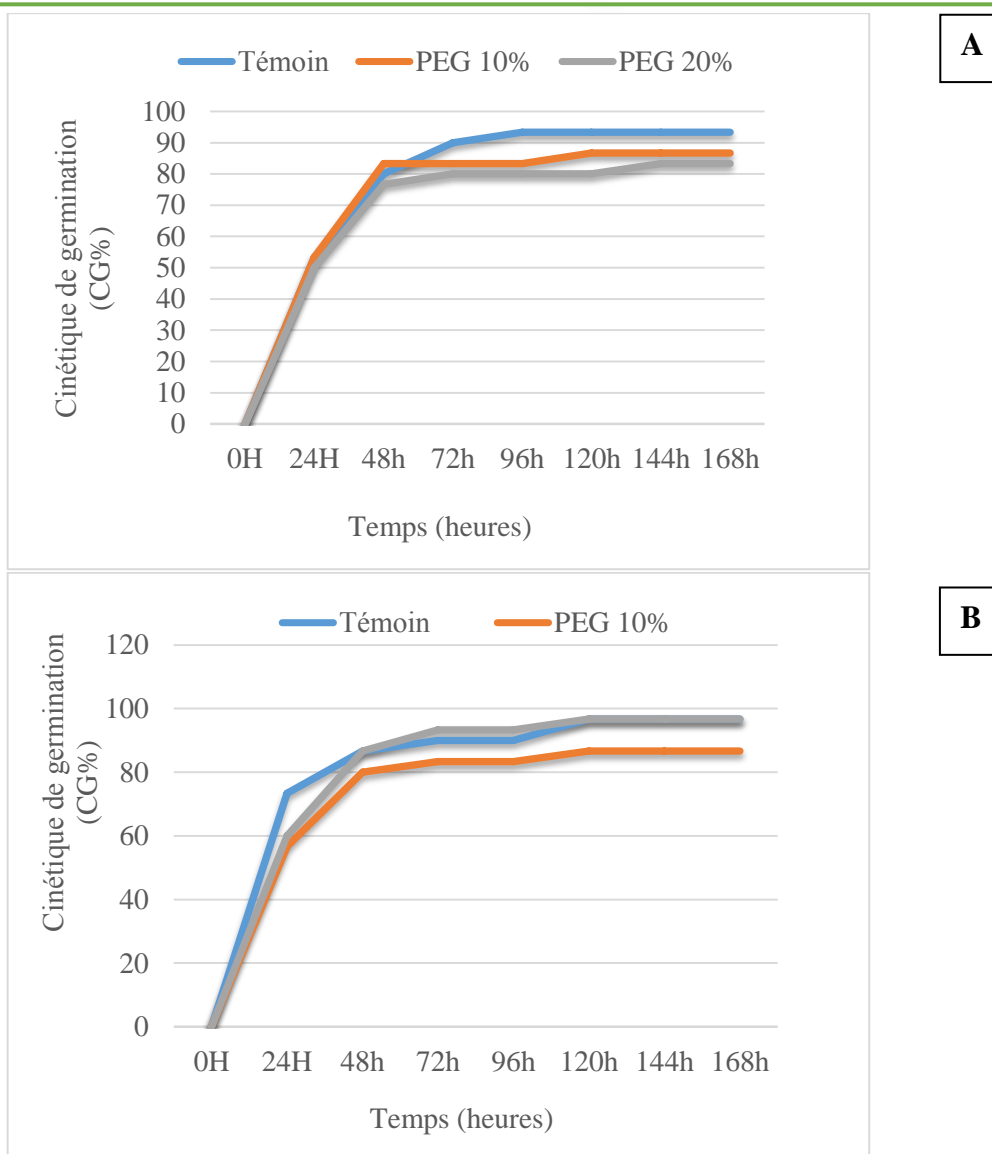
La figure 8 représente l'évolution de la germination des deux variétés de blé dur Beliouni (Figure 8.A) et Waha (Figure 8.B) en fonction du temps pendant 7 jours pour l'ensemble du traitement de stress hydrique appliqué par l'ajout de PEG 6000 à 10% et 20%. Les deux courbes montrent un ralentissement de la cinétique de germination en fonction de l'augmentation de la concentration en PEG 6000 qui varie distinctement avec l'espèce et le traitement (Figure 8).

Au niveau des témoins, la germination des variétés Beliouni et Waha a connu une évolution rapide au bout du 1<sup>er</sup> jour. Un ralentissement de taux de germination des graines est remarqué à partir du 2<sup>ème</sup> jour jusqu'à 4<sup>ème</sup> jour. Après le 4<sup>ème</sup> jour le taux de germination des graines a connu une stabilisation. La même durée (24h) a été suffisante pour l'apparition des premières germinations aux concentrations de PEG 6000 (10 et 20%) chez les variétés.

La germination a atteint le taux de 86.67 % au bout du 5<sup>ème</sup> jour dans la solution PEG 10% chez les variétés Beliouni et Waha. Alors qu'elle s'est arrêtée au taux de 83.33% et 96.67% au bout du 6<sup>ème</sup> jour dans la solution PEG 20% chez la variété Beliouni et Waha respectivement.

