



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie Végétale بيولوجيا النبات :

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 de stress hydrique sur la germination et la croissance de deux
génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum*)**

Présenté par : **HAMADI Amira.**

Le : **11/06/2024**

Rebai KHouloud

Jury d'évaluation :

Président du jury : KACEM Nadia Sandra (MCB. - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : MOUELLEF Adra (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Examineur : LOUALI Yamouna (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Année universitaire
2023 - 2024**

Remerciements

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الخلق والمرسلين، سيدنا محمد وعلى آله
وصحبه أجمعين

Je remercie avant tout "ALLAH"

Je remercie vivement mon encadrant Dr. MOUELLEF Adra maitre de conférences B à l'université Constantine1frères Mentouri, d'avoir proposé et dirigé ce travail, je la remercie pour ses conseils, son orientation et sa patience pour la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier les membres de jury :

Mme KACEM Nadia Sandra, maitre de conférences B à l'université Constantine1frères Mentouri pour avoir bien voulu présider le jury.

Mme LOUALI Yamouna, maitre de conférences B à l'université Constantine1frères Mentouri pour examiner et juger ce travail.

Je remercie également tous mes enseignants, je suis reconnaissante pour tout ce que vous avez fait pour moi. Vous m'avez guidé, encouragé et m'avez permis d'atteindre mes objectifs. Je tiens à vous remercier d'avoir créé cette opportunité pour nous, nous avons des souvenirs inoubliables à la fin de notre dernière année à l'université. Cette occasion nous a permis de nous connecter en tant que groupe, et de vivre une belle expérience.

Dédicaces

Avec toute la modestie dédie ce travail à :

Mes chers parents Lamri et Nazika .

Ma fille Misk el oula.

Mon chère frère Soufien ..

Mes chers sœurs Ines et El batoul.

Mes Amies : Noua Cttakra Sameh Nadia Fouad .

Mes collègues et mes professeurs.

Tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'aime .

AMIRA

Dédicace

*À cœur vaillant rien d'impossible, a conscience tranquille tout est Accessible. Je dédie
ce travail*

À

*Ma très chère honorable mère, qui représente pour moi le Symbole de la bonté par
excellence, je te dédie ce travail en Témoignage de mon profond amour, puisse Dieu le
tout puissant, te Préserver et t'accorder santé.*

À

*Mon très cher père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, L'estime, le
dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts
fournis jour et nuit pour mon Education et mon bien être.*

Je souhaite de tout mon cœur que Dieu les garde près de moi

À

A mes frères : chrif et oussama

Et à mes sœurs : zina et noussa

Et Ma tante : hana

A mon cher binôme amira pour chaque idée partagée et beaux moments

Khouloud

Effet de stress hydrique sur la germination et la croissance de deux géotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.)

Résumé

Le présent travail traite l'impact du déficit hydrique exprimé par l'abaissement du potentiel hydrique du milieu sur les principales phases de germination et de croissance chez deux variétés de blé tendre. Un niveau de potentiel osmotique provoqué par une solution de PEG 6000 égale à 15% avec un témoin ont été adoptés dans les milieux de germination des graines de deux géotypes de blé tendre à savoir Arz et Ain Abid. Les résultats montrent que le stress hydrique a affecté tous les paramètres morpho physiologique ; une diminution du taux de germination finale, du nombre des racines, du nombre des feuilles et de la ration PSP/PFP. En outre, la teneur en proline est augmentée en fonction de stress hydrique. Les résultats obtenus à partir de ce travail ont mis en évidence une variabilité importante entre les géotypes étudiés qui se comportent de la même manière vis-à-vis du stress hydrique en appliquant les mêmes mécanismes mais à des degrés différents.

Mots clés :

Triticum aestivum, stress hydrique, germination, proline, morpho-physiologique

تأثير الإجهاد المائي في إنبات ونمو تراكيب وراثية من القمح اللين (*Triticum aestivum* L.)

ملخص

يتناول العمل الحالي تأثير العجز المائي المعبر عنه بانخفاض الإمكانيات المائية وسط على المراحل الرئيسية للإنبات والنمو في صنفين من القمح لين. تم اعتماد مستوى القدرة الاسموزية الناتجة عن محلول PEG 6000 يساوي 15% التحكم في وسط إنبات البذور لنمطين وراثيين من القمح لين وهما الأرز وعين عبيد. أظهرت النتائج أن الإجهاد المائي أثر على جميع المعايير المورفولوجية. انخفاض في معدل الإنبات النهائي وعدد الجذور وعدد الأوراق و PSP/PFP. على ذلك، زيادة محتوى البرولين كدالة للإجهاد المائي. أبرزت النتائج التي تم الحصول عليها من هذا العمل وجود تباين كبير بين الأنماط الجينية المدروسة والتي تتصرف بنفس الطريقة فيما يتعلق بالإجهاد المائي من خلال تطبيق نفس الآليات

الكلمات المفتاحية:

Triticum aestivum، الإجهاد المائي، الإنبات، البرولين، المورفو الفسيولوجي

Effect of water stress on germination and growth of two genotypes of common wheat
(Triticum aestivum L.)

Abstract

The present work deals with the impact of the water deficit expressed by the lowering of the water potential of the environment on the main phases of germination and growth in two varieties of soft wheat. A level of osmotic potential caused by a solution of PEG 6000 equal to 15% with a control were adopted in the seed germination media of two genotypes of soft wheat namely Arz and Ain Abid. The results show that water stress affected all morpho physiological parameters; a reduction in the final germination rate, the number of roots, the number of leaves and the PSP/PFP ration. Furthermore, the proline content is increased as a function of water stress. The results obtained from this work highlighted significant variability between the genotypes studied which behave in the same way with respect to water stress by applying the same mechanisms but to different degrees.

Keywords:

Triticum aestivum, water stress, germination, proline, morpho-physiological

Liste des abréviations :

CG % : Cinétique de germination

G %: Pourcentage de germination.

NBR : Nombre de racines

NF : Nombre des feuilles

PEG : polyéthylène glycol.

R (PS/PF) : Rapport Poids sec/Poids Frai

TME : Teneur moyenne en eau

Liste des figures

Figure 01 : L'origine géographique des blés cultivés (Dubcovsky and Dvorak (2007).....	2
Figure 02 : Généalogie des blés (INRA, 2007).....	3
Figure 03 : Morphologie du blé tendre.....	5
Figure 04 : Cycle de vie du blé tendre.....	6
Figure 05 : Anatomie du grain de blé tendre.....	7
Figure 06 : Production mondiale du blé tendre.....	8
Figure07 : Courbe théorique de la germination (Bensaadi, 2011).....	11
Figure 08 : la différence entre la germination épigée et hypogée	12
Figure 09 : Blé tendre sous stress hydrique.....	15
Figure 10 : Taux de germination finale chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.....	24
Figure 11 : Courbes de la cinétique de germination des deux variétés de blé tendre (A : Arz ; B : Ain abid) soumis à un stress osmotique.....	26
Figure 12 : Variation de teneur moyenne en eau chez deux génotypes de blé tendre en fonction de l'intensité un du stress hydrique.....	28
Figure 13 : Nombre des feuilles chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.....	30
Figure 14 : Nombre des racines chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.....	32
Figure 15 : Ratio PSP/PFP chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.....	34
Figure 16 : Évaluation de la teneur en proline des deux génotypes de blé tendre soumis à un stress osmotique.....	36

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification du blé tendre (Doumandji, 2003).....	4
Tableau 02 : Évolution globale des productions de céréales durant la période 2007-2017)	9
Tableau 03 : Principales caractéristiques des deux variétés de blé tendre étudiées.....	19
Tableau 04 : Analyse de variance de taux de germination finale obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.....	25
Tableau 05 : Classement des groupes niveau de stress hydrique chez les deux variétés pour le taux de germination finale « test Newman-keuls avec intervalle a 100%.....	25
Tableau 06 : Analyse de variance de teneur en eau obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.....	28
Tableau07 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés pour le teneur en eau « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».....	29
Tableau08 : Classement des groupes facteur Variété dans les deux traitements pour le teneur en eau « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00%,».....	29
Tableau 09 : Analyse de variance de nombre des feuilles obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.....	31
Tableau 10 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés Pour de nombre des feuilles « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».....	31
Tableau 11 : Classement des groupes facteur Variété dans les deux traitements pour le de Nombre des feuilles « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00%,».....	31
Tableau 12 : Analyse de variance de nombre des racines obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.....	33
Tableau 13 : Analyse de variance de ratio PSP/PFP obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.....	34
Tableau 14 : Classement des groupes de stress hydrique chez pour de ration PSP/PFP « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».....	35

Tableau 15 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés Pour de ration PSP/PFP « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 % ».....35

Tableau 16 : Analyse de variance de teneur en proline obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.....37

Tableau 17 : Classement des groupes de génotypes chez les deux variétés pour le teneur de proline « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».....37

Tableau 18 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés pour le teneur de proline « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».....37

Tableau 19 : Classement des groupes de l'interaction génotypes* traitement pour la teneur de proline «test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».....38

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Revue bibliographique	
1. Le blé tendre (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	2
1.1. Origine géographique et génétique.....	2
1.2. Classification botanique	3
1.3. Morphologie de la plante.....	4
1.4. Phénologie de la plante.....	5
1.5. Grain du blé tendre.....	6
1.6. Exigences climatiques du blé.....	7
1.6.1 Température.....	7
1.6.2 Lumière.....	7
1.6.3 Terre.....	8
1.7 Importance économique de la culture du blé.....	8
1.7.1 Dans le monde.....	8
1.7.2 En Algérie.....	9
2. La germination.....	10
2.1 Définition.....	10
2.2 Physiologie de la germination.....	10
2.2.1 La première phase d'imbibition.....	10
2.2.2 La deuxième phase germination.....	10
2.2.3 La troisième phase croissance.....	11
2.3 Condition de germination.....	11
2.3.1 Facteurs externes de germination.....	11
2.3.2 Les factures internes de la germination.....	12
2.4 Les types de germination.....	12

3. Le stress.....	13
3.1 Notion de stress.....	13
3.2 Stress biotiques.....	13
3.3 Stress abiotique.....	13
4. Stress hydrique.....	14
4.1 Définition.....	14
4.2 L'impact du stress hydrique sur la germination.....	15
4.3 L'impact du stress hydrique sur les plants.....	16
4.4 Les mécanismes d'adaptation de plante sur le stress hydrique.....	16
4.4.1 Stratégie d'esquive.....	17
4.4.2 Stratégie d'évitement.....	18
4.4.3 Stratégie de tolérance.....	18

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel végétale.....	19
2. Mise en place de l'essai.....	19
3. Le plan expérimental	19
3.1 Préparation des solutions de PEG.....	19
3.2 La germination des graines et mise en culture.....	20
4. Les paramètres étudiés.....	20
4.1- Paramètres physiologique.....	20
4.1.1 Taux de germination finale (G %)	20
4.1.2 Cinétique de germination (CG, %)	21
4.1.3 Teneur moyenne en eau (TME)	21
4.2 Paramètres morphologique.....	22
4.2.1 Nombre des feuilles.....	22
4.2.2 Nombre de racines.....	22
4.1.3. Rapport poids sec de la plante/Poids frais de la plante (PSP/PFP).....	22
4.3. Paramètre biochimique.....	22
4.3.1 Teneur de la proline.....	22

5- Analyse statistique.....	23
-----------------------------	----

Chapitre III : Résultat et discussions

1. Analyse des paramètres physiologiques.....	24
1.1 Analyse du taux de germination finale.....	24
1.2 Variation de cinétique de germination.....	25
1.3 Variation de teneur moyenne en eau.....	27
2. Analyse des paramètres morphologiques.....	30
2.1 Nombre des feuilles.....	30
2.2 Nombre des racines.....	32
2.3. Analyse de rapport PSP/PFP.....	33
3. Paramètre biochimique.....	35
1.1. Variation de teneur en proline.....	35

Conclusion.....	39
------------------------	-----------

Liste des références.....	40
----------------------------------	-----------

Introduction

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama *et al.* (2005) Cité in Mouellef, 2010), selon FAO, (2007) leur production arrive jusqu'à 2001.5 Mt.

La culture des céréales représente l'activité agricole prédominante en Algérie, en particulier dans les zones arides et semi-arides, avec une superficie annuelle cultivée d'environ 3,3 millions d'hectares (INRA, 2016). La production céréalière, notamment celle du blé tendre, subit des variations significatives en Algérie, tout comme dans le reste du monde. Ces fluctuations sont principalement causées par des stress abiotiques tels que la sécheresse, ce qui entraîne une instabilité dans la production de ces céréales (Boufenar et Yalloui, 2006).

La sécheresse est définie par tout manque d'eau qui ne permet pas aux plantes cultivées d'exprimer le rendement qui serait attendu en situation favorable qui peut affecter la qualité des produits récoltés, qui conduit à la diminution des rendements et la croissance de plantes cultivées (Meftah, 2012).

Le stress hydrique représente un facteur crucial limitant la production des céréales, affectant l'ensemble des phases de croissance. Cela se manifeste chez la plante par une série de modifications qui altèrent les caractéristiques morpho-physiologiques, biochimiques et génétiques, ainsi que les niveaux d'expression des gènes associés à la sécheresse (Mefti *et al.*, 2000). La tolérance à la sécheresse constitue un enjeu majeur pour les sélectionneurs et les producteurs de céréales à paille.