L'application du stress hydrique à différentes concentrations de PEG 6000 a provoqué une augmentation du temps nécessaire pour la germination chez les deux variétés testées, mais avec un ralentissement plus important pour la variété Beliouni et un taux de germination finale moindre. Cette diminution est due à la réduction de l'utilisation des réserves des graines (Askri *et al.*, 2007). D'autre part, une étude sur l'effet de stress salin sur le comportement germinatif des grains a montré que, l'augmentation de la concentration en NaCl a également provoqué, un allongement de la période de germination. Ce retard s'expliquerait par le temps nécessaire à la graine afin de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (Jaouadi *et al.*, 2010).





**Figure 08 :** Courbes de la cinétique de germination des deux variétés de blé dur (A : Beliouni ; B : Waha) soumis en condition de stress osmotique

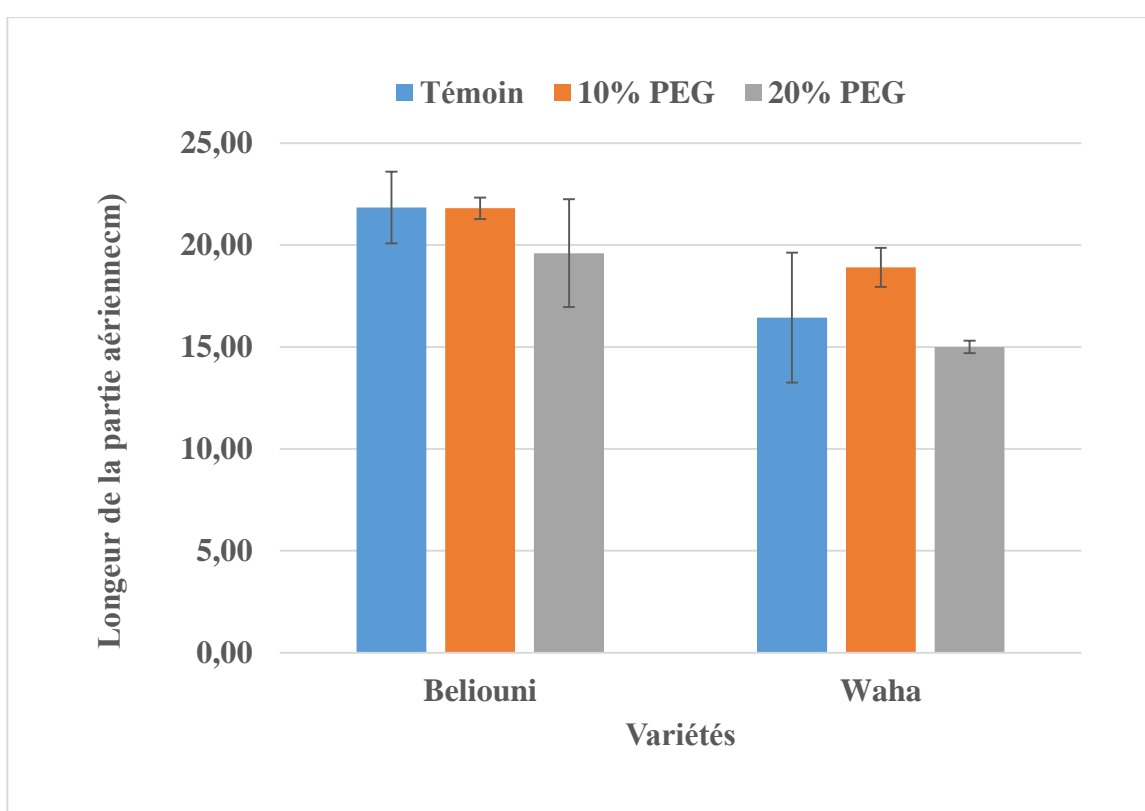
### 1-3- Variation de la longueur de la partie aérienne

Les deux variétés testées se comportent de la même façon vis-à-vis le stress hydrique appliqué par le PEG, avec une certaine réaction de réduction plus marquée pour le génotype Waha (Figure 9).

Au niveau des témoins, la longueur de la partie aérienne la plus élevée est notée chez la variété Beliouni avec une valeur maximale de  $(21.83 \pm 1.75)$  cm alors que la valeur minimale égale à  $(16.43 \pm 3.19)$  cm enregistrée chez la variété Waha (Figure 9).

Sous l'effet du déficit hydrique, pour le premier niveau de stress qui correspond à une concentration de 10% de PEG 6000, la valeur maximale est observée chez la variété Beliouni de  $(21.8 \pm 0.52)$  cm, alors que la valeur minimale est enregistrée chez la variété Waha de  $(18.9 \pm 0.95)$  cm (Figure 9).

Pour le dernier niveau de stress qui correspond à une concentration de 20% de PEG 6000, on remarque une diminution chez les deux variétés par rapport au témoin. La valeur maximale est noté dans la variété Beliouni de  $(19.6 \pm 2.65)$  cm, tandis que la valeur minimale de  $(15 \pm 0.3)$  cm observée chez la variété Waha (Figure 9).



**Figure 09 :** Variation de la longueur de la partie aérienne chez deux variétés de blé dur soumis au stress osmotique

L'analyse de variance de la longueur de la partie aérienne fait ressortir une différence très hautement significatives pour l'effet variété, une différence significative pour l'effet traitement alors il n'existe pas une différence significative entre interaction variété \*traitement.

**Tableau .05** : Analyse de variance de longueur des parties aériennes obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur

| Source                     | ddl | Somme des carrés | Carré moyen | F de Fisher | Pr > F |
|----------------------------|-----|------------------|-------------|-------------|--------|
| <b>Variétés</b>            | 1   | 83.205           | 83.205      | 23.170      | 0.000  |
| <b>Traitement</b>          | 2   | 28.288           | 14.144      | 3.939       | 0.048  |
| <b>Variétés*Traitement</b> | 2   | 4.890            | 2.445       | 0.681       | 0.525  |

Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en trois groupes. Le premier groupe A (PEG6000 à 10%) présente la longueur des coléoptiles les plus longue 20.35cm suivi par le deuxième groupe intermédiaire AB, il représente le lot témoin avec une moyenne égale à 19.33 cm. Par contre le dernier groupe B (PEG 6000 à 20%) présent la moyenne la plus faible 17.30 cm.

**Tableau 06** : Classement des groupes niveaux de stress hydrique chez les deux variétés pour de la longueur des parties aériennes « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».

| Modalités          | Moyenne | Regroupements |   |
|--------------------|---------|---------------|---|
| <b>10% PEG6000</b> | 20.350  | A             |   |
| <b>Témoins</b>     | 19.133  | A             | B |
| <b>20% PEG6000</b> | 17.300  |               | B |

Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur variété en deux groupes A et B. Le premier groupe (A) représente la variété Belioni avec une moyenne de 21.08 cm. Le groupe B avise la variété Waha avec une moyenne générale de 16.79 cm.

**Tableau 07** : Classement des groupes facteur Variété dans les trois traitements pour la longueur des parties aériennes « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».

| Modalités      | Moyenne | Regroupements |   |
|----------------|---------|---------------|---|
| <b>Belioni</b> | 21.078  | A             |   |
| <b>Waha</b>    | 16.778  |               | B |

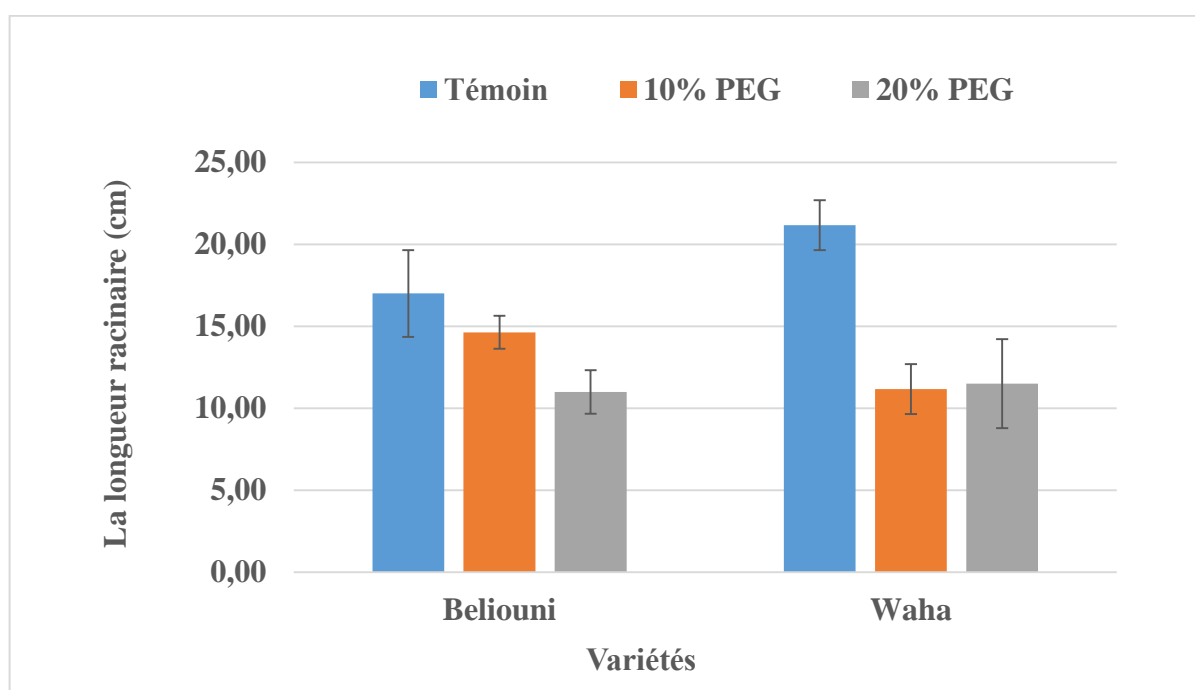
Ces données confrontées au test statistique à l'aide de l'analyse de la variance et la comparaison des moyennes, révèlent un effet très hautement significatif du facteur génotype ( $P > 0.000$ ) et un effet significatif pour le facteur traitement ( $P > 0.048$ ). Par contre l'interaction est non significative pour les deux indices ( $P > 0.525$ ).