Ce mémoire est structuré en trois grandes parties :

Une première partie qui comporte une synthèse bibliographique qui s'articule essentiellement sur des généralités sur le blé tendre, la réponse des plantes en condition de stress hydrique et les mécanismes d'adaptations des plantes face au stress hydrique ; Une deuxième partie: description du matériel végétal, conditions de culture et les paramètres étudiés ; une troisième partie : traitement des résultats obtenus et leur discussion et enfin perspectives et conclusions générales.

Chapitre I : Revue bibliographique

1. Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.)

1.1. Origine géographique et génétique

La plupart des recherches archéologiques confirment que l'origine du blé se situe dans les zones du croissant fertile (fig. 01) (Bonjean, 2001). Selon Cook *et al.* (1991), le moyen orient est le centre géographique d'origine à partir duquel le genre *Triticum* s'est différencié dans trois centres secondaires différents. Le blé atteint l'Ouest de l'Europe 5000 ans avant J-C. Au même temps, il diffuse vers l'Asie et l'Afrique. Mais son introduction en Amérique particulièrement celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est très récente. Cette introduction s'est faite en 1529 par les espagnols au Mexique. Quant à l'Australie, elle s'est faite par les Anglais en 1788 à partir des pools génétiques européens (Doussinault *et al.* 2001). Le blé tendre est actuellement l'espèce de blé la plus cultivée dans le monde (~95 %).

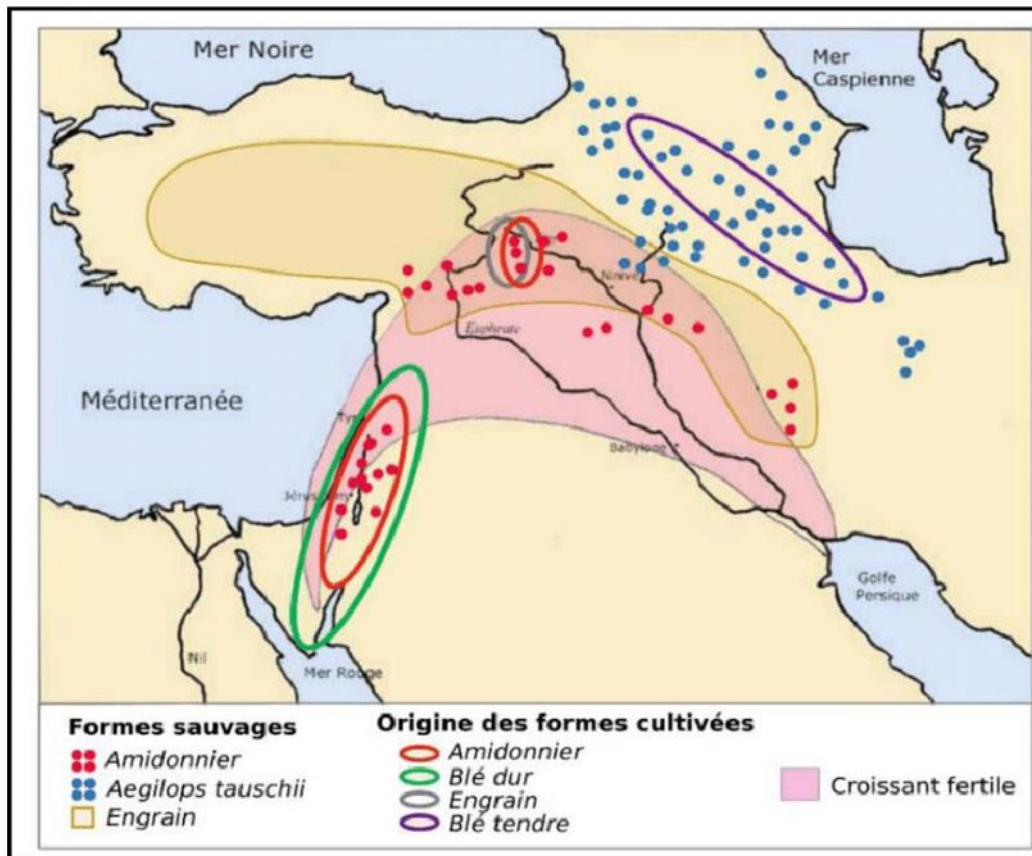


Figure 01 : L'origine géographique des blés cultivés (Dubcovsky and Dvorak, 2007).

Le blé tendre est une espèce hexaploïde possédant un génome de type AABBDD avec un nombre total de chromosomes de $2n = 42$ (Levy et Feldman, 2002). L'origine génétique du blé tendre provient d'une hybridation suivie par un doublement chromosomique entre *Triticum turgidum* (AA BB) et *Aegilops tauschii* (DD) (fig.02).

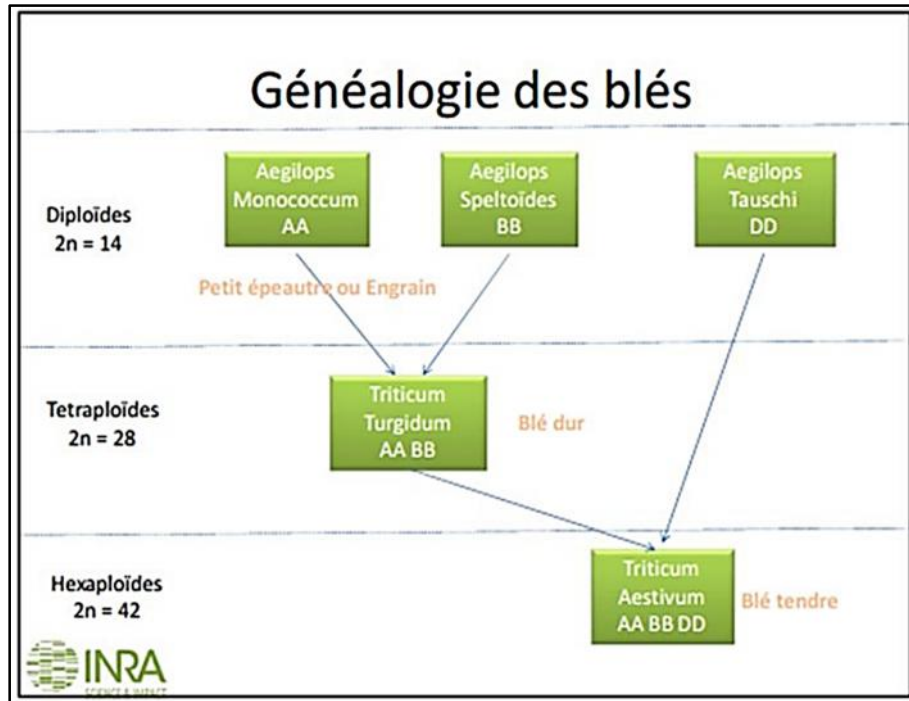


Figure 02 : Généalogie des blés (INRA, 2007).

1.2. Classification botanique

Le blé tendre ou Froment (*Triticum aestivum*) est une espèce de plantes monocotylédones. Il appartient au genre *Triticum* de la famille des Poaceae (Graminées), sous-famille des Pooideae. Selon Odenbach *et al*, (1985) ; in Kellou, (2003), le blé appartient à la tribu des Triticeae qui se compose de 18 genres qui sont subdivisés en deux sous-groupes, Triticinae et Hordeinae. Les principaux genres dans le sous-groupe Triticinae sont *Triticum*, *Aegilops*, *Secale*, *Agropyron* et *Hynaldia*. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (Feillet ,2000). Le blé tendre appartient à la classification illustrée dans le tableau ci-dessous (tab.01)

Tableau 01 : Classification du blé tendre (Doumandji, 2003)

Classification	Blé tendre
Règne	Plantae (Règne végétale)
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (Monocotylédons)
Sous classe	Commelinidae
Ordre	Poale
Famille	Poaceae (Graminées)
Sous famille	Triticeae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum aestivum</i> L.

1.3.Morphologie de la plante

Le blé tendre est une plante herbacée annuelle, de taille moyenne, atteignant 150 cm de haut. Morphologiquement le blé tendre a un feuillage plus clair, totalement glabre. L'appareil végétatif est à tallage faible, dont les bourgeons axillaires se transforment en tiges feuillées. Celles-ci, appelées chaumes. Elles comptent en général cinq à sept nœuds ainsi que trois ou quatre feuilles véritables (Soltner, 2005). L'épi est un rachis solide, portant de 15 à 25 épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs. La disposition de celles-ci fait ressortir une caractéristique d'une grande importance : c'est l'autofécondation, le blé tendre, étant autogame. Le fruit est un caryopse oblong, de 5 à 7 mm de long, de section triangulaire très riche en albumen et de texture vitreuse (fig. 03)(Soltner, 2005).

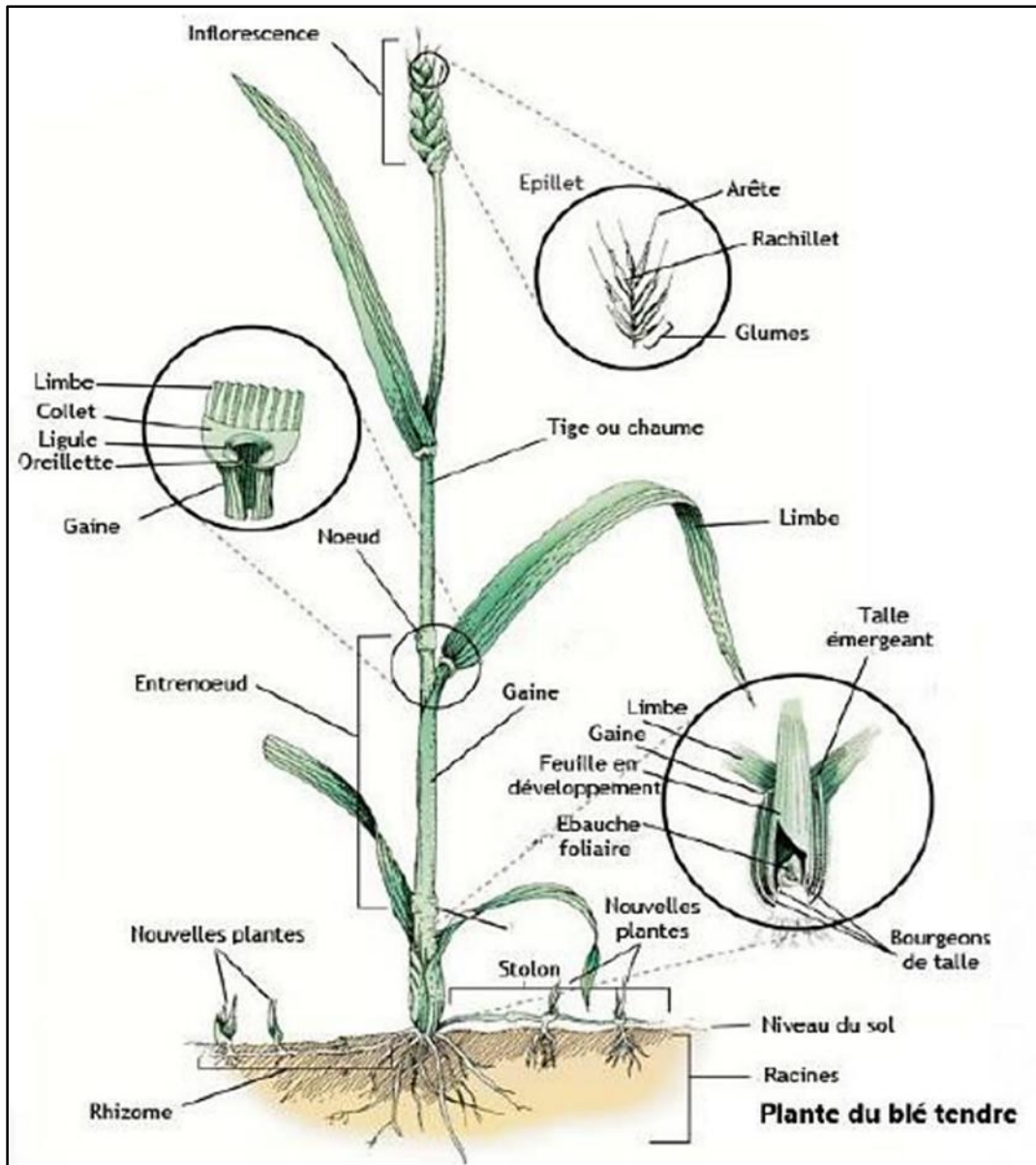


Figure 03 : Morphologie du blé tendre

1.4. Phénologie de la plante

Dans le cycle biologique du blé tendre (Figure 4), une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser sa vie en deux périodes :

- La période végétative : s'étalant de la germination à l'ébauche de l'épi, durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines ;
- La période reproductrice : allant de l'ébauche de l'épi jusqu'à la maturation du grain, durant laquelle l'apparition de l'épi et la formation du grain sont réalisées (Soltner, 2012).