#### 1-4- Variation de la longueur racinaire

Les résultats de l'analyse du système racinaire, sous différentes concentrations de PEG6000 sont présents sur la figure n° 10. On observe une diminution de la longueur racinaire chez les deux variétés étudiées en présence de PEG 6000 (10 et 20)%.

En présence de 10 % de PEG 6000 les valeurs notées sont de l'ordre de ( $14.63 \pm 1.01$ ) cm chez Beliouni et de ( $11.17 \pm 1.53$ ) cm chez Waha.

La longueur racinaire la plus élevée est notée chez les plantules témoins, les valeurs varient entre 21.7 cm (chez Waha) et 17 cm (chez Beliouni). Alors les valeurs les plus faibles sont noté au niveau 20% de PEG 6000 avec une moyennes de ( $11.5 \pm 2.72$ ) cm chez la variété Waha et une moyenne de ( $11 \pm 1.32$ ) cm chez la variété Beliouni (Figure 10).



**Figure 10:** Variation de la longueur racinaire chez deux variétés de blé dur soumis au condition de stress osmotique

Les résultats de l'analyse de variance montrent une différence très hautement significative pour l'effet traitement ( $P < 0,0001$ , ainsi qu'un effet de l'interaction (Génotype x Traitement) significatif ( $P > 0,016$ ). Toutefois l'effet génotype n'est pas significatif ( $P > 0,664$ ).

**Tableau .08** : Analyse de variance de longueur racinaire obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur

| Source                     | ddl | Somme des carrés | Carré moyen | F de Fisher | Pr > F   |
|----------------------------|-----|------------------|-------------|-------------|----------|
| <b>Variétés</b>            | 1   | 0.720            | 0.720       | 0.198       | 0.664    |
| <b>Traitement</b>          | 2   | 204.634          | 102.317     | 28.148      | < 0,0001 |
| <b>Variétés*Traitement</b> | 2   | 43.723           | 21.862      | 6.014       | 0.016    |

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur traitement en deux groupes homogènes. Le premier A contient la valeur la plus élevée de la longueur racinaire qui enregistre chez le lot témoin (19.08 cm). Le deuxième groupe B porte respectivement les deux traitements PEG 6000 10% (12.9 cm), PEG 6000 20% (11.25 cm).

**Tableau 09** : Classement des groupes niveaux de stress hydrique chez les deux variétés pour la longueur racinaire « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 % ».

| Modalités          | Moyenne | Regroupements |   |
|--------------------|---------|---------------|---|
| <b>Témoins</b>     | 19.083  | A             |   |
| <b>10% PEG6000</b> | 12.900  |               | B |
| <b>20% PEG6000</b> | 11.250  |               | B |

L'intensité du stress hydrique imposé a provoqué une réduction de la longueur des racines des deux variétés. Cette réduction est plus importante au niveau de stress sévère. Cette réduction est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine lors des stress (Fraser *et al.* 1990). La relation entre le degré de développement du système racinaire et la tolérance de la sécheresse a été prouvée chez plusieurs espèces. Matsuura *et al.*, (1996) rapportent que sous stress hydrique la longueur totale de la racine diminue chez le maïs et augmente chez le millet et le sorgho. Ils estiment ainsi qu'il existe une relation positive entre la longueur de la racine et la tolérance à la sécheresse.

## 2- Effet du stress sur les protéines totales des feuilles

Le profil des protéines totales des feuilles des deux variétés de blé dur étudiés, obtenus par SDS-PAGE révèlent des variations entre les génotypes témoins et stressés, ils présentent des bandes de bonne résolution. Le nombre total des bandes polypeptidiques obtenus est de 51 bandes répertoriées avec des PM différents, leur poids moléculaire varie de 14.847 à 99.719 KDa .

Le diagramme montre l'existence de 15 bandes qui ont été observée aussi bien chez les témoins que chez les stressés, 13 bandes n'ont été observées que chez les témoins et 21 bandes sont apparues chez les stressés (Tableau 10). On remarque aussi que le nombre des bandes chez les stressés est plus élevé par rapport aux bandes apparues chez les témoins.

Suite à une exposition à un stress modéré en présence de 10% de PEG 6000, les 19 bandes protéiques révélées chez la variété Belioni sont de : 14.84 , 16.14 , 18.63 , 20.26 , 21.90 , 23.23 , 27.74 , 32.36 , 35.29 , 38.79 , 40.51 , 44.01 , 46.47 , 52.78 , 55.24 , 57.28 , 65.07 , 74.99 , 99.71 KDa. En revanche, les 15 bandes qui sont détectées chez la variété Waha sont les suivantes : 17.21 , 18.63 , 21.90 , 26.58 , 27.74 , 32.36 , 38.98 , 42.25 , 44.21 , 47.96 , 52.78 , 54.57 , 58.19 , 64.61 , 81.55 . KDa (Tableau10).