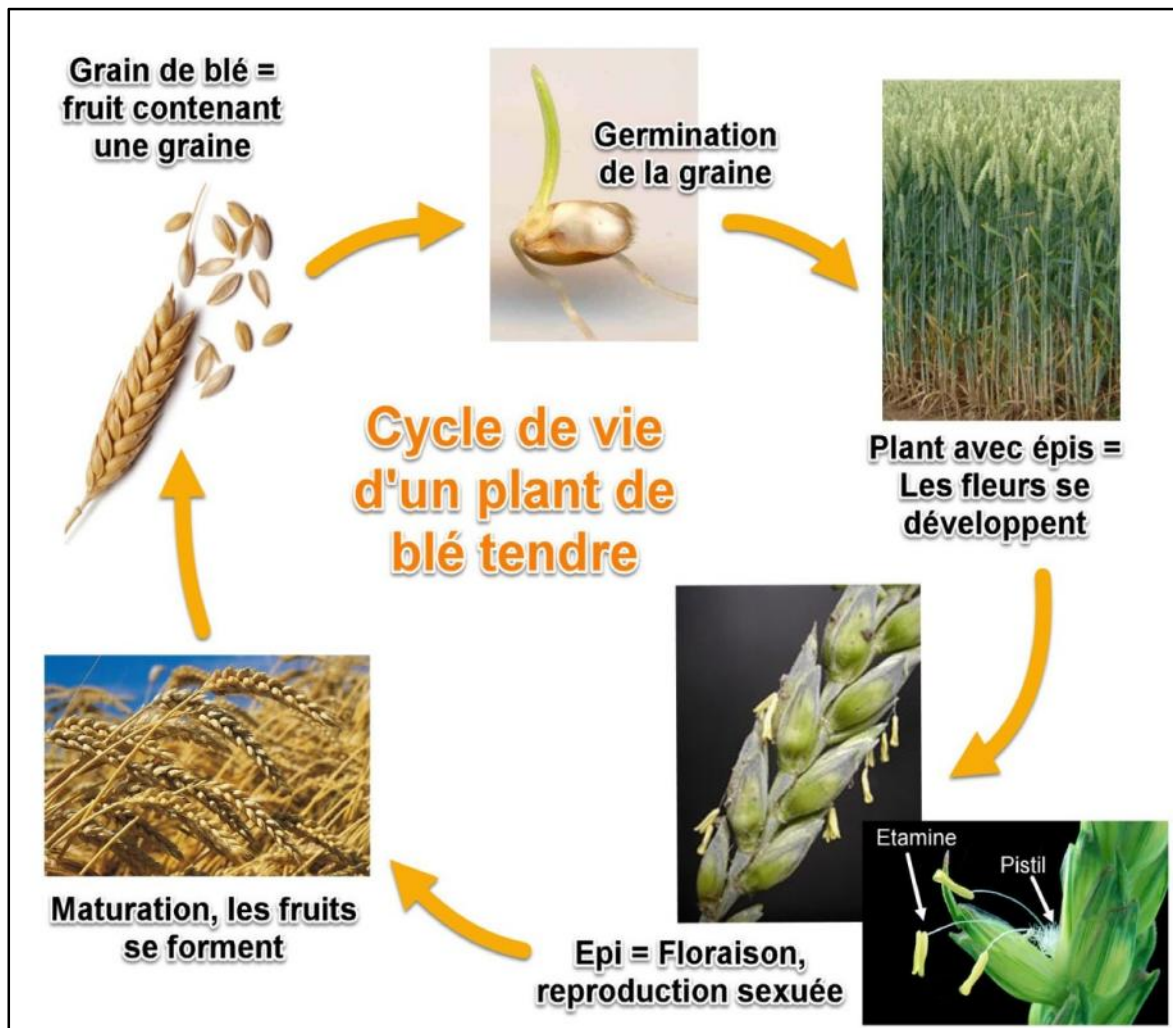


Figure 04: Cycle de vie du blé tendre

1.5. Grain du blé tendre

D'un point de vue morphologique, 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 du grain, se trouve le germe qui est surmonté par une brosse. Le grain de blé 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. Le grain est constitué de différentes couches. De la surface externe vers le centre du grain, on trouve l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine ou testa, et enfin, à l'intérieur de la graine, la bande hyaline, l'albumen et le germe (fig. 05)(Surget et Barron, 2005).

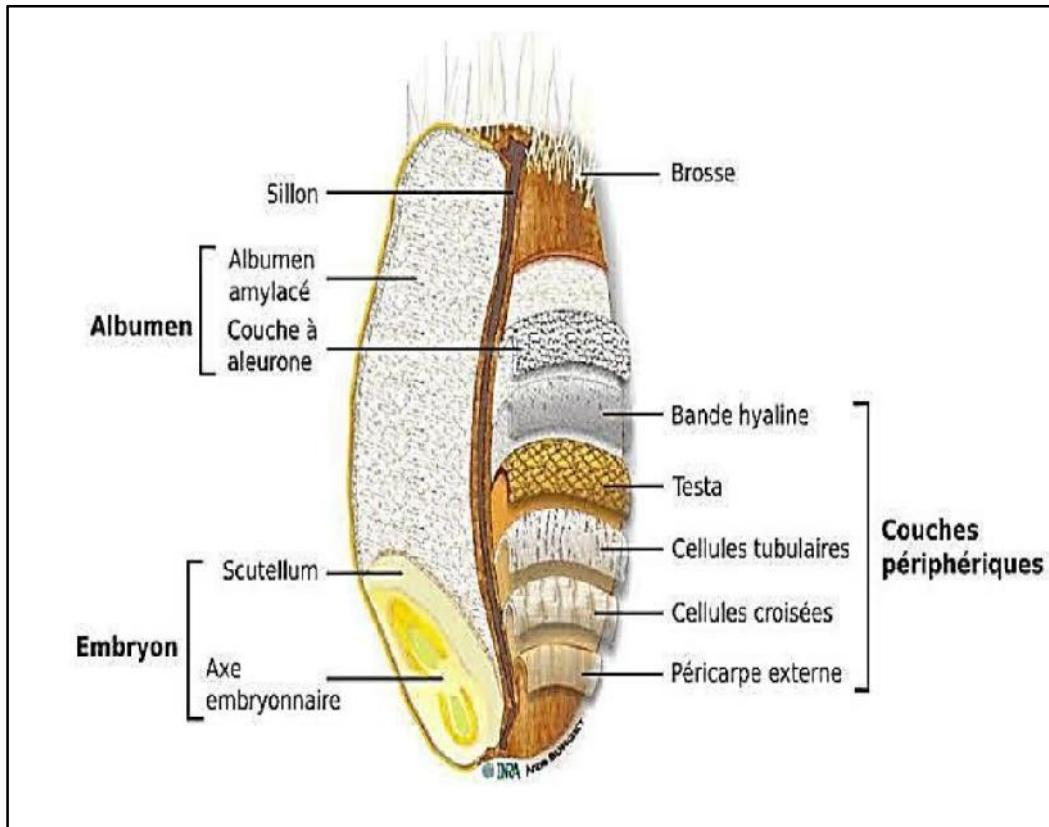


Figure 05: Anatomie du grain de blé tendre

1.6.Exigences climatiques du blé

Le bon comportement de la culture tout au long de son cycle de développement dépend de certains facteurs qui conduisent aux rendements plus élevés observés :

1.6.1. Température

La température est toujours un facteur important affectant la physiologie du blé : La végétation zéro est de 0°C, mais la température optimale se situe entre 20 °C et 22 °C (Boudrai *et* Ben Mabrouk, 2007).

1.6.2. Lumière

Le blé est une plante de jours longs qui a besoin de lumière pour assurer de bonnes talles, ce qui joue un rôle déterminant dans l'évolution des rendements végétaux. L'intensité de la photosynthèse, dont dépendent à la fois la résistance des tiges et le rendement, est directement affectée par la lumière (Soltner, 1999).

1.6.3. Terre

Les meilleures terres à blé sont les terres de limon argilo-calcaires et argilo- siliceuses en raison de leur structure généralement bonne, de leur profondeur, de leur bon pouvoir absorbant, de leur réaction voisine de la neutralité. Les terres très riches en humus (tels les tchernozem ukrainiens), noires, bien aérées, nitrifiant régulièrement, sont les meilleures terres à blé du monde (Moule, 1971).

1.7. Importance économique de la culture du blé

1.7.1. Dans le monde

Le blé tendre est l'une des premières plantes domestiquées par l'homme et est largement cultivé dans le monde entier (Xiaojie *et al.* 2012). Cette culture représente plus de 90% de la production mondiale de blé (Ghennai *et al.* 2017). Selon le Conseil International des Céréales (CIC, 2016), la production mondiale de blé tendre est passée de 611 à 736 millions de tonnes entre 2007-08 et 2015-16. Ce niveau de production dépasse les besoins de la population mondiale grâce à l'augmentation des stocks (CIC, 2016). Les principaux producteurs de blé tendre sont la Chine, l'Union européenne, l'Inde, la Russie et les États-Unis. Les principaux exportateurs sont les États-Unis, le Canada, l'Union européenne et la Russie. Les principaux importateurs sont la Chine et l'Égypte (CIC, 2016). L'Afrique contribue à hauteur de 25% à la production mondiale de blé tendre (CIC, 2016). (fig. 6)

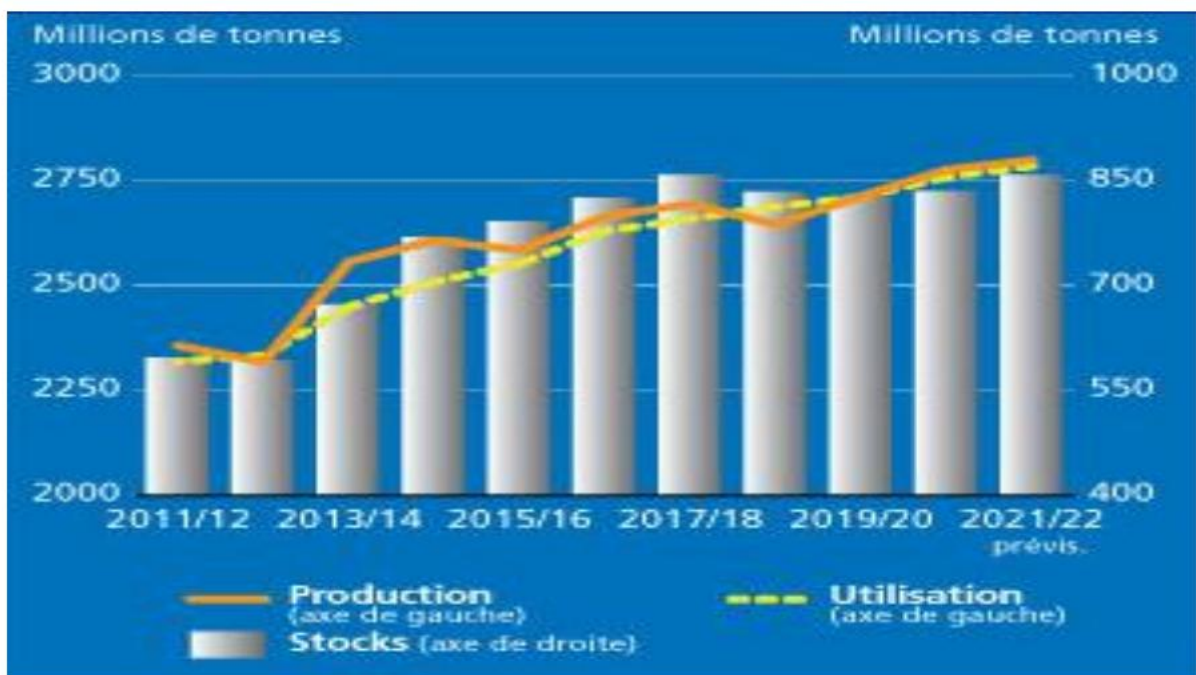


Figure 06: Production mondiale du blé tendre

1.7.2. En Algérie

Les céréales et leurs dérivés jouent un rôle crucial dans l'alimentation en Algérie (Boukarboua *et al.*, 2016). Le blé tendre occupe une place prépondérante dans le régime alimentaire des Algériens, représentant environ 60% de leur consommation, notamment sous forme de pâtes, biscuits et pain (Bengriche et Tiliouine, 2017). Cependant, la production nationale de blé tendre demeure insuffisante, plafonnant à 0,63 million de tonnes lors de la campagne 2014-15 (INRAA, 2016), avec un rendement moyen de seulement 1,26 t/ha (INRAA, 2016). Les contraintes abiotiques, particulièrement dans les zones semi-arides, sont largement responsables des fluctuations de rendement des cultures céréalières (Bouzerzour *et al.* 1994). Actuellement, l'Algérie est fortement tributaire des importations de blé, en particulier le blé tendre (Djermoun, 2009), et reste vulnérable aux fluctuations des marchés internationaux. Cette dépendance risque de perdurer pendant plusieurs années en raison de rendements insuffisants et d'une demande alimentaire en constante augmentation, alimentée par une croissance démographique soutenue (Chellali, 2007, 2017).

D'après un rapport conjoint du Global Agricultural Information Network (GAIN), un réseau mondial d'information agricole, et du ministère américain de l'Agriculture, la consommation de blé en Algérie s'est élevée à 11,37 millions de tonnes entre juillet 2020 et juin 2021. Selon la FAO, les réserves de céréales de l'Algérie ont augmenté de 5,6 millions de tonnes en 2017 à 6,7 millions de tonnes en 2020. Cependant, elles ont ensuite diminué de 6 % pour atteindre 6,3 millions de tonnes en 2021, selon les estimations de l'organisation. La FAO prévoit une baisse à 5,1 millions de tonnes en 2022.