Sous l'effet traitement 20% de PEG 6000, on note l'accumulation de 15 bandes protéiques chez la variété Belioni : 14.84 , 17.21 , 18.63 , 21.90 , 26.58 , 27.74 , 32.36 , 35.29 , 38.22 , 41.09 , 44.01 , 46.47 , 52.78 , 54.57 , 57.05 KDa. Mais seulement 14 bandes protéiques ont été révélées chez Waha : 15.03 , 17.21 , 18.85 , 20.26 , 20.90 , 26.58 , 28.00 , 32.36 , 35.65 , 38.79 , 44.01 , 47.96 , 52.78 , 54.57 KDa (Tableau 10).

Les résultats obtenus montre que les protéines qui ont les poids moléculaire de : 17.21 , 18.63 , 21.90 , 27.74 , 32.36 , 52.78 , 54.57 KDa sont toujours présentent chez les deux variétés quel que soit le stress appliqué (Tableau 10).

**Tableau 10** : Diagramme présence / absence des bandes dans les feuilles des deux variétés de blé dur soumis aux stress hydrique appliqué par l'ajout de PEG 6000 (10 et 20)%.

| Pois M (KDa) | Témoin Beliouni | 10% PEG Beliouni | 20% Beliouni | Témoin Waha | 10% PEG Waha | 20% Waha |
|--------------|-----------------|------------------|--------------|-------------|--------------|----------|
| 14.8         | 0               | 1                | 1            | 0           | 0            | 0        |
| 15.0         | 0               | 0                | 0            | 0           | 0            | 1        |
| 16.1         | 0               | 1                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 17.2         | 0               | 0                | 1            | 1           | 1            | 1        |
| 18.6         | 0               | 1                | 1            | 1           | 1            | 0        |
| 18.8         | 0               | 0                | 0            | 0           | 0            | 1        |
| 19.7         | 0               | 0                | 0            | 1           | 0            | 0        |
| 20.2         | 0               | 1                | 0            | 0           | 0            | 1        |
| 21.9         | 0               | 1                | 1            | 1           | 1            | 1        |
| 23.2         | 0               | 1                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 23.7         | 0               | 0                | 0            | 1           | 0            | 0        |
| 26.5         | 0               | 0                | 1            | 0           | 1            | 1        |
| 26.7         | 0               | 0                | 0            | 1           | 0            | 0        |
| 27.7         | 0               | 1                | 1            | 1           | 1            | 0        |
| 28.0         | 0               | 0                | 0            | 0           | 0            | 1        |
| 28.8         | 1               | 0                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 31.7         | 1               | 0                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 32.3         | 0               | 1                | 1            | 1           | 1            | 1        |
| 34.7         | 1               | 0                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 35.2         | 0               | 1                | 1            | 0           | 0            | 0        |
| 35.6         | 0               | 0                | 0            | 1           | 0            | 1        |
| 38.2         | 0               | 0                | 1            | 0           | 0            | 0        |
| 38.7         | 0               | 1                | 0            | 1           | 0            | 1        |
| 38.9         | 1               | 0                | 0            | 0           | 1            | 0        |
| 40.5         | 0               | 1                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 41.0         | 0               | 0                | 1            | 0           | 0            | 0        |
| 41.6         | 0               | 0                | 0            | 1           | 0            | 0        |
| 42.2         | 0               | 0                | 0            | 0           | 1            | 0        |
| 42.6         | 1               | 0                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 44.0         | 0               | 1                | 1            | 0           | 0            | 1        |
| 44.2         | 0               | 0                | 0            | 0           | 1            | 0        |
| 46.4         | 1               | 1                | 1            | 0           | 0            | 0        |
| 47.9         | 0               | 0                | 0            | 0           | 1            | 1        |
| 51.0         | 1               | 0                | 0            | 0           | 0            | 0        |
| 52.7         | 1               | 1                | 1            | 1           | 1            | 1        |

|      |   |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 54.5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 55.2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57.0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 57.2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 61.3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 65.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 73.4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 74.9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 79.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 81.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 87.9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 95.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99.7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**1** : présence de bande

**0** : absence de bande.

Le stress se traduit par plusieurs changements moléculaires au niveau de la plante. Les approches employées en biotechnologies végétales permettent notamment la compréhension des mécanismes intervenants dans le phénomène de tolérance.

L'accumulation des protéines en condition de stress est due à une activation d'un ensemble de gènes permettant la synthèse des protéines spécifiques associées aux stress telles que les LEA notamment les déhydrines qui assurent une protection de l'ensemble vital des protéines 38 cellulaire (David et Grongnet, 2001), Ces protéines s'accumulent en cas de stress et en association avec la tolérance à la sécheresse dans de nombreuses plantules, surtout pour le cas des cultures annuelles tels que les céréales (Hu *et al.*, 2010).

La caractérisation moléculaire des aquaporines, des protéines qui facilitent le passage de l'eau à travers des membranes cellulaires, a révélé l'importance et la complexité des processus de régulation du transport d'eau chez les plantes. L'expression et l'activité des aquaporines sont modulées par la déshydratation. Smart *et al.*, (2001) ont montré que la répression des gènes d'aquaporines diminue la perméabilité à l'eau des membranes et peut conduire à la conservation cellulaire de l'eau pendant des périodes de contrainte hydrique. En revanche, il y a des exemples de gènes d'aquaporines, qui sont exprimés pendant le stress



hydrique ayant pour résultat une plus grande perméabilité et une augmentation du flux de l'eau (Yamada et *al.*, 1997).