Tableau 02 : Évolution globale des productions de céréales durant la période 2007-2017 (Unité : Quintal)

Campagnes	Blé dur	Blé tendre	Orge	Avoine	Total céréales
2006/2007	15 289 985	7 899 640	11 866 580	922 375	35 978 580
2007/2008	8 138 115	2 972 210	3 959 215	266 600	15 336 140
2008/2009	23 357 870	11 093 120	25 666 140	1 109 870	61 227 000
2009/2010	20 385 000	9 142 000	15 039 000	1 015 000	45 581 000
2010/2011	21 957 900	7 151 000	12 580 800	767 300	42 457 000
2011/2012	24 071 180	10 251 125	15 917 150	1 097 025	51 336 480
2012/2013	23 323 694	9 666 796	14 986 386	1 132 859	49 109 735
2013/2014	18 443 334	5 918 634	9 394 009	565 803	34 321 780
2014/2015	20 199 390	6 367 916	10 305 564	682 025	37 554 895
2015/2016	19 376 173	5 024 791	9 199 064	721 209	34 321 237
2016/2017	19 909 570	4 455 460	9 696 964	640 175	34 702 169
Moyenne (2007-2017)	19 495 656	7 267 517	12 600 988	810 931	40 175 092

Source : Construit à partir des données statistiques du Ministère de l'Agriculture.

2. La germination

2.1 Définition

La germination est le premier stade du cycle de vie des plantes pour produire une Nouvelle génération. (Aya *et al.* 2011). La germination est définie comme étant l'émergence de la radicule et le développement Qui amènent la graine au stade auquel son aspect indiquera si elle pourra se développer en une Plante normale dans des conditions ambiantes favorables (Aya *et al.* 2011).

La germination des graines est un phénomène naturel qui intervient lorsque des Semences sont imbibées d'eau dans des conditions favorables de température, d'oxygénation Et d'obscurité (Bensaadi , 2011).

La germination est définie comme la somme des évènements qui conduisent la graine sèche à germer ; elle commence par la prise d'eau et de termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (Yakoubi , 2014).

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. La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en Trois phases (Beweley, 1997).

La germination recouvre la séquence des événements allant de la graine au repos jusqu'à l'obtention D'une plantule autotrophe (viable). Les réserves qui jusque-là assuraient le métabolisme résiduel de L'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (Mazoyer, 2002).

2.2 Physiologie de la germination

La germination des graines comprend trois principales phases successives (fig07) :

2.2.1 La première phase : C'est la phase d'imbibition de la graine, qui se traduit par une augmentation régulière et importante de l'activité respiratoire. (Mazliak, 1982). Elle implique un mouvement D'eau dans le sens de potentiel hydrique décroissant (Hsopkin, 2003). La graine de blé Absorbe 50% de son poids de départ. L'imbibition est rapide et réversible (Chaussat, 1999).

2.2.2 La deuxième phase : C'est la germination sensu stricto elle est marquée par un arrêt de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire régulière (Mazliak, 1982). Durant

cette Phase, la graine peut être réversiblement hydratée et réhydratée sans dommage apparemment Pour sa viabilité, La phase de germination au sens strict se termine avec la percée du tégument par la Radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules. (Heller et al. 2004).

2.2.3 La troisième phase : Elle est caractérisée par une reprise de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire de plus en plus importante due au développement de la radicule (Mazliak, 1982). On assiste à une reprise des divisions et Grandissement cellulaire. À 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 (Hopkins, 2003).

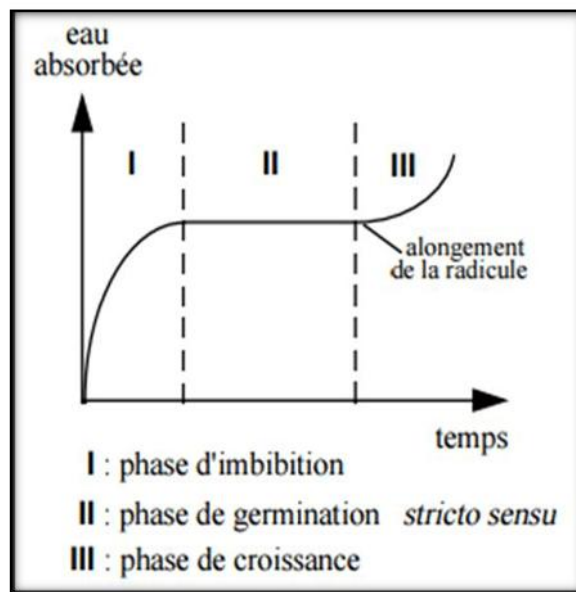


Figure07: Courbe théorique de la germination (Bensaadi, 2011).

2.3 Condition de germination

2.3.1 Facteurs externes de germination :

La germination ne peut avoir lieu que si l'eau, la température et l'oxygène sont assurés.

) L'eau

L'eau est évidemment indispensable et doit être disponible dans le milieu extérieur en Quantité suffisante (Heller *et al.* 2004). L'eau dissout l'oxygène et lui permet d'attendre L'embryon (Chaux et Foury, 1994). 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 (Bensaadi, 2011).

) 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 (Bensaadi, 2011).

) La température

Il existe pour chaque plante et chaque phase de végétation des températures minima, Optima et maxima (Bensaadi, 2011). Quand la température s'élève, la vitesse de germination Croit (Gate et Giban, 2003).

2.3.2. Les facteurs internes de la germination

Lorsque des graines arrivées à maturité sont placées dans des conditions optimales Température, d'humidité et d'oxygénation pour leur croissance et qu'elles ne germent pas Plusieurs causes sont à envisager la dormance de l'embryon ou les inhibitions de germination. Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même : elle doit être vivante, Mesuré, apte à germer (non dormante) et saine (Jeam *et al.*, 1998).

2.4. Les types de germination

- La germination épigée lorsque les tissus de réserve qui composent l'essentiel de la graine Sortent du sol. La germination est alors assurée essentiellement par l'élongation importante de L'hypocotyle.
- La germination hypogée lorsque les tissus de réserve qui composent l'essentiel de la graine Demeurent dans le sol. La germination est alors assurée essentiellement par l'élongation importante De l'épicotyle.

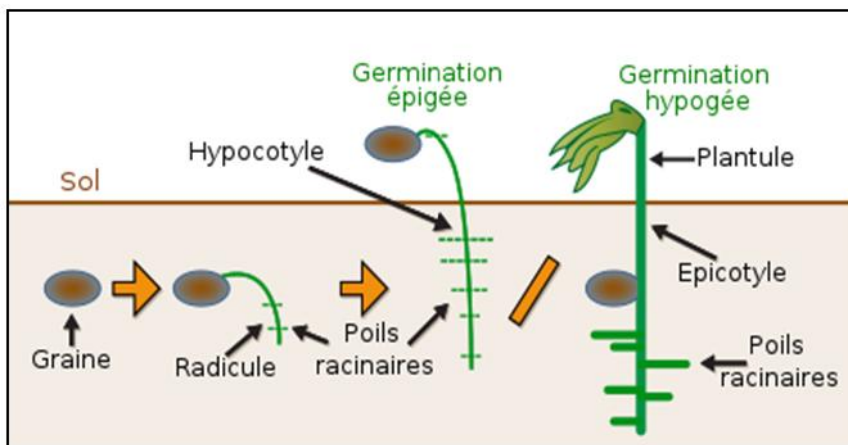


Figure 08 : la différence entre la germination épigée et hypogée

3. Le stress

3.1 Notion de stress

Un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. Le stress perturbe les structures normales et la coordination des processus variés au niveau moléculaire, cellulaire, et de l'organisme entier (Larcher, 2001).

On distingue deux grandes catégories de stress : Biotique qui imposé par les autres Organismes (insectes, herbivores...). Et stress Abiotique, définit comme tous les facteurs Environnementaux (sécheresse, la température extrême, la salinité...) induisant un Dysfonctionnement de la plante ou comme force ou influence adverse qui tend à inhiber le Fonctionnement normal des systèmes (Boucelha 2015). On peut citer quelques types des stress Abiotiques qui peuvent affecter les végétaux : stress hydrique, stress salin, stress thermique ...

3.2 Stress biotiques

Stress biotique est de nombreux agents pathogènes pénètrent dans la plante et ont pour origine les virus, Les organismes phytophages et les pathogènes. Afin d'y faire face, la plante met en place un Système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales Défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles. Ils pénètrent soit par Voie mécanique en forçant la résistance physique des barrières histologiques, soit par L'excrétion d'enzymes dégradant la cuticule. Le végétal attaqué peut alors répondre par des Réactions qui limitent la pénétration du parasite, par exemple lignification des parois, ou en sécrétant diverses substances chimiques ; soit toxiques pour le parasite (polyphénols, Phytoalexines, dérivés de phénylalanine, etc.), soit inhibitrices de protéases, amylases, Cellulases, etc., qui privent le parasite de la possibilité de se nourrir en dégradant la plante Hôte (LAVAL *et al*, 1995)

3.3 Stress abiotique

Le stress abiotique est défini comme l'impact négatif des facteurs non vivants sur des Organismes vivants dans un environnement spécifique. Ces facteurs influent négativement sur La performance de la population ou la physiologie des individus (Vinebrooke *et al.* 2004). Les plantes sont plus affectées du fait qu'elles dépendent des facteurs environnementaux impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture Sont influencés par Des facteurs

climatique ou édaphique ; on retrouve le stress hydrique Causé généralement par un manque d'eau, le stress thermique causé par des Températures extrêmes, le stress salin causé par l'excès des sels minéraux solubles , En particulier le Na Cl ainsi que le stress nutritionnel qui peut être causé par une Carence ou une toxicité d'un élément nutritif. Ils existent d'autres stress causés par les radiations, le vent, etc. (GalilI, 2008).

4. Stress hydrique

4.1. Définition

Le terme de stress hydrique fait référence à une situation où il n'y a pas suffisamment d'eau pour répondre aux besoins des plantes pendant leur croissance et leur développement. Le stress hydrique peut être causé par un manque d'eau, déficit hydrique ou la sécheresse représente le stress abiotique le plus sévère Le stress hydrique a été défini comme une baisse ou un excès de la disponibilité de L'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance De la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype.

D'autres Auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation Suboptimale des tissus (Figure 09) (Lamaze *et al.* 1994).La demande en eau de la plante Est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes D'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol. L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour Les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, pour tolérer la sécheresse (Slama *et al.* 2005). L'origine du déficit de disponibilité en eau pour la plante peut être due à la salinité Excessive du sol, d'une sècheresse ou du gel qui par cristallisation des molécules d'eau Diminue sa disponibilité ce qui réduit significativement les productions agricoles (Chameil, 2006).

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, etc.). Dans le Cas d'une forte salinité du sol, et aussi dans d'autres conditions telles qu'une inondation, le gel Ou de fortes températures du sol, l'eau existe dans la solution du sol mais les plantes ne sont Pas capables de l'absorber, on parle de sécheresse physiologique (Djebbar, 2012).



Figure 09: Blé tendre sous stress hydrique

4.2. L'impact du stress hydrique sur la germination

Les contraintes abiotiques, en particulier le stress hydrique, entravent considérablement la croissance des plantes et leur productivité végétale. Le manque d'eau représente un facteur majeur limitant pour la production des cultures céréalières dans les régions arides et semi-arides. L'impact du stress hydrique sur la plante dépend de son intensité, de sa durée et de son stade de développement, ainsi que du génotype et de son interaction avec l'environnement (Yokota *et al.* 2006 ; Radhouabe, 2014).

Ce phénomène est l'un des principaux facteurs environnementaux qui affectent la germination des espèces cultivées et réduisent leur survie au cours des premiers stades de développement. En l'absence d'une humidité suffisante, même si la graine est correctement placée dans le sol, elle ne germe pas, ce qui retarde la levée. En cas de sécheresse persistante, cela peut conduire à une absence totale de germination (Feliachi *et al.* 2001).

Pendant cette phase, c'est le métabolisme des glucides qui est fortement affecté (Ingram *et al.* 1996), en perturbant le fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus. De nombreux gènes contrôlant le métabolisme des sucres simples sont régulés par les variations de l'hydratation cellulaire. L'hydrolyse de l'amidon et la libération des sucres réducteurs énergétiques constituent des étapes cruciales dans le processus de germination. De plus, la disponibilité des glucides pendant cette phase joue un rôle protecteur contre le stress hydrique (Beck et Ziegler, 1989).

4.3 L'impact du stress hydrique sur les plants

Les tensions induites par le manque d'eau posent une menace constante pour la survie des plantes. L'impact de cette tension varie selon son intensité, sa durée, le stade de développement de la plante, son génotype et son interaction avec l'environnement (Hopkins, 2003). Tous les processus végétaux sont affectés par le déficit en eau, qu'il s'agisse du métabolisme ou de la morphogenèse (le processus de différenciation et de croissance conduisant à la formation d'organes matures) (Doré *et al.*, 2006).

Une diminution de la disponibilité en eau perturbe le métabolisme et les processus physiologiques qui régulent la croissance et le développement des végétaux. Ces perturbations se traduisent ultérieurement par une réduction du rendement, de ses composantes et de la qualité globale. Le stress hydrique altère divers processus biochimiques impliqués dans le fonctionnement de la plante, notamment le potentiel foliaire, la résistance stomatique, la transpiration et la photosynthèse nette. Le seuil critique du potentiel foliaire, marquant le début de l'augmentation de la résistance stomatique, est souvent utilisé comme indicateur de l'apparition du stress hydrique. De plus, le stress hydrique impacte les caractéristiques physiques des plantes, comme le diamètre de la tige, la température de surface des feuilles et la structure du couvert végétal. Par exemple, dans le cas des céréales, il peut induire des variations diurnes de la surface foliaire par le biais de modifications de la position des feuilles, telles que l'enroulement des limbes (Aidaoui et Hartani, 2000).