La génomique fonctionnelle, qui s'intéresse à l'ensemble des transcrits (transcriptome) et des protéines (protéome) propose des stratégies très performantes pour permettre une analyse pratiquement exhaustive de l'expression de l'ensemble des gènes et des protéines. Les informations obtenues permettent de déterminer l'ordre et les conditions d'expression des gènes mais aussi de prédire leur fonction (Dubos, 2001).

# CONCLUSION

## Conclusion

La tolérance au stress hydrique, pendant la phase de germination, peut donc être considérée comme un critère important pour l'évaluation de l'aptitude des variétés de blé dur à le tolérer durant leur première phase de développement.

Notre étude porte sur l'effet de PEG 6000 sur deux variétés du blé dur (Beliouni et Waha). Les résultats obtenus de ce travail ou de présent travail présenté indique que la présence de PEG 6000 dans la solution d'irrigation affecte les paramètres de germination des graines du blé dur testés.

Le stress osmotique imposé par le PEG 6000 a provoqué un ralentissement de la germination des graines de blé dur testé. Ce ralentissement est plus marqué pour la variété Beliouni. En outre, le taux final de germination est réduit chez les graines de lot stress hydrique comparativement au témoin. Les mesures de la longueur de racines, et la longueur des parties aériennes ont été diminués en fonction des concentrations de PEG 6000 utilisées.

L'analyse du profil électrophorétique par SDS-PAGE a révélé l'absence ou la présence de certaines molécules polypeptidiques spécifiques pour chaque variété, et pour chaque traitement. Certaines d'entre elles sont observées aussi bien chez les témoins que chez les stressés, d'autres sont réprimées alors que le reste ont été induites. Ces protéines jouent un rôle primordial dans la tolérance, la protection et la stabilisation de membrane ainsi les composants cytoplasmiques lors d'un stress hydrique, ce qui permet à la plante de développer des mécanismes pour s'adapter aux conditions de l'environnement auxquelles elle est confrontée et par conséquent arrive à maintenir un fonctionnement satisfaisants.

En conclusion, les résultats des paramètres mesurés montrent que les deux variétés étudiées ont utilisé les mêmes stratégies de réponse au stress hydrique appliqué, mais avec des différents degrés. Les deux variétés Beliouni et Waha semblent être capable de mieux tolérer les différentes concentrations de stress.

# Liste des références Bibliographiques

## Liste des références bibliographiques

### A

**Agro, Agence Ecofin. 2019.** Algérie la récolte céréalière s'annonce abondante en 2019/2020. <https://www.agenceecofin.com/cereales/0807-67668-algerie-la-recolte-cerealieres-annonce-abondante-en-2019/2020>. Consulté le 16/07/2020.

**Anzala F.J., 2006.** Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (zeamays) : étude de la voie biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de doctorat. Université d'Angers. 148p.

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

### B

**Bajji M. 1999.** Etude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variantes soma clonales sélectionnés *In vitro* . Thèse de doctorat Université Louva Barroco . 2005 . The role of the cell cycle machinery in resumption of post embryonic development . *Plant Physiology* , 137:127-140 p.

**Benderradji, L. 2013.** Sélection *In vitro* pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

**Bensaadi N. 2011.** Effet du stress salin sur l'activité des  $\alpha$ -amylases et la remobilisation des réserves des graines d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) en germination. Mémoire de magistère. Université d'Oran .

**Benyahia, H, Najat, H., Arsalane, N, & Benaouda, H. 2017.** regular article selection of new promising seedless mandarins triploid hybrids from crosses between monoembryonic diploid female and diploid male parents.

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

**Bonjean A et Picard E. 1990.** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan, 235 p.

**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, 21: 29-37p.

**Bonjean A. et Picard E., 1990.** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Ed, Nathan.

**Bonjean AP, Angus WJ, Ginkel M, Van, 2016.** The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding; Paris: Lav, Vol 3.

**Bouzerzour H, Abbas K, Benmahammed A. 2003.** Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et pastorales. Recueil Des Communications. Ateliers N°3 «Biodiversité Importante Pour L'agriculture» MATEGEF/PNUD. Projet ALG/97/G31.

**Bouzidi nora 2005.** action de cinq provenances de porte – greffes francs d'abricotier (*Prunus armeniaca*. L) au déficit hydrique. Tolérance à la sécheresse.

**Bozzini A. 1988.** Origin, distribution and production of durum wheat in the world .

### C

**Cavanna, D., Loffi, C., Dall'Asta, C., & Suman, M. 2020.** A non-targeted high-resolution mass spectrometry approach for the assessment of the geographical origin of durum wheat. *Food chemistry*, 317, 126366.

**Clavel, Danièle, Drame, Nani K., Diop, Ndèye D., et al .2005 .** Adaptation à la sécheresse et création variétale: le cas de l'arachide en zone sahélienne-Première partie: revue bibliographique. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 2005, vol. 12, no 3, p. 248-260.