4.4 Les mécanismes d'adaptation de plante au stress hydrique

Les stratégies de la réponse des plantes au stress hydrique pour lutter le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (Esquive, Evitement et tolérance). La Tolérance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un Rendement plus élevé que celui des plantes sensibles. La tolérance globale d'une plante vis-à-vis du Déficit hydrique est la résultante de nombreuses modifications phonologiques, anatomiques, Morphologiques, physiologiques et biochimiques. Ces dernières interagissent pour permettre le Maintien de la croissance, du développement et de la production (Passioura, 2004).

Les adaptations des plantes au manque d'eau peuvent être classées principalement en trois Grands types de stratégies. L'esquive, l'évitement et la tolérance (Jean-pieme *et al.* 2006) :

4.4.1. Stratégie d'esquive

D'après (Mathieu ,2014) L'esquive est une adaptation à l'environnement qui permet aux Plantes d'éviter les périodes critiques pour leur bon développement. Cette stratégie consiste à éviter de subir le déficit hydrique en effectuant le cycle de Développement pendant des périodes pluvieuses. On réduit alors le risque de perte de Rendement, en échange d'une réduction du rendement maximum atteignable (Jean-pierre *et al.*,2006). Le décalage du cycle cultural depuis des périodes à forte demande climatique vers Des périodes à plus faible risque est la stratégie des cultures d'hiver, qui réalisent leur cycle Sur une période à faible risque de déficit hydrique et compensent une croissance à une saison Où le rayonnement incident est réduit par une durée plus longue du cycle (Folkert *et al.*2001).

4.4.2. Stratégie d'évitement

Qui permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante. Ceci peut être obtenu par une réduction de la transpiration s'effectuant par la cuticule et les stomates incomplètement fermés La glaucescence, la pilosité des feuilles ou des liges, la couleur claire des feuilles et la présence des cires qui est un caractère génétique el qui s'extériorise en conditions de stress hydrique induisent tout une augmentation de la réflectance qui conduit à une réduction des pertes d'eau .La couleur des organes de transpiration liée au rapport chlorophylle a/chlorophylle b et la présence de pigmentation (anhocyanes, carotenoroes) ont un effet sur la proportion de la réflectance lumineuse de la feuille et par conséquent sur la température foliaire La réduction de la surface foliaire tend à minimiser les pertes en eau en réduisant la transpiration mais peut aussi diminuer le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique (Mekliche *et al.* 2003).

4.4.3. Stratégie de tolérance

Elle permet à la plante d'assurer normalement ses fonctions physiologiques malgré une Dégradation de son état hydrique interne consécutive à la sécheresse. Sur le plan agronomique Où la préservation de l'état productif est primordiale dans le mécanisme d'adaptation à la Sécheresse, seuls les mécanismes d'esquive et de maintien de l'absorption d'eau présentent un Intérêt (Mathieu ,2014). Cette stratégie consiste à maintenir les fonctions de la plante, croissance, transpiration et la Photosynthèse, malgré le déficit hydrique (Jean-pierre *et al.* 2006). La tolérance à la Déshydratation implique des mécanismes intracellulaires qui visent à préserver l'intégrité Structurale et fonctionnelle des tissus lorsque le potentiel hydrique diminue.

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

L'étude a porté sur deux génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum L.*).

Les génotypes utilisés sont fournies par l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) (station El Khroub de Constantine).

Tableau 03 : Principales caractéristiques des deux variétés de blé tendre étudiées.

Variété	Caractéristique
Arz	Cette variété est connue également apprécié pour ses bonnes performances agronomiques, sa résistance aux maladies et sa capacité à s'adapter à différents environnements de culture. ce qui contribue a la stabilité de sa production. En plus de sa qualité boulangère.
Ain abid	Cette variété est connue pour sa résistance aux maladies et aux stress environnementaux, ainsi que pour ses rendements élevés dans les régions où elle est cultivée. Elle peut également avoir des caractéristiques agronomiques spécifiques telles que des périodes de maturation précises, une taille de plante optimale et des grains de qualité.

2. Mise en place de l'essai

L'expérimentation a été conduite au laboratoire de Génétique Biochimie et de Biotechnologie Végétale (Génétique Biotechnologie Biochimie Végétale) à Chaabat EL Rasses, Université Constantine1 Frères Mentouri.

L'expérimentation est conduite dans la chambre de culture. Elle consiste à étudier l'effet du déficit hydrique au stade germinatif chez deux génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum L.*) par l'ajout du polyéthylène glycol (PEG 6000) à différent concentration 0 et 15% pendant une durée de 15 Jour. L'expérimentation est maintenue à une température de 25°C et une photopériode de 16h de lumière et 8h de nuit.

3. Le plan expérimental

3.1 Préparation des solutions de PEG

La solution de PEG à un potentiel osmotique donné, est préparée en faisant dissoudre la quantité de PEG 6000 « volume » dans l'eau distillée. La solution à

préparer est 15%, en plus du 0% (eau distillée) comme témoin. Le PEG est un polymère non ionique hydrosoluble non perméable pour les cellules. Il est utilisé pour induire un déficit hydrique car il réduit la disponibilité en eau sans causer de dommage physique aux plantes (Romo *et al.* 2001).

3.2 La germination des graines et mise en culture

La germination est l'ensemble des phénomènes par lesquels la plantule commence une vie active et se développe grâce aux réserves contenues en son albumen, en d'autre terme c'est le passage de l'Etat de vie active (Lafon *et al.*, 1998).

Les graines choisies doivent être saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme. Les tests de germination ont été effectués sous différentes concentrations de PEG 6000 (polyéthylène glycol). Pour chaque variété, les graines au nombre de 40, sont désinfectées à l'eau de javel à 5% pendant 15 min, puis rincées plusieurs fois avec de l'eau distillée. Elles sont ensuite mises à germer dans des boîtes, ces dernières sont tapissées par trois couches de papier filtre.

Nous avons imbibé les boîtes contenant des graines avec de l'eau distillée (témoin). Pour le traitement stress osmotique, nous avons imbibé les boîtes contenant les graines par solution de PEG 6000 à 15 %. Les boîtes sont mises à l'obscurité dans une chambre de culture à une température de 25°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 boîtes sont mises à la lumière avec une photo période de 16h de lumière et 6h d'obscurité.

Notre dispositif se répartit en quatre blocs, chaque bloc contienne un traitement e traitement est répété trois fois. Le nombre de graines germées a été noté après 24 h jusqu'à 7ème jour.

4. Les paramètres étudiés :

Le suivi du comportement des deux génotypes du blé tendre vis-à-vis du stress hydrique.

4.1- Paramètres physiologique

4.1.1 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 tendre. 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

4.1.2 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 (Hajlaoui et *al.*,2007) :

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

TN= à 24, 48,....., 168h.

NTG représente le nombre total de graines incubées.

4.1.3 Teneur moyenne en eau (TME)

La teneur moyenne en eau de la plante est une méthode très utilisée actuellement, afin d'estimer l'état hydrique de la plante en condition de stress hydrique. Les teneurs moyennes en eau des plantules sont déterminées par le calcul de poids frais (PF) de chaque échantillon avant de mettre à sécher dans l'étuve à 80°C pendant 48 heures. Le poids sec est ensuite déterminé (PS). La teneur moyenne en eau est calculée par la formule suivante (Monneveu, 1991) .

$$TME () = (PF-PS)/PF$$

4.2 Paramètres morphologiques

4.2.1 Nombre des feuilles

Le nombre moyen des feuilles (NF, No) a été déterminé, à la fin de l'expérience (10 jours), pour chaque graine et traitement par comptage des feuilles séminales.

4.2.2 Nombre de racines

Le nombre des racines (NBR) Le nombre de racines émises a été compté .On considère la moyenne de racines pour chaque plantule (Mefti *et al*, 2008) .

4.1.3. Rapport poids sec de la plante/Poids frais de la plante (PSP/PFP)

Le rapport est déterminé par la formule suivante :

$$R (PSP/PFP) =PSP/PFP$$

PSP : Poids sec de la plante (g), après le passage à l'étuve à 80°C pendant 48 heures (Guiga, 2006).

PFP : Poids frais de la plante (g), juste après le prélèvement.

4.3. Paramètre biochimique

4.3.1 Teneur de la proline

La technique utilisée pour le dosage de la proline est celle de Monneveux et Nemmar (1986).

On pèse 100mg du végétal, coupé en petits morceaux et introduit dans un tube à essai, auquel on ajoute 2ml de méthanol à 40%. L'ensemble est ensuite chauffé au bain marie à 80% pendant 60mn ; les tubes sont recouverts de papier aluminium pour éviter la volatilisation de l'alcool.

Après refroidissement on prélève 1ml de la solution à laquelle on ajoute 1ml d'acide acétique et 1ml de mélange modifié contenant 120 ml d'eau distillée + 300ml d'acide acétique + 80ml d'acide orthophosphorique et 25 mg de ninhydrine.

Les solutions sont portées à ébullition pendant 30mn. Elles virent au rouge. Après refroidissement, on ajoute 5ml de toluène. Après agitation deux phases se séparent :

La phase inférieure sans proline et la phase supérieure contient la proline. Cette phase est ensuite récupérée et déshydratée par l'adjonction de Na₂SO₄. Enfin on procède à la détermination des densités optiques des échantillons à la longueur d'onde 528 nm, après étalonnage au spectrophotomètre par le mélange (acide acétique, eau distillée, acide ortho phosphorique et ninhydrine). Les valeurs obtenues sont reportées sur la courbe d'étalonnage.

$$Y = 0.032x + 0.059$$

Y= densité optique

X= concentration en proline

5- Analyse statistique

Afin de pouvoir caractériser les différences existant entre les deux variétés étudiées concernant les différents paramètres mesurés, les moyennes, l'écart-types, ainsi que l'analyse de la variance ANOVA à deux facteurs de classification ont été utilisés, le facteur variété, facteur traitement ont été réalisées par l'utilisation logiciel d'analyse statistique Excel-stat 2009.

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Analyse des paramètres physiologiques

1.1 Analyse du taux de germination finale

La figure 10 représente le taux de germination chez deux génotype (Arz, Ain abid) de Blé tendre en condition de stress osmotique .

au niveau de témoin : la germination des deux génotypes noté la valeur 100%, par contre au niveau de PEG 6000 (15%) la capacité de germination des deux génotypes est diminué comparativement au témoin, en ci qui remarqué une valeur maximal (90%) chez le génotype Arz et une valeur minimale (80%) chez le génotype Ain abid .

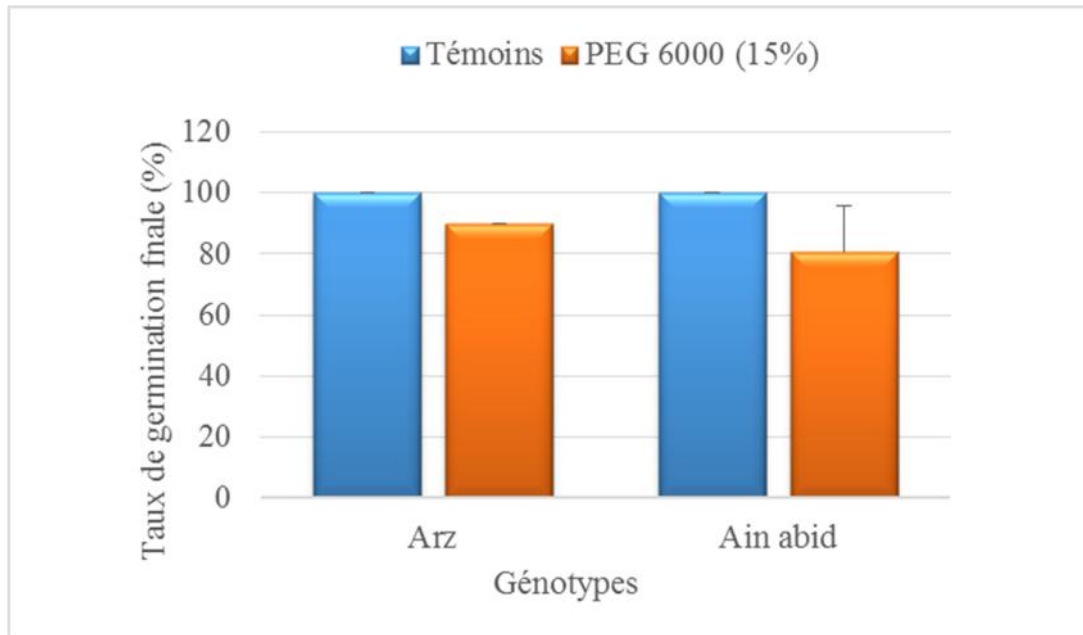


Figure 10: Taux de germination finale chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.

L'analyse de la variance a deux facteurs de ces paramètres fait ressortir une différence non signification pour les deux facteurs génotype et génotype*traitement $Pr > 0.715$, et une différence significative pour le facteur traitement $Pr > 0.029$ (Tableau 04).

Tableau 04 : Analyse de variance de taux de germination finale obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Génotypes	1	8.333	8.333	0.143	0.715
Traitement	1	408.333	408.333	7.000	0.029
Génotypes*Traitement	1	8.333	8.333	0.143	0.715

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 100%. Le deuxième groupe B correspond aux traitements de stress 15% avec des Moyenne générale de 88.333 successivement. (Tableau 05).

Tableau 05: Classement des groupes niveau de stress hydrique chez les deux variétés pour le taux de germination finale « test Newman-keuls avec intervalle a 100%.