**Clerget Y., 2011.** Biodiversité des céréales : Origine et évolution. Montbéliard. 17p.

### D

David, J. C., & Grongnet, J. F. (2001). Les protéines de stress. *Productions animales*, 14(1), 29-40.

**De Leonardis A.M.D., Marone D., Mazzucotelli E., Neffar F., Rizza F., Fonzo N.D., Cattivelli L. & Mastrangelo A.M. 2007.** Durum wheat genes up-regulated in the early

phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner. *Plant Sci.* 172. P : 1005 -1016.

**Dutuit P., Pourrat Y., Dutuit J M., 1994:**La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sécheresse*, Vol. 5, N°. 1: 23- 31.

Dubos C. 2001. Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse de doctorat. Univ. Henri Poincaré, Nancy-I. France. P : 363–369

### E

**El hassani T.A. et Persoons E.,(1994).** Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. (éd). AUPELF-UREF: 544 p .elements in osmotic- and cold stress- responsive promoters. *Trends in Plant Science*, 10:88-94.

### F

Fraser TE, Silk WK. and Rost TL., 1990. Effect of low water potential on cortical cell length in growing region of maize roots. *Plant Physiology* 93: 648-651.

**Feillet. 2000.** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.

**Ferret. M., 1996.** Blé dur, objectif qualité. Ed. ITCF. 43p.

### G

**Gate PH. 1995.** Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351p .

**Grime. 1979 in Baba Sidi Kaci., 2010:** Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magister en gestion des agrosystèmes sahariens, Université Kasdi Merbah Ouargla : 133P.: **Salt** stress effects on root and leaves

**Guyot Jean Loup, Guimarães Valdemar, De Oliveira Eurides, Molinier Michel, Callède Jacques. 1998.** La variabilité hydrologique actuelle dans le bassin de l'Amazonie. In: *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, tome 27, N°3, 1998. Variations climatiques et ressources en eau en Amérique du Sud. Importance et conséquences des événements El Niño. pp. 779-788.

**Habash DZ, Kehel Z, Nachit M. 2009.** Genomic approaches for designing durum wheat ready for climate change with a focus on drought. *Journal of Experimental Botany*, 60(10), 2805– 2815

**Hamla C. 2016.** Thèse de Doctorat LMD. Université Des Frères Mentouri , Constantine.

**Heller R, Esnault R et al. 2004.** *Physiologie végétale II, développement.* Ed., Dunod, Paris. 64-240p .

**Hopkins W G., 2003.** *Physiologie végétale.* 2éme édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.

**Hu, L., Wang, Z., Du, H., & Huang, B. 2010.** Differential accumulation of dehydrins in response to water stress for hybrid and common bermudagrass genotypes differing in drought tolerance. *Journal of plant physiology*, 167(2), 103-109.

## J

**Jaouadi, W., Hamrouni, L., Souayeh, N., &Khouja, M. L. 2010.** Étude de la germination des graines d'Acacia tortilis sous différentes contraintes abiotiques. Base

## K

**Kiani P. 2007.** Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annuus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse

## L

**Laberche, J-C .( 2004).** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale.* Dunod. 2eme (éd). Paris: 154 -163 p.

**Lamaze T., Tousch D., Sarda X., Grignon C., Depigny-This D., Monneveux P. et Belhassen E., 1994.** Résistance de plantes a la sécheresse: mécanismes physiologiques. *Le sélectionneur Français*, 45: 75-85.

**Lemekeddem Hassna., Debbache Halima-2014.**Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination de blé.12-15-16p.

**Leclerc J.C. 1999.** *Ecophysiologie végétale.* Publication de l'université de Saint Etienne. Paris: 283 p.

**Levitt .J; (1980).** *Response of plants to environmental stress.* Acad. Press. Now York .



**Levy, A. A., & Feldman, M. 2004.** Genetic and epigenetic reprogramming of the wheat genome up on allopolyploidization. *Biological journal of the Linnean society*, 82(4), 607-613.

## M

**Maurel .C, Chrispeels .M.J; (2001).** Aquaporins . A molecular entry into plant water relations. *Plant physiology*, 125(1), 135-138.

**Matsuura, A., Inanaga, S., & Sugimoto, Y. 1996.** Mechanism of interspecific differences among four gramineous crops in growth response to soil drying. *Japanese Journal of Crop Science*, 65(2), 352-360.

**Mekhlouf A, Bouzerzour H, Benmahammed A, HadjSahraoui A, Harkati N. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) au climat semi-aride. *Sécheresse*, 17(4), 507– 513.

**Mir RR, Zaman-Allah M, Sreenivasulu N, Trethowan R, Varshney RK. 2012.** Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(4), 625–645.

**Miskin, K.E., Rasmusson, D.C. et Moss, D.N. 1972.** Inheritance and physiological effects on stomatal frequency in barley. *Crop . Sci.*, 12 : 780-783.

**Moule C. 1971 .** Céréales 2. phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236p.

## N

**Nivot N. (2005).** Essais de germination et de bouturage de six espèces indigènes sciaphytes du Canada. Université Laval.

## O

**ONFA. 2017 .** Pré-Bilan de la campagne céréalière 2016/2017. N°2.

## P

**Pomeranz Y. 1988.** Chemical composition of kernel structures. *Wheat: chemistry and technology*. Volume I: 97-158p

**Prado, F. E., Boero, C., Gallardo, M. R. A., & González, J. A. 2000.** Effect of NaCl on growth germination and soluble sugars content in *Chenopodium quinoa* Willd. seeds.

**R**

**Rabbani M.A., Maruyama K., Abe H., Khan M.A., Katsura K., Ito Y., Yoshiwara K., Seki M., Shinozaki K. & Yamaguchi-Shinozaki K. 2003.** Monitoring expression profiles of rice genes under cold, drought, and high salinity stresses and abscisic acid application using cDNA microarray and RNA gel-blot analyses. *Plant Physiol* 133, 1755-67.

**Ranieri R, 2015.** Geography of the Durum Wheat Crop, *pastaria international* 6.

**Royo, A., & Abió, D. 2003.** Salt tolerance in durum wheat cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 1(3), 27-35.

**S**

**Samson M.F., Morel M.H., 1995.** Heat Denaturation of Durum Wheat Semolina- Amylase Effects of Chemical Factors and Pasta Processing Conditions. *J. Food Science.* (60). 6, 1313-1320.

**Slama A, 1996.** Effet d'une contrainte hydrique édaphique sur le développement du système racinaire de deux variétés de blé dur. DEA de physiologie végétale, faculté des sciences de Tunis.

**Smart .L. B, Moskal .W. A, Cameron .K.D, Bennett .A. B., 2001.** MIP genes are down-regulated under drought stress in *Nicotianaglauca*. *Plant and Cell Physiology*, 42(7), 686-693.

**Soltner D. 1998.** Les grandes productions végétales : céréales , plantes sarclées ,prairies .Sainte-Gemme-sue-Loire , Sciences et Techniques Agricoles .

**U**

**USDA, 2017.** Algeria Exporter Guide.

**W**

**Wong.,(2009).** Dehydrin-like proteins in desiccation tolerance in intertidal seaweeds . *Northeastern*.45:176-187pp.

## **Annexe 01 : solution d'extraction des protéines**

### **Solution de précipitation (A) :**

TCA (100%) 10 ml (10g TCA/100ml acétone) → 10%

$\beta$ -mercaptoéthanol 70 ml → 0.07%

Acétone qsp 100ml

### **Solution de rinçage (B) :**

$\beta$ -mercaptoéthanol 70ml → 0.07%

Acétone qsp 100 ml

### **Tampon de dénaturation Laemmli 2X :**

0.5M Tris-HCL 6,8 1.25 ml

10 % SDS 2 ml

100% Glycérol 2.5 ml

$\beta$ -mércaptoéthanol 500 $\mu$ l

0.5 % Bleu de Bromophénol 50m g

Eau qsp 9.5 m

## **Annexe.02: solutions et tampons utilisés pour SDS-PAGE**

### **Tampon d'électrophorèse (solution de 2.5) :**

Glycine 35.275 g

Tris (hydroxyméthyl amino Ethan) 7.5 g

SDS 2.5 g

Eau distillée qsp 2500 ml

### **Solution de coloration :**

Solution mère de Bleu de Coomassie R-250 250 ml

Acide acétique 70 ml

Méthanol 400ml

Eau distillée qsp 1L

### **Solution de décoloration :**

Méthanol 50ml

Acide acétique 70ml

Eau distillé qsq 1L

Année universitaire : 2021-2022

Présenté par : BOUZENIR Yasser  
CHEBBAH Aya

**Intitulé : Effet du PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et biochimique des deux variétés de blé dur**

**Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et génomique végétale**

**Résumé**

Le stress hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie. Dans ce cadre, ce travail traite les impacts du déficit hydrique provoqué par PEG 6000 à deux concentrations 10 et 20% sur la réalisation des principales phases de la germination chez deux variétés de blé dur Beliouni et Waha. Le stress hydrique imposé par PEG 6000 a retardé le déroulement de germination des graines de variétés testées (le taux de germination finale et la cinétique de germination). De même, le PEG 6000 a eu un effet dépressif sur la croissance des racines et de la partie aérienne des plantules testés. D'autre part l'analyse électrophorétique par SDS-PAGE des protéines totales foliaires, montrent que le stress hydrique a inhibés certaines protéines et a induit quelques nouvelles, alors que d'autres ont été présentes chez les témoins et les stressées. En résumé, Les deux variétés testées utilisent les mêmes stratégies de réponse au stress hydrique appliqué mais à des degrés différents. Ces deux variétés peuvent être utilisées comme matrice de sélection de blé dur à la tolérance au stress hydrique.

**Mots-clefs :** Blé dur, germination, protéines, stress hydrique, tolérance,

**Laboratoires de recherche :** Génétique Biochimie et Biotechnologie Végétale (Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Encadreur :** Melle MOUELLEF A. (Maitre de conférence B- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examineur 1 :** Mme BOUSBA R. (Professeur - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examineur 2 :** Mr KELLOU K. (Maitre-assistant A- Université Frères Mentouri, Constantine 1).