Modalités	Moyenne	Regroupements	
T	100.000	A	
S	88.333		B

Bien qu'il ne reflète pas intégralement le comportement des plantes dans leurs conditions naturelles, le taux de germination, en conditions de stress hydrique, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées (Ben Naceur *et al.*2001).

Ces résultats sont cohérents avec ce trouvé par Ben Miled *et al.*, (1986) chez le blé, ce retard peut être expliqué par le temps nécessaire à la Graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique Interne.

1-2- Variation de cinétique de germination

La figure 11 représenté évolution de la germination des deux variétés de blé tendre (A : Arz ; B : Ain abid) soumis en condition de stress hydrique de concentration PEG 6000 à 15% pendant 7 jours.

Chapitre III : Résultats et discussions

Au niveau des témoins, la germination des variétés Arz (A) a connu une évolution rapide au bout du 1^{er} jour. Une stabilisation de taux de germination des graines est remarqué à partir du première jour jusqu'à 3^{ème} jour. Après le 3 jour le taux de germination des graines a augmenté progressivement jusqu'au 4^{ème} jour. A partir de 4^{ème} jour le taux de germination des graines a connu une stabilisation (98%).

Pour la variété B Ain abid : la germination du cette variété est évolution rapide, après 24h elle est stable et complet (100%).

Au niveau de stress PEG6000 (15%) La germination des deux variétés Arz et Ain abid est connu rapide pendant premier 24h, Après 1^{ère} jour la germination de deux variétés continue d'augmenter progressivement jusqu'à stabilisation comme l'augmentation de variété Arz est meilleur (88%) que celle de la variété Ain abid (82%).

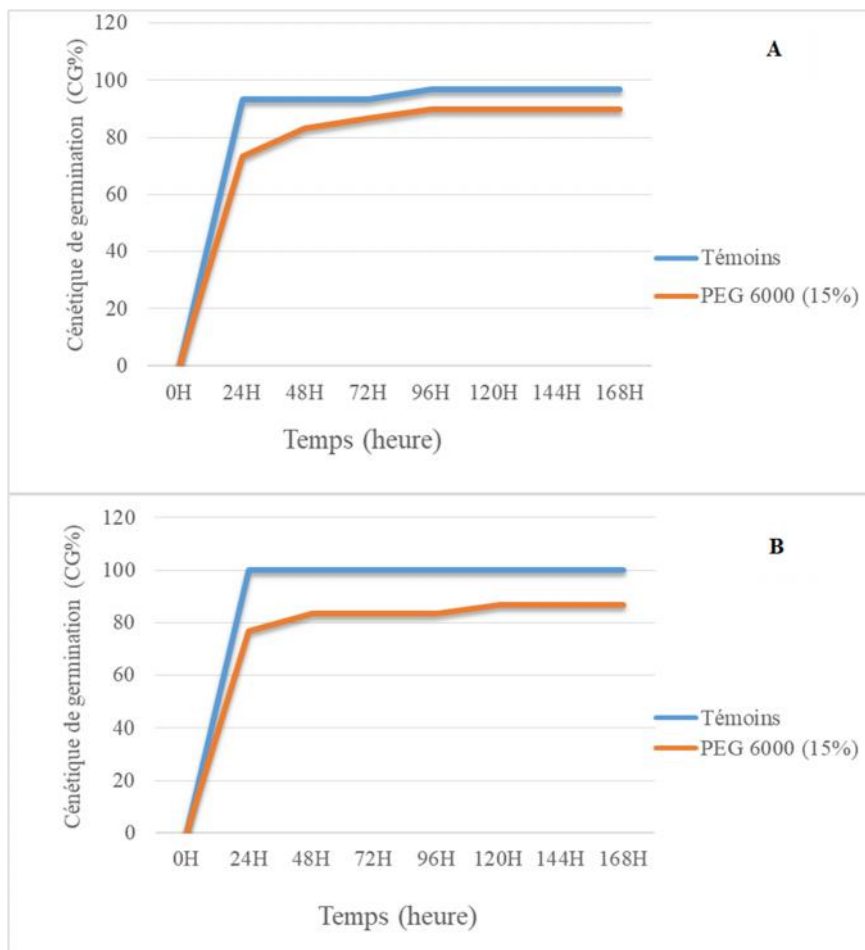


Figure 11 : Courbes de la cinétique de germination des deux variétés de blé tendre

(A : Arz ; B : Ain abid) soumis à un stress osmotique.

Les résultats enregistrés dans le cas de notre étude sont en accord avec les observations retenus chez le blé par d'autres auteurs. Ces observations confirment l'effet agressif de le stress hydrique du milieu sur toutes les phases de croissance et de développement des plantes en particulier la phase de germination en raison de la réduction de l'absorption d'eau par les graines (Sayar *et al*, 2010). En effet, la réduction de l'absorption d'eau est d'une part, sous le contrôle de la durée Nécessaire de l'imbibition des graines pour la mise en place des mécanismes physiologiques De l'ajustement osmotique interne (Ben Miled *et al*, 1986) et d'autre part par la perturbation et même la dégradation des enzymes et des hormones en conditions de stress salin (Ghrib *et al.*, 2011).

1-3- Variation de teneur moyenne en eau

La teneur moyenne en eau (TME) correspond à une signification physiologique directe de L'état hydrique du végétal. Ce paramètre est souvent affecté par une contrainte hydrique.

D'après l'histogramme ci-dessous (Figure.12), on remarque une diminution graduelle de La TME des plantes sous l'effet d'un stress hydrique imposé par une utilisation du PEG-6000(15%).

Au niveau des témoins (T), la variété Arz marqué la meilleure valeur de TME qui varient de 92% et la valeur 88 % chez la variété Ain abid.

Au niveau de stress PEG 6000 (15%), j'ai remarqué une diminution de la teneur moyenne de eau chez les deux variétés mais la valeur de la variété Ain abid est supérieur (74%) que la valeur de Arz (68%).

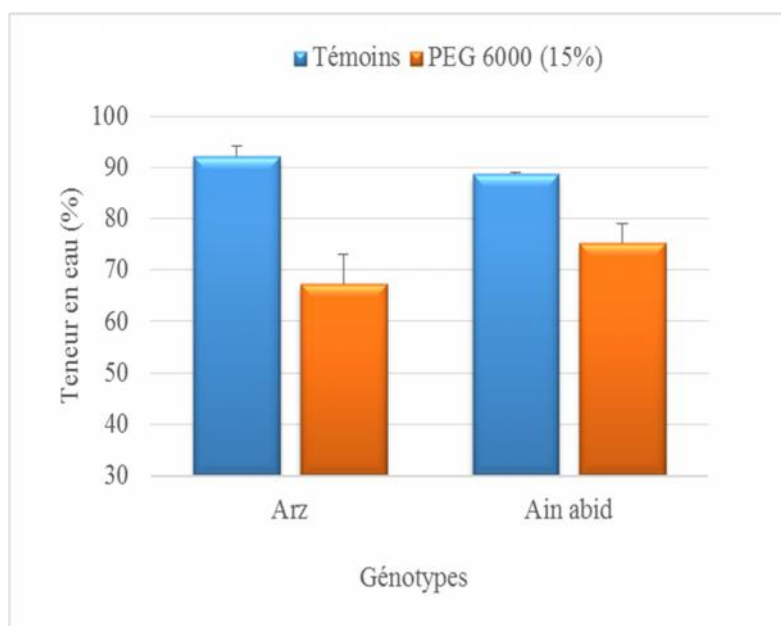


Figure 12 : Variation de teneur moyenne en eau chez deux génotypes de blé tendre en fonction de l'intensité un du stress hydrique.

La comparaison des moyennes de la teneur moyenne en eau et l'analyse de variance, montrent qu'il existe une différence très hautement significative de stress entre les génotypes et interaction (variété × niveau).

L'analyse de la variance à deux facteurs de ce paramètre fait ressortir une différence très hautement significative pour le facteur Variété ($P < 0,0001$), une différence non significative pour le facteur traitement stress ($P > 0,330$) et une différence significative pour l'interaction Variétés*Traitement ($P > 0,0025$) (Tableau 06).

Tableau 06 : Analyse de variance de teneur en eau obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Génotypes	1	1095.892	1095.892	86.071	< 0,0001
Traitement	1	13.694	13.694	1.076	0.330
Génotypes*Traitement	1	95.658	95.658	7.513	0.025

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur interaction génotypes*traitement en trois groupes. Le groupe A (témoin et S15% Arz) et B (S15%) présentent les teneurs en eau les plus élevées 92,12 et 88,609 et 75,143 % respectivement

Chapitre III : Résultats et discussions

(Ainabid*stress), par contre le dernier groupe C présent la teneur en eau la plus faible (S15%) 67,360.(Tableau 07).

Tableau07 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés pour le teneur en eau « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Génotypes-Arz*Traitement-T	92.120	A		
Génotypes-Arz*Traitement-S	88.609	A		
Génotypes-Ain abid*Traitement-S	75.143		B	
Génotypes-Ain abid*Traitement-T	67.360			C

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur génotype en deux groupes A, et B. Le premier groupe A représenté la variété Arz et le groupe AB représente la variété Ain abid avec des moyennes de 90,364% et 71,252% respectivement.(Tableau 08).

Tableau08 : Classement des groupes facteur Variété dans les deux traitements pour le teneur en eau « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00%,».

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Arz	90.364	A		
Ain abid	71.252		B	

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu moyenne en eau, et une réduction significative de la production de biomasse totale (Albouchi *et al*, 2000). L'analyse du teneur moyenne en eau permet de décrire d'une manière globale, le statut hydrique en réponse au stress hydrique, et d'évaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation, et maintenir une turgescence cellulaire (ELJaafari *et al*, 2000).

De nombreux travaux ont été réalisés sur les conséquences de la sécheresse sur la teneur moyenne en eau des feuilles de différentes espèces cultivées, leurs conclusions convergent souvent vers la conclusion suivante : la TME est affectée par une contrainte hydrique. Keyvan, (2010) montre que l'augmentation de l'intensité du stress hydrique sur des variétés de blé cultivé provoque la diminution de la TME. Ces mêmes résultats ont été démontrés chez le haricot par Korir *et al*, (2006).

2. Analyse des paramètres morphologiques

2.1 Nombre des feuilles

Le nombre des feuilles les plus élevés sont notée chez les témoins avec une valeur maximale (2cm) enregistré chez les deux génotypes Arz et Ain abid .figure (13).

Sous l'effet du déficit hydrique qui correspond à une concentration 15% du PEG 6000 , le nombre des feuilles chez le génotype Ain abid c'est la même valeur du niveau témoin égal de la valeur maximale (2cm) , mais chez le génotype Arz on obtenue une diminution des nombre des feuilles avec une valeur minimale (1cm).

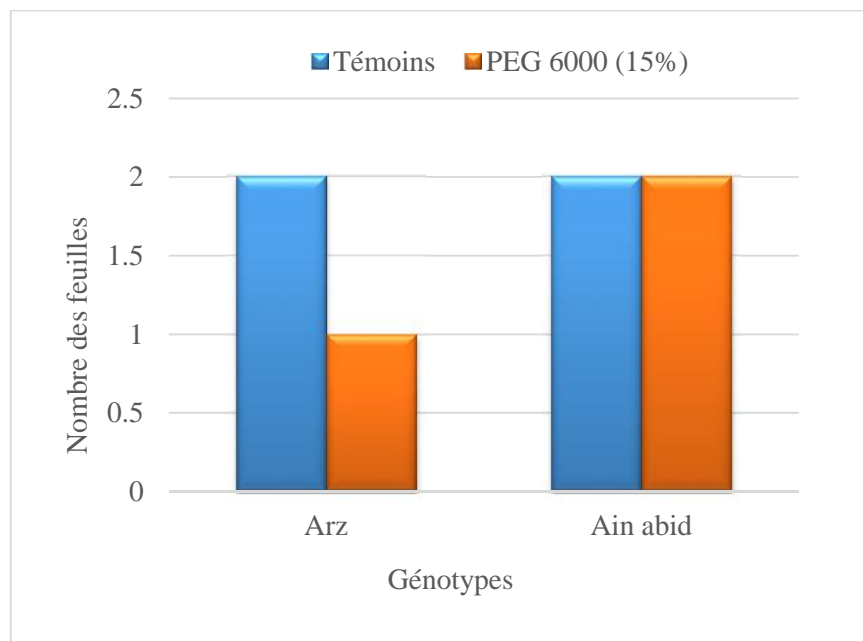


Figure 13: Nombre des feuilles chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique

L'analyse de variance de nombre des feuilles fait ressortir une différence significatives pour l'effet variété et traitement, alors il n'existe pas une différence significative entre interaction variété *traitement.(Tableau 09) .

Tableau 09 : Analyse de variance de nombre des feuilles obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Génotypes	1	0.750	0.750	9.000	0.015
Traitement	1	0.750	0.750	9.000	0.015
Génotypes*Traitement	1	0.000	0.000	0.000	1.000

Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en deux groupes. Le premier groupe A (témoin) présente le nombre des feuilles de moyenne 2.000 feuilles, par le deuxième groupe B (15% PEG6000) présent la moyenne la 1.500, c'est-à-dire 2 à une feuille (Tableau10) .

Tableau 10 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés Pour de nombre des feuilles « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».

Modalités	Moyenne	Regroupements	
T	2.000	A	
15% PEG6000	1.500		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 Ain abid avec une moyenne de 2.000 feuilles . Le groupe (B) avise la variété Arz avec une moyenne générale de 1.5 c'est-à-dire 2 à une feuille (Tableau11).

Tableau 11 : Classement des groupes facteur Variété dans les deux traitements pour le de Nombre des feuilles « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00%,».

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Ain abid	2.000	A	
Arz	1.500		B

2.2 Nombre des racines

La figure 14 représenté le Nombre des racines chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.

On remarque une différence du nombre des racines entre le témoin et le PEG 6000 (15%), le nombre des racines les plus élevée sont notes chez les témoins avec un nombre max de 5.8 racines.

Sur le témoin, le système racinaire est bien développer avec la variété Ain abid par contre sur le stress PEG6000 (15%) le système racinaire du la variété Arz est bien ramifier avec une valeur 5.3 racines. (Figure14)

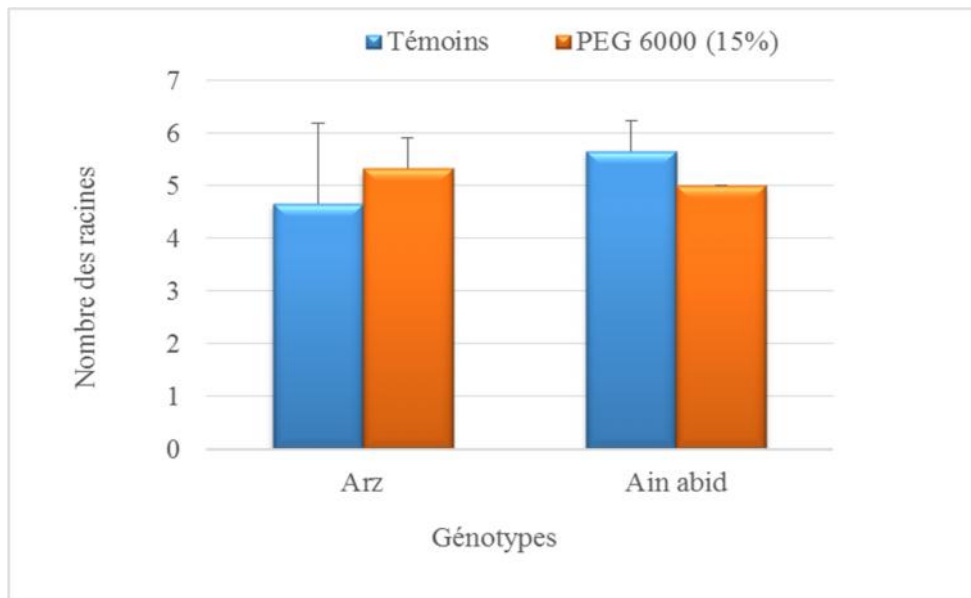


Figure 14: Nombre des racines chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.

Les résultats de l'analyse de variance montrent une différence non significative pour l'effet traitement ($P > 1.000$), ainsi qu'un effet l'interaction (Génotype x Traitement) significatif ($P 0.219$). Toute fois l'effet génotype n'est pas significative ($P 0.524$) (Tableau12).

Tableau 12 : Analyse de variance de nombre des racines obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Génotypes	1	0.333	0.333	0.444	0.524
Traitement	1	0.000	0.000	0.000	1.000
Génotypes*Traitement	1	1.333	1.333	1.778	0.219

Une variation très intéressante des valeurs de nombre des racines entre les témoins et Les plantes stressés est enregistrée dans le travail de Bakha et Boudekhane (2019).

2.3. Analyse du rapport PSP/PFP

La variation de rationalité de poids PSP/PFP chez deux variétés de blé tendre varie en fonction de traitement appliqué par PEC 6000 (15%). Les valeurs obtenues indiquent que la rationalité de poids sec sur poids frais de la plante augmenté à mesure de la concentration en PEG 6000.

La figure 15, montre que dans le PEG 6000, la rapport PSP/PFP ont élevé en totalité, en atteignant presque (0.26) pour la variété Arz que la variété Ain abid presque (0.22) .L'histogramme montre que quelle que soit la variété Arz ou Ain abid, la ration PSP/PFP est réduite comparativement au PEG 6000 et ceci pour le témoin.

Le résultat obtenu permet de noter que la variété Arz parait plus élevée au stress hydrique que la variété Ain abid (Figure15).

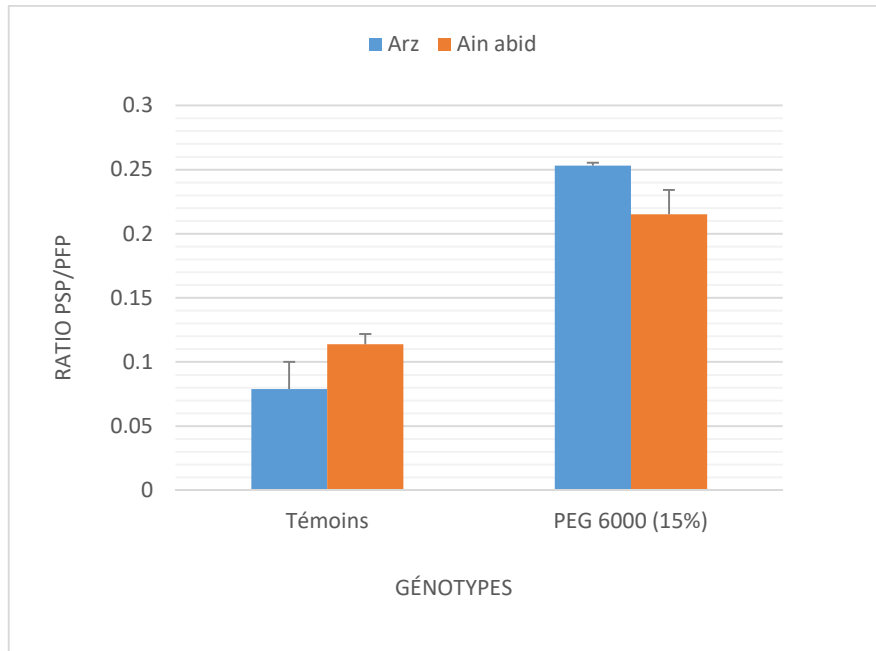


Figure 15: Ratio PSP/PFP chez deux génotypes de blé tendre soumis à un traitement osmotique.

L'analyse de variance de ratio PSP/PFP fait ressortir des différences très hautement significatives pour l'effet traitement, non significative pour l'effet génotypes et significative pour l'effet interaction (génotypes*traitement) (Tableau13).

Tableau 13 : Analyse de variance de ratio PSP/PFP obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux génotypes de blé tendre.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Génotypes	1	0.000	0.000	0.730	0.418
Traitement	1	0.050	0.050	226.241	< 0,0001
Génotypes*Traitement	1	0.002	0.002	10.468	0.012

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% pour le facteur traitement indique deux groupes homogènes. Le premier groupe A correspond au stress avec une moyenne générale de 0,225. Le deuxième groupe B correspond au traitement de témoin qui a 15% avec des moyennes générales de 0,096 (Tableau14).

Tableau 14: Classement des groupes de stress hydrique chez pour de ration PSP/PFP « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %,».

Modalités	Moyenne	Regroupements	
S	0.225	A	
T	0.096		B

L'analyse du test de **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur interaction (génotypes*traitement) en trois groupes homogènes. Le premier groupe A indiqué le stress 15% de PEG 6000 avec de moyenne générale de 0,236 chez le génotype Arz et de moyenne générale de 0,215 chez le génotype Ain abid . Le deuxième groupe B correspond au témoin avec de moyenne générale de 0.114 chez le génotype Ain abid. Le dernier groupe C contient la valeur la plus basse du (PSP/PFP) qui enregistre chez le génotype Arz avec de moyenne générale de 0.079(Tableau 15).

Tableau 15 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés Pour de ration PSP/PFP « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 % ».

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Génotypes-Arz*Traitement-S	0.236	A	
Génotypes-Ain abid*Traitement-S	0.215	A	
Génotypes-Ain abid*Traitement-T	0.114		B
Génotypes-Arz*Traitement-T	0.079		C

3. Paramètre biochimique

1.1. Variation de teneur en proline

La figure 16 représenté l'effet du stress osmotique sur la teneur en proline de deux génotypes de blé tendre, Arz et Ain abid.

Chapitre III : Résultats et discussions

Le graphique montre que la teneur en proline chez les deux géotypes de blé tendre augmente au niveau du stress osmotique. On remarque que la teneur en proline dans Arz augmente fortement avec l'augmentation du stress osmotique (7.5ug/ 100mg MF), tandis que dans Ain abid, elle augmente progressivement (1.8ug/100mg MF).

Le graphique montre que dans les conditions de l'absence PEG 6000(15%) , dans une solution témoin, la teneur en proline des deux variétés, Arz et Ain abid, est égale quasi inexistante . (Figure 16).

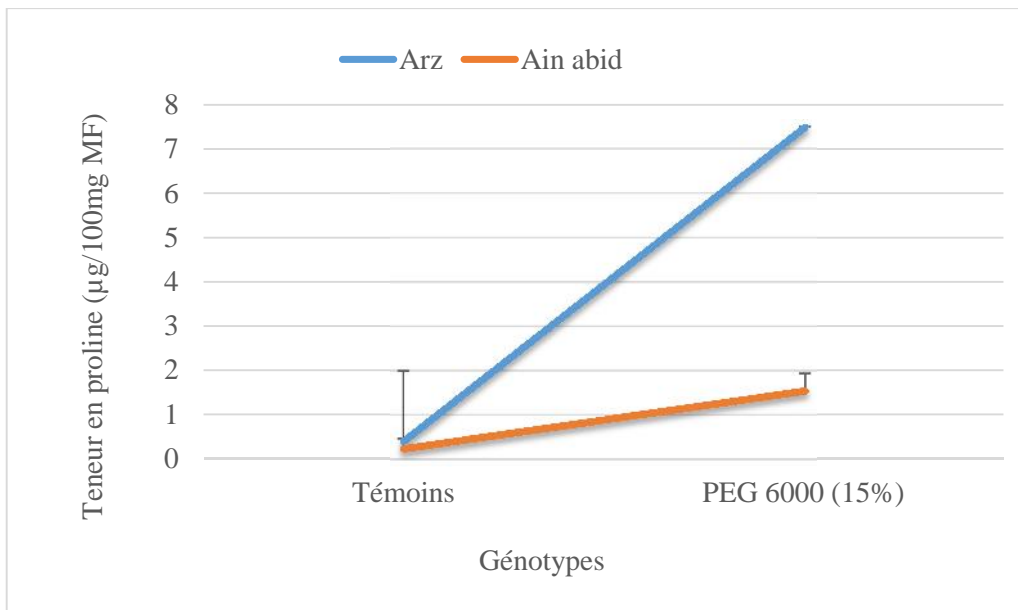


Figure 16: Évaluation de la teneur en proline des deux géotypes de blé tendre soumis à un stress osmotique.

L'analyse de variance de la teneur en proline fait ressortir une différence plus hautement significatives pour l'effet géotypes et l'interaction entre géotype*traitement, Une différence significative pour l'effet traitement (Tableau 16).

Tableau 16 : Analyse de variance de teneur en proline obtenue à partir des deux traitements appliqués aux deux géotypes de blé tendre.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Géotypes	1	28.059	28.059	34.581	0.000
Traitement	1	52.758	52.758	65.020	< 0,0001
Géotypes*Traitement	1	25.020	25.020	30.836	0.001

Chapitre III : Résultats et discussions

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% pour le facteur génotype donne deux groupes homogènes. Le premier A contient la valeur la plus élevée de teneur de proline qui enregistre chez le génotype Arz (3.950). Le deuxième groupe B contient la valeur (0.891) enregistre chez le génotype Ain abid

Tableau 17 : Classement des groupes de génotypes chez les deux variétés pour le teneur de proline « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Arz	3.950	A	
Ain abid	0.891		B

L'analyse du test de **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur stress en deux groupes homogènes. Le premier groupe A indiqué le traitement de stress 15% de PEG 6000 avec de moyenne générale de 4,517. Le deuxième groupe B correspond au témoin 5% avec de moyenne générale de 0,324.

Tableau 18 : Classement des groupes de stress hydrique chez les deux variétés pour le teneur de proline « test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».

Modalités	Moyenne	Regroupements	
S	4.517	A	
T	0.324		B

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur interaction (génotypes*traitement) classe les moyennes en deux groupes. Le groupe A (S15%) qui enregistré la variété Arz stressée, présenté la moyenne la plus élevée 7,490 et le groupe B (S15% et témoins) contient les valeurs les plus basse 1.544 et 0.409 et 0.239 de teneurs de prolines chez les génotypes Ain abid (S15%) , Arz et Ain abid (T).(Tableau 17).

Tableau 19 : Classement des groupes de l'interaction géotypes* traitement pour la teneur de proline« test Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95,00 %».

Modalités	Moyenne	Regroupements
Géotypes-Arz*Traitement-S	7.490	A
Géotypes-Ain abid*Traitement-S	1.544	B
Géotypes-Arz*Traitement-T	0.409	B
Géotypes-Ain abid*Traitement-T	0.239	B

La proline est considérée comme un « élément osmorégulateur » dont l'accumulation semble être un indice de résistance non seulement au stress salin mais également au stress hydrique (Djahra *et al.*,2015).

Globalement, l'augmentation des teneurs de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et notamment le blé dans différentes situations de sécheresse (Denden *et al.*, 2005 ; Brahim, 2017 ; Nouri 2002). Et la présence de cette molécule compatible est souvent corrélée avec la capacité des plantes à survivre en condition de stress.

Conclusion

Le stress hydrique est un facteur majeur limitant la production du blé tendre à l'échelle mondiale. Il affecte négativement la physiologie de la plante, en particulier la croissance et le développement, menant à une réduction du rendement.

Cette étude porte sur l'effet de PEG 6000(15%) sur deux variétés du blé tendre (Arz et Ain abid). Les résultats obtenus de cette étude indique que la présence de PEG 6000 (15%) dans la solution d'irrigation affecte les paramètres de germination des graines du blé tendre testés.

Les résultats obtenus, démontrons que l'adaptation de nos variétés est étroitement dépendante et favorisée par les différentes réponses physiologiques, morphologiques et biochimiques dans les conditions de stress, par analyse comparative de quelques paramètres physiologiques, morphologiques et biochimiques. On a pu observer une diminution du taux de germination final, de la variation de cinétique de la germination , et de teneur moyenne en eau, de le nombre des feuilles , racines , et une diminution dans le rapport PSP/PFP, cette diminution est plus importante chez les plantes fortement stressées, ces derniers enregistrent une forte accumulation de teneur de la proline ,.

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 Arz et Ain abid semblent être capable de mieux tolérer le stress hydrique.

Liste des références bibliographique

Liste de références bibliographique

- J **Aidaoui, H., & Hartani, T. (2000).** Contribution à l'étude des effets de la sécheresse sur la croissance et le développement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat, Université de Batna, Algérie.
- J **Albouchi, A., El Felah, M., & Msallem, M. (2000).** Effets du stress hydrique sur la croissance et la teneur en eau des plantules de blé (*Triticum aestivum* L.). *Revue des Régions Arides*, 14(2), 79-86.
- J **Aya, G., Bensaadi, F., Yakoubi, S., Bewley, J. D., & Mazoyer, C. (2011).** Title of the publication. *Journal/Book Name*, Volume(Issue).
- J **Beck, E., & Ziegler, P. (1989).** Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 40(1), 95-117.
- J **Ben Miled, D., et al. (1986)** . Effet du stress hydrique sur la germination et la croissance du blé (*Triticum aestivum* L.). *Revue des Régions Arides*, 3(2), 97-106.
- J **Ben Naceur, M., et al. (2001).** Effet du stress hydrique sur la germination des graines de blé (*Triticum durum* Desf.). *Revue des Régions Arides*, 15(3), 191-198.
- J **Bengriche, L., & Tiliouine, A. (2017).** Sociodemographic determinants of obesity in Algeria. *International Journal of Public Health*, 62(4), 481-490.
- J **Bensaadi, N. (2011).** Étude des effets combinés de la température et de l'osmoticité sur la germination du blé. Thèse de doctorat, Université de Paris.
- J **Bonjean, A. P. (2001).** Wheat in the World. In: Curtis, B. C., Rajaram, S., & Macpherson, H. G. (Eds.), *Bread Wheat: Improvement and Production*. FAO Plant Production and Protection Series No. 30. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- J **Boudrai, Y., & Ben Mabrouk, H. (2007).** Les exigences climatiques du blé. INRA Editions.
- J **Boukarboua, A., Bouazza, E., & Gharbi, R. (2016).** The impact of food price inflation on household welfare in Algeria: A general equilibrium analysis. *Journal of African Economies*, 26(2), 240-263.
- J **Bouzerzour, H., Beddiar, M., Bousba, M., & Taibi, F. (1994).** Impact of drought on grain yield and its components in some durum wheat cultivars. *Journal of Agronomy*, 3(3), 203-208.
- J **Bouzerzour, H., Djermoun, A., Chellali, F. (1994).** Fluctuations de rendement des cultures céréalières en Algérie : contraintes abiotiques et adaptations possibles. Alger : INRAA.
- J **Brahimi, A. (2017).** Variations de la teneur en proline chez différentes variétés de blé exposées au stress hydrique. *Revue des Sciences Agronomiques*, 8(1), 35-42.

-) **Chameil, B., & Simmoneau, T. (2006).** Méthodes de mesure des déficits hydriques des plantes (Vol. 1). Quae.
-) **Chaussat (1999).** Il pourrait s'agir de : Chaussat, R. (1999) - La germination des graines : aspects morphologiques et physiologiques. Paris, Editions Quae.
-) **Chaux, F., & Foury, C. (1994).** Germination des graines de légumineuses alimentaires en présence de contaminants. *Annales de Phytopathologie*, 26(1), 101-115.
-) **Chellali, F. (2007).** Agricultural productivity and rural poverty in Algeria. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 8(3), 99-110.
-) **Chellali, F. (2007).** Croissance démographique et sécurité alimentaire en Algérie. *Revue algérienne d'économie agricole et du développement rural*, 2(2), 5-15.
-) **Chellali, F. (2017).** Perspectives de la sécurité alimentaire en Algérie : défis et opportunités. Alger : Editions ANEP.
-) **Chellali, F. (2017).** The agricultural sector in Algeria: From independence to the present. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 20(3), 5-23.
-) **Chennafi, M., Bouznad, Z., & Nouri, L. (2006).** Physiological behaviour of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under water stress in the semi-arid regions of Algeria. In *First International Congress on "Cactus Pear and Cochineal"* (Vol. 728, pp. 141-148).
-) **Cook, R. J., Veseth, R. J., & Veseth, R. (1991).** *Wheat Health Management*. American Phytopathological Society Press.
-) **Denden, M., et al. (2005).** Impact de la sécheresse sur l'accumulation de proline chez le blé (*Triticum aestivum* L.). *Journal de la Biologie Moléculaire des Plantes*, 10(2), 89-97.
-) **Djahra, N., et al. (2015).** Effet de l'accumulation de proline sur la résistance au stress hydrique chez différentes espèces végétales. *Journal de Physiologie Végétale*, 42(3), 156-165.
-) **Djebbar, R. (2012).** Etude des mécanismes physiologiques de tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et leur implication dans la sélection variétale. Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie.
-) **Djermoun, A. (2009).** Etude de la compétitivité du blé en Algérie. Doctoral dissertation, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, Algiers, Algeria.
-) **Doré, T., Dubois, J. P., & Willocquet, L. (2006).** Méthodes d'expérimentation en sciences du sol. Versailles : Éditions Quae.
-) **Doumandji, A. (2003).** Classification du blé tendre. *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, 83(3), 191-196.

- J **Doussinault, G., Bonjean, A. P., & Angus, W. J. (2001).** Introduction of wheat into different continents. In *The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding*.
- J **Gate, P., & Giban, J. (2003).** Biologie Végétale. Editions De Boeck Editions le Harmattan.
- J **El Jaafari, S., El Gharous, M., & Benchaabane, A. (2000).** Effet du déficit hydrique sur la teneur moyenne en eau chez différentes variétés de blé (*Triticum aestivum* L.). *Revue des Régions Arides*, 12(1), 25-32.
- J **FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture). (2021).** Perspectives des réserves de céréales en Algérie.
- J **Feliachi, A., Djekoune, N., & Bouznad, Z. (2001).** Effet de différents facteurs sur la germination des graines de pois chiches (*Cicer arietinum* L.). *Acta Botanica Gallica*, 148(4), 357-363.
- J **Feliachi, C., Benkhaled, A., & Fadli, A. (2001).** Effet du déficit hydrique sur la germination et la croissance de trois variétés de maïs (*Zea mays* L.). 4ème Colloque National de la Physiologie Vég
- J **Global Agricultural Information Network (GAIN) et Ministère de l'Agriculture des États-Unis. (2021).** Rapport conjoint sur la consommation de blé en Algérie.
- J **Guiga, A. (2006).** Méthodes d'étude de la biomasse végétale. Éditions Quae.
- J **Hajlaoui, H., e (2007).** Effet de l'efficacité du traitements des graines du blé dur (*Triticum durum*) par les irradiations des semences sur la germination et le comportement agronomique. *Revue des Régions Arides*, 22(2), 401-408.
- J **Hopkins, W. G. (2003).** Physiological mechanisms regulating water and solute movement. *Plant physiology* (2nd ed., pp. 68-69). Wiley.
- J **Ingram, J., Bartels, D., & Janse, J. (1996).** The effects of dehydration and rehydration on the stress proteins in the resurrection plant *Craterostigma plantagineum* Hochst. *Plant, Cell & Environment*, 19(6), 675-684.
- J **INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie). (2016).** Rapport sur la production nationale de blé tendre en Algérie pour la campagne 2014-15.
- J **Kellou, H. (2003).** Agricultural Studies on Wheat Varieties. Academic Pres
- J **Keyvan, A. (2010).** Effet du stress hydrique sur la teneur moyenne en eau des plantes cultivées. *Revue des Sciences Agronomiques*, 5(2), 45-52.
- J **Korir, R., et al. (2006).** Variation de la teneur moyenne en eau chez le haricot sous contrainte hydrique. *Journal de la Biologie Végétale*, 21(3), 112-120.

-) **Lafon, A., et al. (1998).** Physiologie Végétale. Editions De Boeck Université.
-) **Lamaze, T., Chartier, M., & Sinoquet, H. (1994).** Croissance et développement des plantes. Collection Biologie Végétale, Masson.
-) **Larcher, W. (2001).** Ecole thématique CNRS « Stress biotiques et abiotiques : Physiologie et Génétique de la résistance ». In Stress biotiques et abiotiques : Physiologie et Génétique de la résistance (pp. 3-5)"
-) **Levy, A.A., & Feldman, M. (2002).** The Impact of Polyploidy on Grass Genome Evolution. *Plant Physiology*, 130(4), 1587-1593.
-) **Mathieu, A. (2014).** Adaptations des plantes au stress hydrique: mécanismes, régulations et applications agronomiques. Mémoire de Master, Université de Bordeaux, France.
-) **Mazliak, P. (1982).** Maladies, parasites et nuisibles des plantes tropicales cultivées. Paris, Editions Maisonneuve & Larose.
-) **Mefti, M., (2008).** Effet de la variété et du mode de plantation sur la croissance et le développement du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). *Revue des Régions Arides*, 22(1), 110-119.
-) **Mekliche, S., Belkacem, M., & Hamida, B. (2003).** Effet de la sécheresse sur le rendement et la qualité de la tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*). Mémoire de fin d'études, École nationale supérieure agronomique, Algérie.
-) **Monneveu, A. (1991).** Méthodes. d'étude de l'eau chez les végétaux. Éditions Quae
-) **Nouri, F. (2002).** Rôle de la proline dans la réponse des plantes au stress hydrique. *Journal de Physiologie Végétale*, 29(4), 201-210.
-) **Odenbach, F., et al. (1985).** Ecology and Taxonomy of Triticeae. Springer.
-) **Passioura, J. B. (2004).** Increasing crop productivity when water is scarce—from breeding to field management. *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 176-196. production de biomasse chez différentes espèces végétales. Source non spécifiée.
-) **Radhouabe, F. (2014).** Impact du stress hydrique sur la physiologie, la croissance et le rendement du blé dur (*Triticum durum Desf.*). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar - Annaba, Algérie.
-) **Romo, A., Martínez, J. P., Méndez, A., Alarcón, J. J., & Sánchez, F. J. (2001).** Polyethylene glycol-induced water stress alleviation in intact plants: physiological and morphological features. *Physiologia Plantarum*, 111(3), 310-317.
-) **Sayar, R., et al. (2010).** Effet du stress hydrique sur la germination et la croissance des plantules de blé (*Triticum aestivum L.*). *Revue des Régions Arides*, 24(1), 105-114.

-) **Slama, A., Ghnaya, T., Hessini, K., Messedi, D., Savoure, A., & Abdelly, C. (2005).** Physiological response of two wheat species to long term salinity. *Comptes Rendus Biologies*, 328(8), 847-855.
-) **Soltner, D. (2012).** "Le blé tendre : culture, productivité, qualité
-) **Yokota, H., Tanaka, N., Kusaba, S., Sasanuma, T., & Hara, Y. (2006).** Physiological response of spring wheat cultivars to water stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(5), 345-355.

Année universitaire : 2023-2024

**Présenté par : HAMADI Amira
REBAI KHouloud**

Effet de stress hydrique sur la germination et la croissance de deux génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum*)

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale

Résumé

Le présent travail traite l'impact du déficit hydrique exprimé par l'abaissement du potentiel hydrique du milieu sur les principales phases de germination et de croissance chez deux variétés de blé tendre. Un niveau de potentiel osmotique provoqué par une solution de PEG 6000 égale à 15% avec un témoin ont été adoptés dans les milieux de germination des graines de deux génotypes de blé tendre à savoir Arz et Ain Abid. Les résultats montrent que le stress hydrique a affecté tous les paramètres morpho physiologique ; une diminution du taux de germination finale, du nombre des racines, du nombre des feuilles et de la ration PSP/PFP. En outre, la teneur en proline est augmentée en fonction de stress hydrique. Les résultats obtenus à partir de ce travail ont mis en évidence une variabilité importante entre les génotypes étudiés qui se comportent de la même manière vis-à-vis du stress hydrique en appliquant les mêmes mécanismes mais à des degrés différents.

.

Mots-clefs :

Triticum aestivum, stress hydrique, germination, proline, morpho-physiologique

Laboratoires de recherche : laboratoire de de Génétique Biochimie et de Biotechnologie Végétale (Génétique Biotechnologie Biochimie Végétale) à Chaabat EL Rasses, Université Frères Mentouri Constantine1.

Jury d'évaluation :

Président du jury : KACEM Nadia Sandra (MCB. - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : MOUELLEF Adra (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Examineur : LOUALI Yamouna (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri).