

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Abdelhamid Ibn Badis -Mostaganem**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**DEPARTEMENT D'AGRONOMIE**



***MEMOIRE DE FIN D'ETUDES***

**Présenté pour l'obtention du diplôme de**

**MASTER EN AGRONOMIE**

**Spécialité : Amélioration Productions végétales**

**Présenté Par:**

**Medjahed Nariman**

**Rouane Khalida**

**Etude du comportement variétale de blé tendre  
(*Triticum aestivum L.*) vis-à-vis de stress hydrique**

Soutenue publiquement le **08/10/ 2023**

***DEVANT LE JURY***

Président	Tahri	Miloud	M.C.A	U. Mostaganem
Encadreur	Meliani	Hadj Ahmed	M.A.C.C	U. Mostaganem
Examineur	Hamza.	Lahouaria	M.A.C.C	U. Mostaganem

**Année universitaire 2022/2023**

## REMERCIEMENTS

*Je rends Grâce à dieu ; le clément ; le miséricordieux*

*Louanges au prophète Mohamed*

Nos premiers remerciements vont à notre encadreur Mr « MELIANI HadjAhmed » de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Mostaganem ; d'avoir accepté de diriger et d'orienter ce travail de recherche ; nous la remercions aussi pour son accueil ; son aide et ses conseils très précieux dans l'exploitation des résultats. Il est agréable d'exprimer notre pleine gratitude pour votre simplicité et votre générosité preuve de votre qualité humaine et scientifique.

Nous tenons à exprimer nos remerciements au docteur « TAHRI Miloud » de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Mostaganem qui a accepté d'évaluer ce travail et de présider ce jury, qu'il soit ici remercié de l'intérêt qu'il a porté à ce travail.

Nous tenons à remercier Madame HAMZA Lahouariad'avoir accepté de fairepartie du jury et d'examiner notre travail.

Nos remerciements s'adressent à tous les enseignants du département de d'agronomie pour leurs aides et encouragements au cours de nos études.

Nos remerciements vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



# Dédicace

Je rends grâce à Dieu le tout puissant qui m'a permis de mener

À bien ce projet de fin d'études.

Je dédie, fruit de Mon long chemin d'étude :

A ma mère, qui a éclairé Mon chemin et qui m'a encouragé et soutenu

Tout au long de mes études.

A Mon père qui m'a inculqué une bonne éducation, le chemin de

La dignité et la voie de la sagesse.

À mes adorables frères : Que dieu les protège, Hamdadou,

Et à ma petite Sœur nourhane, Je leur souhaite la réussite dans leur vie

Privée.

Mon oncle : Ahmed, que j'apprécie beaucoup.

A mes proches, qui m'ont soutenue et encouragée dans l'accomplissement de ce  
Travail. Colocataires universitaires, Khalida, Fatima, Khaoula, Asmaa, Sabrina, Wiam,  
Chaima

*Narimen*

# Dédicace

Je dédié ce modeste travail à :

Mes chers parents qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leur grand soutien et  
Leurs encouragements, par leurs dévouements exemplaires et les énormes  
Sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études et qui ont toujours aimé me  
Voir réussir.

Ma chère sœur et mes chers frères, Mon cousin Walid, Ma grande- mère et  
Toute ma famille.

Mon binôme Narimen pour ces efforts, Et tous mes amis.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Khalida*

## الملخص

الجفاف هو العامل الأكثر أهمية والأكثر تقييدا في زراعة الحبوب بشكل عام والقمح اللين بشكل خاص، وخاصة في المناطق شبه الجافة. تهدف هذه الدراسة الى دراسة آليات التحمل للإجهادات اللاحيوية في بعض أصناف القمح. ولتحقيق ذلك، تم اتباع استراتيجية شاملة تجمع بين دراسات الخصائص الظاهرية والوراثية وذلك من خلال دمج مجموعة متنوعة من الصفات الفيزيولوجية والمورفولوجية والزراعية.

الدراسة سمحت بتقديم نظرة شاملة لسلوك خمسة أصناف من القمح اللين (*Triticum aestivum L.*) مقارنة مع نقص المياه وتمييز الأصناف الأقل تأثراً بهذا القيد.

المواد النباتية تتكون من اثنين من الأصناف المحلية *Ain Abid* و *ARZ* وثلاثة أصناف من أصل إيطالي تم إدخالها حديثاً (*Anforeta*، *anafo*، *palésio*) ، تم تنفيذها وفقاً لتصميم البلوكات العشوائية مع أربع تكرارات، وتعرضت لمعالجات مختلفة للإجهاد المائي بثلاثة مستويات من الري، المرجع

(*CR* – القدرة على الاحتفاظ بالماء 100% *T1*، الإجهاد المعتدل (*CR* 70%) *T2* والإجهاد الشديد (*CR* 40%) *T3* مع إجراء مقارنة لبعض آليات التحمل.

أظهرت النتائج المحصلة ان معدل الانبات كان مرتفعاً نسبياً، مع تأثير سلبي على نمو النبات، ولا سيما بالنسبة لعدد الجذور وارتفاع النبات والكتلة الهوائية، والتي تم مراقبتها عند النباتات المعرضة للإجهاد مقارنة بالشواهد. بالنسبة للدراسة في البيت الزجاجي، فإن تأثير الإجهاد المائي ذو أهمية كبيرة جداً على معظم الصفات المورفولوجية والزراعية التي تم تحليلها. وفي الختام، أظهرت الدراسة أن الإجهاد المائي يؤثر نفس آليات الاستجابة في الأصناف المدروسة ولكن بدرجات مختلفة، وهذه الآليات تكون أكثر أهمية عندما تكون شدة ومدة الإجهاد مرتفعة.

**الكلمات المفتاحية:** القمح اللين (*Triticum aestivum L.*) ، نقص المياه، الأصناف الوراثية، المؤشرات المورفولوجية الفيزيولوجية الزراعية.

## **Résumé :**

La sécheresse est le facteur le plus significatif et le plus limitant des cultures en général et du blé tendre en particulier, surtout en zones semi-aride. La présente étude a pour objectif l'étude de mécanisme de tolérance aux stress abiotiques chez quelques variétés de blé. Pour ce faire, une stratégie globale a été suivie, associant des études phénotypiques et génotypiques en intégrant différents caractères physiologiques, morphologiques et agronomiques. L'étude a permis de donner une vue globale des comportements de 5 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) vis-à-vis du déficit hydrique et de distinguer les variétés les moins affectées par cette contrainte.

Le matériel végétal consisté à deux variétés locales ARZ et Ain Abid et trois variétés originaire d'Italie nouvellement introduits ( anforeta, anafo, palésio), conduit en blocs randomisé avec quatre répétitions et soumises aux différents traitements de stress hydrique avec trois niveaux d'irrigation, témoin T1 (100 % CR), stress modéré T2 (70 % CR) et un stress sévère T3 (40 % CR), en effectuant une comparative de quelques mécanisme de tolérance.

Les résultats obtenus montrent que le taux de germination était relativement élevé, avec un effet dépressif sur la croissance de la plante, Notamment ; le nombre de racines, la hauteur de la plante et la biomasse aérienne qui sont ainsi observés chez les plantes stressés par rapport aux témoins. Pour l'étude sous serre, L'effet du stress hydrique est très significatif sur la quasi-totalité des traits morphologiques et agronomiques analysé. En conclusion, l'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les génotypes étudiés mais à des degrés différents, et sont d'autant plus importants que l'intensité et la durée du stress sont élevées.

**Mots clés :** Blé tendre (*Triticum aestivum* L.), déficit hydrique, génotypes, Paramètres Morphologiques, physiologique et Agronomique

## Abstract

Generally, drought is the most significant and limiting factor for crops in general and for soft wheat in particular, especially in semi-arid zones. The present study aims to study the mechanism of tolerance to abiotic stress in some varieties of wheat. To do this, a global strategy was followed, combining phenotypic and genotypic studies by integrating different physiological, morphological and agronomic characteristics. The study made it possible to provide an overall view of the behavior of 5 varieties of common wheat (*Triticum aestivum* L.) with respect to water deficit and to distinguish the varieties least affected by this constraint. The plant material consisted of two local varieties ARZ and Ain Abid and three newly introduced varieties from Italy (Anforeta, Anafo, Palésio), Conducted in randomized blocks with five repetitions and subjected to different water stress treatments with three levels of irrigation, control T1 (100% CR), moderate stress T2 (70% CR) and severe stress T3 (40% CR), by carrying out a comparison of some tolerance mechanisms. The results obtained show that the germination rate was relatively high, with a depressing effect on the growth of the plant, in particular; the number of roots, the height of the plant and the aerial Biomass, which are thus observed in stressed plants, compared to controls. For the greenhouse study, the effect of water stress is very significant on almost all of the morphological and agronomic traits analyzed. In conclusion, the study showed that water stress provokes the same response mechanisms in the genotypes studied but to different degrees, and are all the more important, as the intensity and duration of the stress are high.

Keywords: Soft wheat (*Triticum aestivum* L...), water deficit, genotypes, Parameters Morphological, physiological and Agronomic.

## ***Liste des figures***

Figure n°01 : Phylogénie du blé tendre

Figure n° 02 : Evolution de la production Algérienne de céréales durant la période 2000/2012

Figure n° 03 : Le système racinaire du blé (Boyeldieu, 1997)

Figure n° 04 : Les principales parties de la tige du blé

Figure n° 05 : Structure d'un épi et épillet du blé

Figure n°06 : les étapes et les stades repères de la vie du blé, et l'influence du milieu a chacune de ces étapes.

Figure n°07 : Les différents stades de développement du blé.

Figure n° 08 : Schéma du Protocole expérimentale

Figure n° 09 : Sélection des graines saines

Figure n°10 : Test de viabilité des graines de blé

Figure n°11 : Mise en germination des graines de blé tendre

Figure n°12 : Sortie de la radicule hors des téguments de la graine

Figure n°13 :Photo de la serre semi contrôlé

Figure n° 14 :Situation géographique de la zone d'étude

Figure n° 15 :Opération de tamisage du sol et terreau

Figure n° 16 : Mélange et remplissage des pots

Figure n° 17 :Dispositif expérimental

Figure n° 18:Vue du dispositif on pots et gobelets à l'intérieur de la serre

Figure n° 19 : L'application de stress hydrique en pots et gobelets durant

Figure n° 20 : Mesure de capacité de rétention

Figure n° 21 :Détermination du nombre de racine

Figure n° 22: Mesure de la hauteur de la plante

Figure n° 23 : mesure de la biomasse aérienne

Figure n° 24 : Mesure de longueur du col et de l'épi

Figure n° 25 : Mesure de la hauteur de la plante

Figure n° 26 : détermination du nombre de graines par épi

Figure n° 27 :Evolution moyenne du taux de germination en fonction du niveau de régimehydrique appliqué.

Figure n° 28 : Variation du taux de germination, des différentes variétés en fonction du temps etniveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Figure n° 29 :Nombre moyen de racines formées par les génotypes en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Figure n° 30 :Variation de la moyenne de la hauteur de la plantule chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Figure n° 31 :Variation de la moyenne de biomasse aérienne chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Figure n° 32 : Longueur moyenne de la feuille d'étendard chez six génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Figure n° 33 :Hauteur moyenne de la paille à maturité chez six génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Figure n° 34 :Longueur moyenne de l'épi à la maturité chez six génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Figure n° 35 :Longueur moyenne de longueur du col de l'épi à la maturité chez cinq génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

### ***Liste des tableaux***

Tableau n°1. Classification botanique des différents genres de la famille des Gramineae.

Tableau n° 02 : Les stades de développement des céréales suivant l'échelle de Jonard, Feekes et Zadocks

Tableau n° 03 : Exigences culturales du blé dur et du blé tendre

Tableau n° 04 : description du matériel végétale

Tableau n° 05 : caractérisation des Echantillons de blé tendre

Tableau n° 06 : Variation du taux de germination, des différentes variétés en fonction du temps et niveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Tableau n° 07 : Nombre de racines formées par les génotypes en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Tableau n° 08 : Longueur moyenne de l'épi à la maturité chez cinq génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Tableau n° 09 : Variation de la longueur moyenne de la feuille étendard chez cinq génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Tableau n° 10 : Hauteur moyenne de la paille à maturité chez six génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Tableau n° 11 : Variation de la moyenne de biomasse aérienne (g) chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Tableau n° 12 : Variation de la moyenne de la hauteur de la plantule chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Tableau n° 13 : Longueur moyenne de longueur du col de l'épi à la maturité chez cinq génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

### ***Liste d'abréviation***

**OAIC** :office algérien interprofessionnel des céréales

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures

**CNCC** : Centre National de Contrôle et Certifications des semences et des plants

**INPV** : Institut National de la Protection des Végétaux

**CIMMYT** :Centre International pour l'amélioration du maïs et du blé

**INRAA** :Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

**CR** : La capacité de recharge

**PMG** : Lepoids de mille grains

**TMG** :Letemps moyen de germination

**TG** : Taux de germination

**SFE** :Surface de la feuille étendard

**HT** :Hauteur de la tige

**LC** : Longueur du col

**LE** :Longueur de l'épi

**HP** :La hauteur de la plante

**NG/E** :Le nombre de grains par épi

# Sommaire

## REMERCIEMENTS

Dédicace

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Table des Matières

Introduction générale.....01

### *Chapitre I : Synthèse bibliographique*

1. Caractéristiques générales du blé tendre.....03

1.1. Historique et origine : .....03

1.1.1. Origine génétique .....03

1.1.2. Origine géographique .....04

I. 2. Production du blé tendre :.....04

I. 2...1. Production mondiale :.....04

I. 2. 2. Production en Algérie :.....04

1.3. Taxonomie du blé tendre (*Triticum aestivum* L.).....06

1.4. Biologie et cycle végétatif du blé tendre.....07

1.4.1. Morphologie du blé tendre.....07

1.4.1. 1. Système racinaire.....07

1.4.1.2. Le système aérien .....08

1.4.1. 3. L'Appareil reproducteur.....09

1.4.1. Le cycle de développement.....10

1.4.1.1. Période végétative.....12

1.4.1.2. Période de reproduction.....13

1.4.1.3. Phase du grossissement et maturation du grain.....14

1.5. Les exigences du blé .....15

1.5.1. La température .....15

1.5.2. L'eau .....16

1.5.3. Le sol :.....16

1.5.4. La Lumière :.....17

1.5.5. Les besoins azoté de blé :	17
1.5.6. Les exigences culturales	17
1.6. Contraintes environnementales liées à la production du blé tendre.	19
1.7. Stress hydrique et production du blé tendre	19
1.7.1. Notion de Stress	19
1.7.2. Le stress hydrique	20
1.7.2. 1. Les phases de stress	20
1.7.2. 1. 1. Phase d’alarme	20
1.7.2. 1. 2. phase de résistance	20
1.7.2. 1. 3. Phase d’épuisement	21
1.7.2. 2. Stratégies d’adaptation de la plante au stress hydrique	21
1.7.2. 2. 1. La stratégie d’esquive (Echappement)	21
1.7.2. 2. 2. La stratégie d’évitement	21
1.7.2. 2. 3. La stratégie de tolérance :	22
1.7.2. 3. Mécanismes d’adaptation de la plante au stress hydrique	22
1.7.2. 3. 1. Adaptation phénologique	22
1.7.2. 3. 2. Adaptation physiologiques.	23
1.7.2. 3. 3. Adaptation morphologiques.	24

## *Chapitre II : Matériel et méthodes*

1. But de travail	25
2. Protocole expérimental	26
3. le matériel végétal	27
3.1. Réception des échantillons	28
3.2. Analyse des échantillons	28
4. Méthodes et paramètres mesurés au laboratoire.	29
4.1. Condition de mise en germination des graines de blé tendre	29
4.1.1. Préparation des graines	29
4.1.2. Test de viabilité des graines	29
4.2. Mise en germination des graines	30
4.3. Détermination des paramètres de germination	31
4.3.1. Taux de germination	31
4.3.2. Cinétique de germination	31
5. Méthodes et paramètres mesurés dans la serre	31
5.2. Préparation du substrat	33
5.3. Remplissage des pots et gobelets	33

5.4. Mise en culture .....	34
5.5. Dispositif expérimental .....	34
5.6.L'application du stress hydrique .....	35
5.7. Détermination de la capacité de rétention (CR).....	35
6. Paramètres étudiées .....	36
6.1. Paramètre de croissance .....	36
6.1.1. Nombre de racine .....	36
6.1.2. La hauteur de la plante .....	37
6.1.3. Biomasse aérienne .....	37
6.2. Caractères morphologiques.....	38
6.2.1. Surface de la feuille étendard (SFE) .....	38
6.2.2. Le nombre de talles herbacées.....	38
6.2.3. Hauteur du chaume .....	38
6.2.4. Longueur du col.....	38
6.2.5. La longueur de l'épi .....	38
6.2.6.La hauteur de la plante (HP) .....	39
6.2.7. Le nombre de grains par épi .....	39

*Chapitre III : Résultats et discussion*

1. Les paramètres physiques de la germination .....	40
1.1. Taux de germination .....	40
1.2. Cinétique de germination .....	41
2.1. Nombre de racine.....	42
2.2. Hauteur de plantule .....	43
2.3. Biomasse aérienne .....	44
3. les paramètres morphologiques .....	45
3.1. Hauteur de la paille .....	45
3.2. Variation de la longueur de l'épi .....	46
3.5. Variation de la longueur du col de l'épi .....	47
4. les paramètres agronomiques .....	48
4.1. Nombre de talle .....	48
5. Discussions.....	49
Conclusion.....	51
Référence.....	53
Annexe.....	63

# **INTRODUCTION**

**Introduction :**

Les céréales occupent, à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche agricole (Slama et *al.*, 2005 ; Adoui et *al.*, 2017) et dans l'alimentation mondiale, avec les trois quarts de sa production destinés à la consommation humaine (Kara, 2015).

L'amélioration de la production du blé tendre a longtemps été le but primordial des phyto-généticiens à travers le monde plus spécialement dans les zones semi-arides. Dans ces zones, et face à des périodes de pénurie d'eau pendant les phases de croissance, le blé tendre est largement cultivé en tant que culture pluviale ou sous irrigation insuffisante, ainsi les rendements sont limités par la faible disponibilité de l'eau due à des précipitations restreintes, à une forte évapotranspiration et au stress thermique, entraînant des pertes considérables de rendement potentiels en grains, ce qui perturbe l'équilibre de l'offre et de la demande et finit par faire surgir des problèmes de sécurité alimentaire, plus spécialement dans les pays en voie de développement (Aissaoui Mohamed Ridha, 2019).

Il faut noter qu'en Algérie, la culture du blé s'heurte à de nombreuses entraves, dont celles d'ordre climatique qui en prennent la part importante (Hazmoune et *al.*, 2000). Effectivement, la sécheresse constitue la principale variable qui réduit grandement les potentialités productives de l'espèce. La pérennité de déclaration de ce stress s'impose à travers les cycles agricoles, du fait que la répartition des aires céréalières en Algérie est majoritairement localisée dans les plaines intérieures et les hauts plateaux, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride (Labdelli et *al.*, 2013). A ce niveau, la conduite de la culture en conditions pluviales est confrontée aux déclarations des cycles de déficit hydrique et où les disponibilités en eau en constitue un facteur primordial d'élaboration du rendement chez les céréales (Boudjabi et *al.*, 2015). Cependant, les contraintes générées par la sécheresse sont largement tributaires de son intensité et la phase de sa déclaration (Ercoli et *al.*, 2008, Adda et *al.*, 2013).

Dans ce contexte, un nombre relativement restreint de variétés de blé tendre, locaux et récemment introduites, furent expérimentées en Algérie. Selon Annicchiarico et *al.* (2006), les génotypes locaux sont caractérisés par un potentiel de rendement faible mais relativement stable. En revanche, les variétés introduites peuvent donner un rendement élevé mais seulement dans des conditions favorables d'approvisionnement en eau et en température.

La recherche d'une meilleure adaptation à la variation environnementale est devenue une nécessité pour stabiliser les rendements de ces régions (Benmahammed et *al.*, 2010).

La capacité d'évaluer quantitativement les performances des plantes cultivées subissant un stress hydrique est très importante au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'amélioration de la production en région semi-aride (INRA, 2000).

La plupart des travaux effectués sur le blé tendre dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial : l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques.

Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (Pfeiffer et *al.*, 2000).

Pour répondre à cette préoccupation, Ce travail a pour objectif d'étudier les effets de stress hydrique chez quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*L.), et de comparer entre les variétés étudiés vis-à-vis la tolérance aux sécheresse, ceci par la mesure de certains caractères morphologiques et physiologiques sous différents conditions de stress hydrique.

Notre mémoire est présenté en trois chapitres : Le premier chapitre (I) a été réservé à une étude bibliographique sur le blé tendre, le stress hydrique et les mécanismes d'adaptation.

Le deuxième chapitre (II) a porté sur une description du matériel Végétal, les conditions de culture et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.

Le troisième chapitre (III), fait l'objet de la présentation des résultats et leurs discussions obtenues lors dans cette étude.

Le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives, suivies de la liste de références bibliographiques et des annexes.

**PARTIE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1. Caractéristiques générales du blé tendre :

### 1.1. Historique et origine :

Le mot céréale dérive de 'ceres', le nom de la déesse préromaine de la récolte et de l'agriculture. Les céréales peuvent être définies comme des grains ou des graines comestibles de la famille de l'herbe, *Gramineae* (McKevith, 2004).

La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture ; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née il y'a 9000 ans. La grande révolution aura été l'apparition de plantes auxquelles les épis et les grains restaient attachés, ce qui devait permettre de les récolter et de les cultiver ; la chance de l'humanité sera que ces graines sont comestibles, riches en énergie, faciles à conserver et à transporter (Feillet, 2000).

La saveur agréable, la longue durée de conservation et les caractéristiques uniques des produits du blé tendre comme les pâtes, les nouilles et principalement le pain, le rendent très attrayant parmi les autres céréales (Nelson, 1985).

#### 1.1.1. Origine génétique :

La domestication et la culture des différentes espèces de blé (*Triticum* et *Aegilops*) a été un élément fondateur des premières civilisations humaines dans le croissant fertile. Ces différentes espèces de blé ont subi des transformations au fil du temps, les faisant passer de l'état de graminées sauvages à des espèces cultivées. Les différents blés ont été générés par des événements successifs de polyploïdisation intervenant après des croisements interspécifiques entre des espèces ancestrales diploïdes. Le premier événement, impliquant *Triticum monococcum* et *Aegilops speltoides*, a conduit à l'apparition du blé dur tétraploïde, *Triticum turgidum*.

Le deuxième événement de polyploïdisation a eu lieu entre le blé dur tétraploïde et *Aegilops tauschii*, donnant naissance au blé tendre, *Triticum aestivum*, de structure chromosomique hexaploïde (Chantret et al., 2005). Le génome A provient de *Triticum monococcum*, alors que le donateur du génome B est l'*Aegilops speltoides* (Dvorak, 1998 ; Gitte et al., 2006). *Triticum durum* a une garniture chromosomique AB (McKey, 1968), c'est une espèce allotétraploïde ( $AABB = 2n=4x=28$ , Figure I.1). Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome A a une paire de chromosomes homéologues du B, à laquelle elle est étroitement apparentée (Wall et al., 1971).

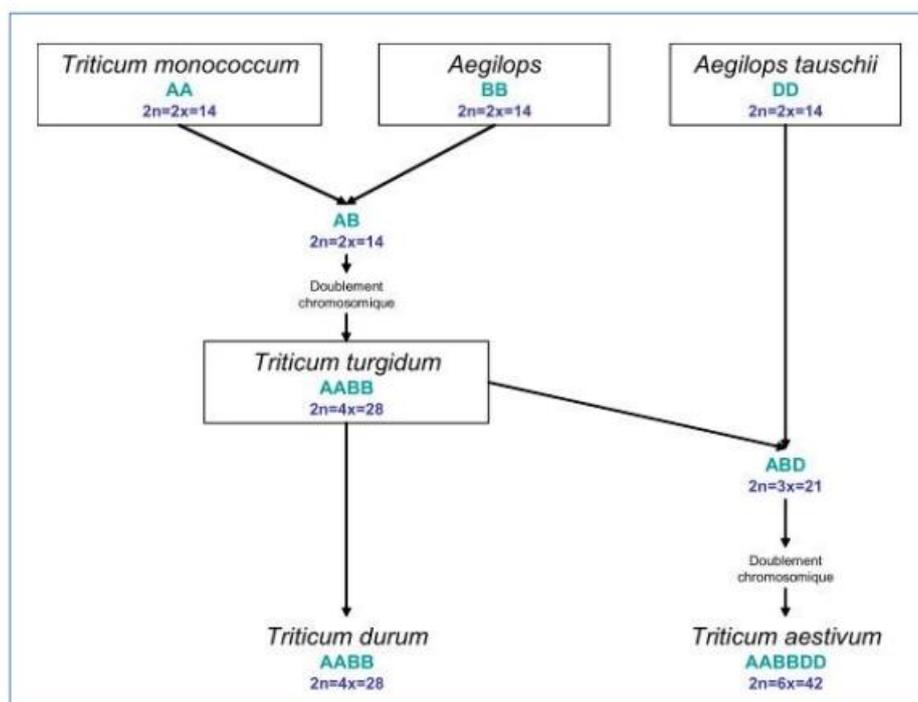


Figure 01 : Phylogénie du blé tendre (Debiton et *al.*, 2010)

### 1.1.2. Origine géographique :

L'aire d'origine des blés est le proche orient, dans la zone dite du croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie (Baldy, 1986). La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne, environ 5000 ans avant J.C. mais, son introduction en Amérique particulièrement le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est très récent. Elle est faite en 1529 par les espagnols au Mexique ; Alors qu'en Australie elle est faite par les anglais seulement en 1788 à partir des pools génétiques européens (Doussinault et *al.*, 2001).

## I. 2. Production du blé tendre :

### I. 2. 2. Production en Algérie :

Le blé tendre est l'une des céréales les plus consommées en Algérie après le blé dur du fait qu'elle est utilisée dans la préparation des gâteaux traditionnels et du pain de boulangerie surtout pour les zones citadines (Chaulet et *al.*, 1993). Depuis des années, l'Algérie était parmi les premiers importateurs de cette matière, en vue de la faible production. Récemment, le gouvernement algérien a récemment annoncé une réduction de 35,55 % des importations de blé tendre pour l'année 2020 : 4 M tonnes seront importées contre 6,5 M tonnes en 2019.

La production Algérienne en blé tendre reste très marginale, quoiqu'elle ait connu des augmentations significatives depuis les années 1960, affleurant les 1,02 millions de tonnes en 2012 (Fig.2) (Benbelkacem, 2013 ; Fellahi, 2017).

La production de blé tendre a atteint, au cours de la campagne 2014/15, les 0,63 millions de tonnes contre 2,02 millions de tonnes de blé tendre et 1,03 millions de tonnes d'orge et 0,07 millions de tonnes d'avoine soit un total pour les céréales à paille de 3,75 millions de tonnes (INRAA, 2016).

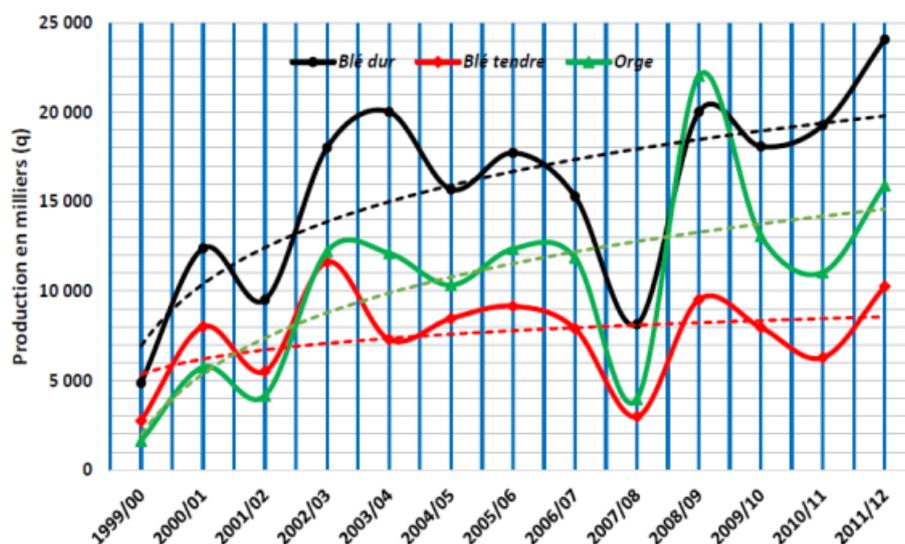


Figure n°2 : Evolution de la production Algérienne de céréales durant la période 2000/2012 (Benbelkacem, 2013 ; Fellahi, 2017).

L'Algérie demeure toujours un présent importateur de blé tendre dans le monde. Durant les campagnes 2009/10 à 2015/16, l'état Algérien par le biais de l'office algérien interprofessionnel des céréales (OAIC) avait acheté auprès de ses fournisseurs étrangers des quantités de plus en plus importantes de blé tendre faisant flamboyer la facture des importations pour dépasser le montant de 2 milliard USD pendant la dernière quinquina. Une situation inquiétante qui demande de consacrer d'énormes efforts humains tant que techniques pour promouvoir la politique de l'autosuffisance en matière de production nationale et alléger la facture des importations (Aissaoui Mohamed Ridha, 2019).

Récemment, le gouvernement algérien a annoncé une réduction de 35,55 % des importations de blé tendre pour l'année 2020 : 4 M tonnes seront importées contre 6,5 M tonnes en 2019.

Cette décision est intervenue après avoir considéré la constante évolution de la production nationale. OÙ en 2018, l'Algérie a enregistré une production record de 60,5 millions de tonnes, dont 7,9 millions de quintaux de blé tendre avec une augmentation de plus de 6%.

Les experts en affaires économiques Algériens, ont convenu qu'il est capable d'atteindre l'autosuffisance dans la production de blé. Et l'orge, et les capacités possédées par l'Algérie la qualifient pour étendre les surfaces de culture de blé tendre.

La production de blé en Algérie, reste très relativement faible et instable d'une année sur l'autre, principalement en raison des conditions climatiques très variables et souvent défavorables (pluviométrie irrégulière, maladies...etc.) (Kara, 2015). Cette faiblesse de la production de blé était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (Chaise et *al.*, 2005).

Les stress abiotiques affectent le développement et la production des cultures qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (Baldy, 1986 ; Chaise et *al.*, 2005).

### **1.3. Taxonomie du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) :**

Le blé est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles monocotylédones de la famille des graminées ou Poacées. Il fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et le blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Tab.01).

Le blé appartient à la famille des graminées (Gramineae = Poaceae), qui comprend plus de 10000 espèces différentes (Levy et Feldman, 2002). Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati et l'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Soltner., 1998).

Tableau n°01. Classification botanique des différents genres de la famille des Gramineae. (Feillet, 2000).

Famille	Sous famille	Tribu	Sous tribu	Genre	Nom commun
Gramineae	Festucoideae	TriticeaeAveneae	Triticineae	Triticum	Blé dur,Blé tendre
				Secale	Seigle
				Hordeum	Orge
				Avena	Avoine
	Oryzae	Oryza	Riz		
Panicoideae	Tripsaceae		Zea	Mais	

#### 1.4. Biologie et cycle végétatif du blé tendre :

Le genre *Triticum* comporte des espèces herbacées, annuelles, à feuille alterne et à croissance définie, le cycle de développement du blé se compose d'une période végétative marquée par la production des racines, feuilles et tiges puis et d'une phase reproductrice marquée par la formation des épis, des fleurs suivi par le remplissage des graines (Bogard, 2011).

##### 1.4.1. Morphologie du blé tendre :

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est une plante annuelle, monocotylédone, composé d'un appareil végétatif herbacé, qui comporte un système racinaire fasciculé, une tige cylindrique plus ou moins creuse et des feuilles engainantes (Simmonds, 1991). Il est apparu il y' a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (Nesbitt et Samuel, 1995).

##### 1.4.1. 1. Système racinaire :

Le système racinaire est de type fasciculé. En cours de développement, deux systèmes se forment (belaid, 1996) : le système racinaire séminal (primaire) et le système racinaire coronaire (secondaire) (fig.03) :

- Un système séminal : fonctionnel seul de la germination au début du tallage. Les racines de ce système sont au nombre de sept (benlaribi et *al.* ,1990 ; Hazmoune, 2006) ;

- un système adventif ou coronal : apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Ce système se substitue progressivement au précédent durant l'avancement du cycle biologique des céréales à paille. Il est fasciculé. Bien que moins puissant (Soltner, 2005).

Selon Boulal et *al.* (2007) on compte normalement 5 à 8 racines séminales chez le blé tendre alors que chez le blé dur, en général il ne se forme que 6 racines. Pour les racines secondaires

Ou adventives celles du blé dur sont plus puissantes et descendent à des grandes profondeurs que celles du blé tendre (Hamadache, 2013).

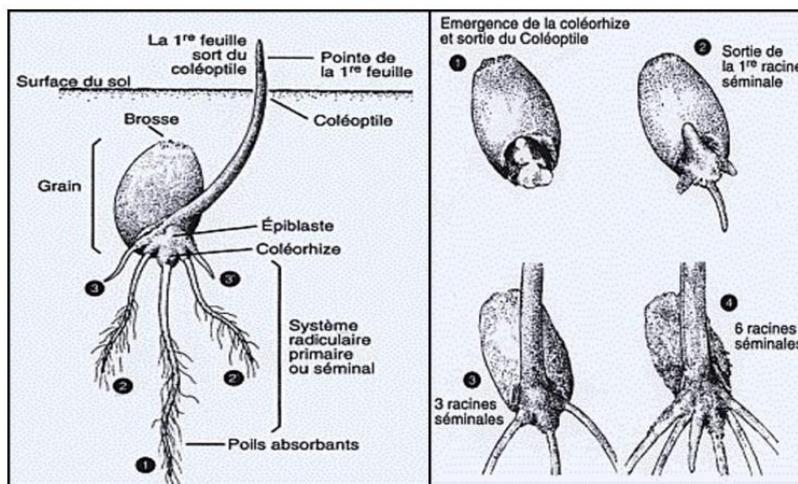


Figure n° 03 : Le système racinaire du blé (Boyeldieu, 1997)

#### 1.4.1.2. Le système aérien :

Il est formé d'un certain nombre d'unités biologique ou des ramifications, on distingue une tige principale appelée le maître brin, et des tiges secondaires appelées talles ; qui naissent à la base de la plante (Fig. 04). Chaque thalle se compose de différentes photomètres comprenant tige, graine, limbe foliaire, un bourgeon axillaire, et porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillets situées de part et d'autre du rachis (Bogard, 2011)

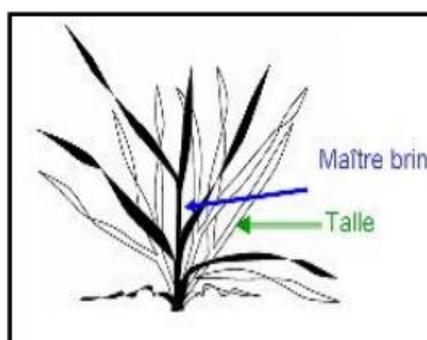


Figure n° 04: Les principales parties de la tige du blé

La tige est cylindrique, creuse, et formée d'entre-nœuds, séparées par des nœuds, zone Méristématiques à partir des quelles s'allongent les entre-nœuds et se différencient les feuilles. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille (Belaid,1996)

Les feuilles sont alternes, longues, étroites et à nervure parallèle. Chaque feuille comprend deux parties : une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant à la gaine, et une portion supérieure, le limbe.

Les gaines, attachés au niveau des nœuds, sont emboîtées les unes dans les autres et forment un tube cylindrique entourant la tige (Soltner ; 1990). Au point d'attache de la gaine se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) (Bozzini, 1988).

### 1.4.1.3. L'Appareil reproducteur :

Le blé est une plante monoïque à fleurs parfaites (Cook et *al.* 1991). Elle se reproduit par voie sexuée et par l'autofécondation (espèce autogame) (Soltner, 1999). Les fleurs sont groupées en inflorescences de type épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre-nœuds (Bozzini, 1988). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux (fig.05).

À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. 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 (Bozzini, 1988).

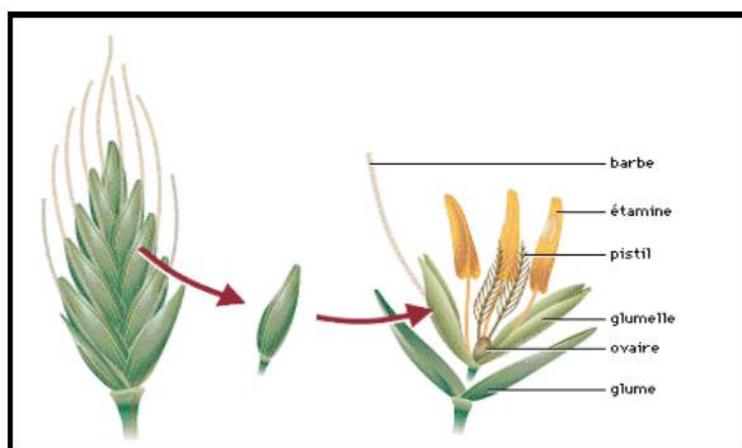


Figure n° 05 : Structure d'un épi et épillet du blé (Oudjani, 2009).

### 1.4.1. Le cycle de développement :

Afin caractériser le cycle de développement du blé, différentes échelles de notations ont été établies. Selon Soltner,(2005) les échelles des notations qui ont été relevées sont celles de Jounard (1952), Feeks(1954) et de Zadocks (1974) (tab. 02) .

Tableau n° 02 : Les stades de développement des céréales suivant l'échelle de Jonard, Feekes et Zadocks

	STADE	JONARD	FEEKES	ZADOKS	CARACTÉRISTIQUES (brin maître)		
Levée	Levée			7	Sortie du coléoptile 1ère feuille traversant le coléoptile 1ère feuille étalée 2ème feuille étalée 3ème feuille étalée		
	1 feuille		1	10 11			
	2 feuilles			12			
	3 feuilles			13			
Tallage	Début tallage	A	2	21	Formation de la 1ère talle		
	Plein tallage		3	22 23	2 à 3 talles		
	Fin tallage		4	24 25			
Montaison	Début Montaison Épi à 1 cm	B	5	30	Sommet de l'épi distant à 1 cm du plateau de tallage		
	1 nœud	C 1	6	31	1 nœud	élongation de la tige	
	2 nœuds	C 2	7	32	2 nœuds		
	Gonflement L'épi gonfle la gaine de la dernière feuille.		D	8	37	Apparition de la dernière feuille	
				9 10	39 45	Ligule juste visible (méiose mâle) Gaine de la dernière feuille sortie	
	Épiaison		E	10-1	49-51	Gaine éclatée	
				10-2	53	1/4 épiaison	
Floraison		F	10-3	55	1/2 épiaison		
			10-4	57	3/4 épiaison		
			10-5	59	Tous les épis sortis		
Maturation	Formation du grain	Mo	10-5-1	61	Début floraison		
			10-5-2	65	Demi-floraison		
		M	10-5-3	69	Floraison complète		
			11-1	75	Grain formé		
			11-2	85	Grain laiteux		
			11-3	91	Grain pâteux		
			11-4	92	Grain jaune Grain mûr		

De la levée jusqu'à la maturité totale du grain, le cycle de développement du blé tendre passe par divers stades phénologiques. La durée et la vitesse de chaque stade et de tout le cycle du développement dépendent plus ou moins des conditions climatiques, particulièrement la température et précisément, aux unités de chaleur accumulée, sauf dans les conditions d'extrême sécheresse (James *et al.*, 2000).

Le cycle évolutif du blé se divise en trois périodes, chacune comporte des phases caractérisées par des stades repères. La réalisation des différents stades est sous le contrôle de la somme des températures journalières (degré-jour) subie par la plante (Hamadache, 2013).

Le cycle végétatif du blé (fig. 06) accomplit en trois grandes périodes : La première période végétative, débute de la germination à la fin du tallage. La période reproductrice, s'étend du redressement à la fécondation : Elle apparait au cours du tallage et regroupe la formation de l'ébauche de l'épi, l'initiation florale (montaison – gonflement) et la méiose-fécondation (Soltner, 2005). La troisième période est caractérisée par la formation et maturation des grains, elle est repérée de la fécondation à la maturation complète du grain.

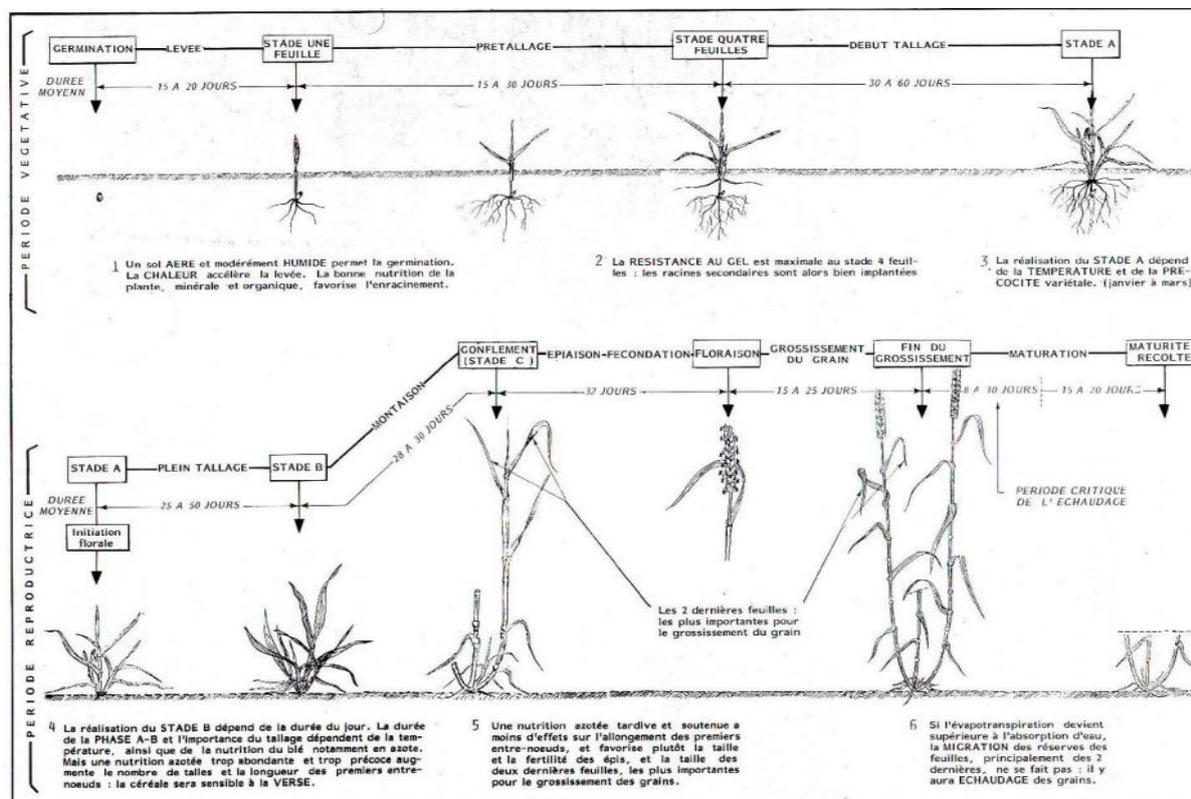


Figure n° 06 : Les étapes et les stades repères de la vie du blé, et l'influence du milieu a chacune de ces étapes.

**1.4.1.1. Période végétative :** Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à la fin de tallage (Bada., 2007). Elle se divise en deux phases :

**A-La phase germination-levée :**

Cette phase peut être accomplie dès que la semence soit capable de germer et que le sol peut lui fournir l'humidité la chaleur et l'oxygène nécessaire. La teneur minimale en eau qui permet la germination est l'ordre de 35% à 40%. Selon des études réalisées par James et *al.*, (2000), le grain de blé a besoin d'absorber approximativement l'équivalent de 45 à 49 % de son poids en eau, pour lever son état de dormance et faire apparaître les premiers signes de germination.

D'après Lee et *al.*, (1996) le stade de germination se termine après une période allant de 4 à 6 jours et ce dans une fourchette de températures optimales entre 20 °C et 25 °C.

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et la date de la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (Soltner, 2005).

Par ailleurs, la sortie complète et l'extension entière de la première feuille marque le début du stade suivant. La levée totale de la plante signifie que cette nouvelle plantule devient dépendante de l'eau et des éléments nutritifs disponibles au niveau de la zone racinaire.

Les caractéristiques propres à la gaine comme la faculté germinative et la quantité de réserve (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant. En effet, les plus grosses graines se lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (Mekliche H.L., 1983). De plus la composition des réserves agit favorablement sur la vitesse de la germination –levée (Maciejewski .jean, 1991).

**B-La phase levée – tallage :**

Le tallage est un mode de développement propre aux graminées. Il débute à la troisième feuille, lorsqu'un renflement apparaît à 2 cm de la surface du sol, c'est le futur plateau de tallage lorsque la plante est au stade 4 feuilles. Par la suite, à chaque nouvelle feuille correspond l'apparition d'une talle. En même temps que se déroule la quatrième feuille, et que pointe la première talle, des nouvelles racines sortent de la base du plateau de tallage : ce sont les racines secondaires les racines premières deviennent inactives.

Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, la densité des racines adventives ainsi que de la densité de semis (Soltner, 1999, Maciejewski .jean, 1991). La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacée, la durée du tallage et le nombre de talles (Mekliche L. et *al*, 2006) quand le tallage est excessif, les besoins en eau sont très importants, alors que la plupart des talles restant stériles .La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1987).

#### **1.4.1.2. Période de reproduction :**

Le début de cette phase est marqué par la transformation du bourgeon végétatif, qui jusque-là ne formait que des ébauches de feuilles, en bourgeon floral. On dit que c'est l'initiation florale (Soltner, 2005) qui marque la fin de la période végétative et l'acheminement vers la fonction de reproduction (Boulal et *al.*, 2007).

La période reproductrice se caractérise par la formation et la croissance de l'épi. Elle s'étend du stade épi -1cm, montaison, au stade de la floraison.

##### **a. Phase de la montaison :**

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre – nœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, certain nombre de talles herbacées commencent à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (Monneveux Ph., et This D., 1996).

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et *al.*, 2005).

La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans les gaines, c'est le stade gonflement (Nemmar M., 1980) ;

**a. Phase de l'Épiaison :**

Cette période commence dès que l'épi apparaît hors de sa gaine foliaire et se termine quand l'épi est complètement libéré (Maume et Dulac ,1936 ;),la durée de cette phase est de 7 a 10 jours, elle dépend des variétés et des conditions du milieu , ( Martin\_prevel ,1984), c'est la phase ou la culture atteint son maximum de croissance (fig.07) . Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et *al.*, 2005).

C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation (Soltner, 2005). La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, cette phase dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi (Masale, 1980 ; Soltner, 2005).

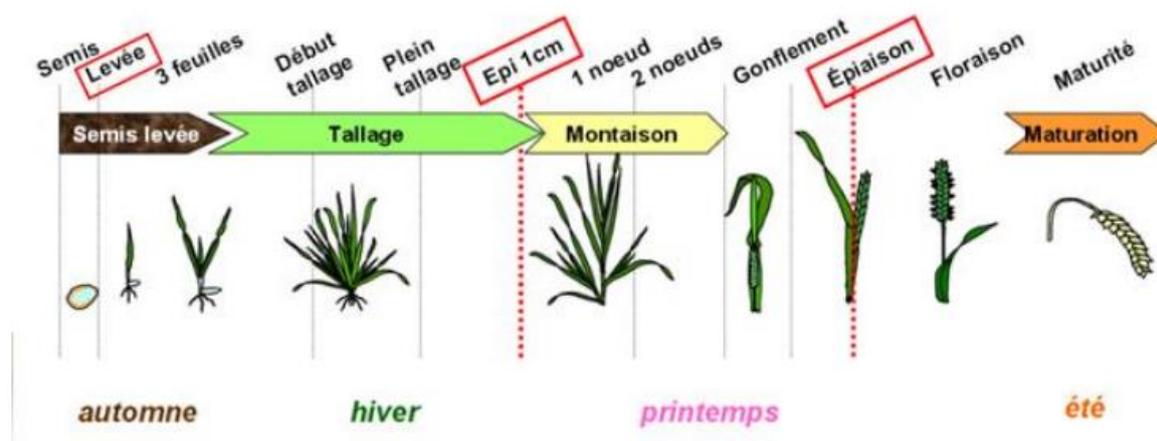


Figure n°07 : Les différents stades de développement du blé.

**1.4.1.3. Phase du grossissement et maturation du grain :**

Au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve (Zaghouane et Boufnar, 2006). Ces dernières, proviennent de la photosynthèse qui persiste dans les dernières feuilles vertes ainsi que de la migration des réserves accumulées dans les feuilles et les tiges jaunissantes mais non séchées. Cette migration nécessite une circulation de l'eau dans la plante pour éviter le phénomène de l'échaudage (Soltner, 2005).

Au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'album se charge de substances de réserve. On observe une augmentation du volume du poids des graines (stade laiteux). Ensuite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue (stade pâteux). 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. Le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades «rayable à l'ongle» (20% d'humidité) puis « cassant sous la dent » (15-16% d'humidité) (Gate, 1995).

### **1.5. Les exigences du blé :**

Un bon comportement de la culture durant tout son cycle de développement exige la réunion de certains facteurs (fig.08) qui conduisent à l'observation d'un meilleur rendement et parmi les exigences nous pouvons citer :

#### **1.5.1. La température :**

La réalisation des différents stades du blé est sous le contrôle de la somme des températures journalières subies par la plante (Hamadache, 2013). Une température supérieure à 0° C est exigée pour la germination des céréales (Soltner, 1999). Pour atteindre une croissance optimale et un maximum de rendement, la température optimale du blé se situe entre 15 à 20° C (Doorenbos *et al.*, 1987 ; Dupont et Altenbach 2003; Steduto *et al.*, 2012).

Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400 °C selon les variétés.

De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance, c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières (OE Ondo., 2014).

Selon Mekhlouf *et al.*, (2001), les exigences en température pour les stades suivants sont décrites comme suit :

- Stade levée : La somme des températures = 120°C.
- Stade tallage : La somme des températures = 450°C.
- Stade plein tallage : La somme des températures = 500°C.
- Stade épi 1cm : La somme des températures = 600°C.

### **1.5.2. L'eau :**

Outre son rôle dans la photosynthèse, dans le transport et l'accumulation des éléments nutritifs, ainsi que dans la division cellulaire et la régulation thermique, l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivées (Slama et *al.*, 2005).

Les besoins hydriques du blé sont variables avec une moyenne de 550 mm, ils sont de l'ordre de 480 mm pour les variétés précoces et environ de 630 mm pour les variétés tardives (Ben Mbarek et Boubaker, 2017). La phase post-floraison jusqu'au stade maturité physiologique nécessite une bonne alimentation hydrique pour assurer le remplissage des grains d'une part et limiter l'échaudage d'autre part (Belaid, 2015).

La sensibilité à la sécheresse peut concerner tout le cycle de la plante, du semis au stade maturité. La période végétative est moins sensible que la période reproductrice. C'est à partir de la fin montaison que la plante commence à souffrir de la rigueur du climat (Chadouli et Djane-hamed, 2015).

En zone aride, les besoins sont plus importants au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1 cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants.

### **1.5.3. Le sol :**

Le blé prospère sur une gamme assez variés de sols de texture bien équilibrée (Boulal et *al.*, 2007). Il s'adapte mieux dans des sols profonds et bien structuré à pH voisin de la neutralité. Le blé apprécie les sols limoneux, argileux calcaires ou les sols argileux- siliceux profonds, il a besoin d'un sol sain, se ressuyant bien en hiver et à bon pouvoir absorbant (Maachi, 2005).

Le sol doit être profond au moins 40 Cm pour le blé dur et 30 Cm pour le blé tendre. Le blé est sensible au calcaire et à la salinité. Un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote, et un pH très bas diminue l'assimilation, ce qui entrave la croissance et en particulier celle des racines ( Bendif, 2017).

En terre peu profond, il y a risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique). Il ne supporte pas l'engorgement puisqu'il rend sensible aux maladies cryptogamiques tels que les piétins et les fusarioses (Ahmadi et *al.*, 2002).

#### 1.5.4. La Lumière :

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade début montaison, et l'intensité lumineuse, et l'aération, agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend le rendement (Soltner, 1999).

Le rayonnement solaire et la durée du jour consolide l'effet positif de la température sur le rendement quand elle n'est pas très élevée et accentue son effet négatif dans le cas contraire. La photopériode affecte aussi la durée de chacune des périodes de développement citées. Les variétés du blé diffèrent quant à leur sensibilité à la photopériode (Kalarasse., 2018).

#### 1.5.5. Les besoins azoté de blé :

Le blé tendre a besoin de la plus grande part de ses besoins en azote pendant la phase tallage, et remplissage du grain. Les besoins en azote à l'automne sont beaucoup moins importants puisque la croissance du blé est modeste. La croissance est toutefois impossible sans azote du tout (Si bennasseur A.,2004). Ce besoin était historiquement calculé à l'optimum de rendement sans intégrer le paramètre « protéine » conduisant à trois catégories pour l'ensemble des variétés : 2,8 ; 3 et 3,2 kg d'azote par quintal (arvalis, 2019), 70% des besoins en azote du blé pendant la montaison, un apport d'engrais organique est fortement conseillé fin tallage (Mathieu, 2017).

**1.5.6. Les exigences culturales :** Les exigences culturales du blé dans les zones sub-littorales, sont résumées dans le tableau 03.

#### A-Choix de la variété :

Choisir des semences de qualité représentant des variétés à haut potentiel de rendement et des variétés tolérantes aux principaux risques régionaux( échaudage climatique, maladies, verse, moucheture, mitadinage....) (ITGC, 2013).

Hanson et *al.*(1982) in Souilah (2005) et Soltner (2005) classent les blés selon le milieu de culture en trois groupes :

**-Les blés d'hiver ;** dont le cycle de développement varie de 4 à 6 mois. S'implantent en automne et caractérise les régions Méditerranéennes et tempérées. Ces blés subissent une vernalisation pendant des semaines à des températures de 1 à 5 °C, pour passer du stade végétatif au stade reproducteur (Ne peuvent épier qu'après avoir été soumis au froid).

-**Les blés de printemps** : ont un cycle de croissance de 3 à 6 mois. Ils n'ont pas de période inactives et ne survivent à de très basses températures. Leur épiaison ne dépend que de l'allongement de la durée du jour.

-**Les blés alternatifs** : qui sont intermédiaire, au plan tolérance au froid, entre les blés d'hiver et ceux du printemps.

Tableau n° 03 : Exigences culturales du blé dur et du blé tendre (Soltner, 1999 ; Batel, 2003 et Hamadache, 2013)

Période	Stade	Opération	Blé dur	Blé tendre	
Septembre à Octobre		Acquisition de la semence certifiée			
		Analyse du sol			
		Labour	Labour moyen de 25 à 30 cm		
		Reprise du labour			
		Façons superficielle	Taille des mottes doit pas excéder e 02 à 03 cm		
		Epandage d'engrais de fond	1.5 d'unité de P et 1.8 unité de K pour 1qt de blé	1.2 d'unité de P et 1.7 unité de K pour 1qt de blé	
Novembre à Décembre		Semis	Dose/ha	Selon PMG, FG, densité	
			période	les variétés tardives sont semées d'abord suivie des précoces	
			profondeur	Profondeur optimal 02 à 04 cm et 03 à 6cm en condition séché	
		Roulage	le roulage est a évité on condition humide		
Décembre	Levée	1 <sup>er</sup> apport azoté le 1/3 de la quantité total	Le 1/3 de 03 d'unité d'azote pour produire 01qt de blé		
Janvier	3-4 feuilles	Désherbage	Utilisation de produits herbicides selon les adventices présents dans la culture		
Février	Tallage				
Mars	Montaison	2 <sup>ème</sup> apport azoté le 2/3 de la quantité total	Le 2/3 de 03 d'unité d'azote pour produire 01qt de blé		
		Observation des maladies et des insectes	Application d'un fongicide en préventif		
Avril	Epiaison	Irrigation d'appoint	s'il y a risque de sécheresse		
Mai	Floraison	Observation des maladies et des insectes	Seconde application d'un fongicide		
Juin	Maturité	Récolte	La récolte se fait à une maturité de 14% d'humidité		

## 1.6. Contraintes environnementales liées à la production du blé tendre

La culture du blé en Algérie est souvent confrontée aux aléas climatiques qui sont défavorables à la croissance normale de la céréale, ceci peut être dû à l'absence, l'insuffisance ou à la prédominance d'un ou de plusieurs facteurs exogènes tels que l'eau, la salinité, la lumière, les substances chimiques (facteurs abiotiques) ou bien la présence de bio agresseurs (champignons, parasites, ...etc.) qui sont liés aux facteurs biotiques. Mais, le déficit hydrique est le facteur limitant le plus fréquent et le plus important dans la production végétale (Kramer, 1980). C'est une contrainte qui est fréquemment répandue dans beaucoup de zones arides et semi-arides où les précipitations sont irrégulières d'une année à l'autre et par conséquent, les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique.

Selon Merouche *et al.* (2014), les céréales sont rarement cultivées sous irrigation complète, la pratique courante consiste à apporter de petites quantités à des stades critiques pour prévenir l'échec de la culture (mauvaises récoltes). Cependant, l'irrigation du blé pourrait avoir des limites dans les conditions semi-arides de l'Algérie fortement caractérisé par une insuffisante pluviométrie irrégulièrement répartie. De plus, ces régions sont souvent soumises à des risques climatiques tels que les faibles taux d'humidité de l'air (air sec), les vents chauds et les températures élevées qui génèrent l'avortement en masses des épillets et les taux élevés de dessèchement (échaudage), engendrant des pertes dépassant les 50% de la récolte (Belaid *et al.*, 2005 ; Bouthiba *et al.*, 2008 ; Merouche *et al.*, 2014). Dans ces situations, l'impact de l'irrigation pourrait être négligeable parmi les variétés moins tolérantes à la sécheresse.

## 1.7. Stress hydrique et production du blé tendre :

### 1.7.1. Notion de Stress :

Le stress est fondamentalement un concept mécanique défini par les ingénieurs et les physiciens comme étant une force exercée par unité de surface d'un objet en réponse à l'objet oppose une déformation ou un changement de dimension (Hopkins, 2003).

Selon Jones *et al.*, (1989) 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. Tsimilli-Michael *et al.*, (1998) considèrent que le stress a une signification relative,

Avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte.

### **1.7.2 Le stress hydrique :**

Dans la région méditerranéenne, le stress hydrique est une des principales contraintes de la production (Simane et *al.*, 1993). La notion de stress hydrique a toujours été assimilée à la notion de sécheresse. La sécheresse définit l'état de pénurie hydrique dont souffre la culture (Morizet, 1984). L'effet de stress hydrique sur la croissance et la phénologie du blé dépend du stade végétatif de l'avènement du stress, de la durée, de l'intensité du stress et de la sensibilité du génotype stressé (El Hafid et *al.*, 1998).

#### **1.7.2.1 Les phases de stress :**

Une plante soumise à un stress passe par plusieurs étapes selon sa réaction en relation avec l'intensification progressive ou la durée du stress (larcher, 2003) ;

##### **1.7.2. 1.1 Phase d'alarme :**

Elle commence lorsqu'une contrainte survient au niveau cellulaire. Elle débute par la déstabilisation d'un certain nombre de structures, en particulier, les membranes et d'un certain nombre de fonction (processus biochimiques et métaboliques, énergétiques) indispensables pour la poursuite normale des activités vitales de la plantes. Le catabolisme l'emporte sur l'anabolisme ; c'est la réaction fondamentale de stress. Puis il y a une apparition rapide des processus de réparation et de restauration de l'état initial par la synthèse de molécules de protection ; c'est la réaction de restitution ou de récupération. Si le facteur de stress disparaît, il y a retour à l'état initial.

##### **1.7.2. 1. 2. phase de résistance :**

Si le facteur de stress continue, ou bien s'intensifie, la plante accentue ses processus de protection avec apparition de certains nouveaux caractères. L'exposition graduelle au stress induit des modifications physiologiques et fait que la plante augmente sa résistance, survit, et se reproduit au cours de la période de stress (endurcissement). L'endurcissement est une acclimatation au stress et correspond à une étape de résistance maximale. Si l'intensité du stress reste stable, un haut degré de résistance est développé par la plante, alors s'ensuit un retour à une situation d'activité normale (ajustement), plus ou moins proche de celle de départ.

### **1.7.2. 1. 3. Phase d'épuisement :**

Lorsque l'état du stress dure très longtemps, ou si l'intensité des facteurs du stress augmente, cette phase peut se mettre en place avec apparition de dommages irréversibles. Dus au facteur lui même, menant ainsi à l'effondrement des fonctions de la plante. La réponse au stress est donc une interaction entre l'effort de s'adapter et les processus potentiellement létaux dans le protoplasme. La contrainte, l'adaptation et la résistance sont des parties interconnectées de l'évènement entier.

### **1.7.2. 2. Stratégies d'adaptation de la plante au stress hydrique :**

La sécheresse est le facteur environnemental le plus répandu et le plus limitant de la productivité des cultures à travers le monde (Bray, 1997).

Les réponses des plantes à la sécheresse sont complexes et différents mécanismes sont adoptés par les plantes lorsqu'elles sont confrontées à la sécheresse (Izanloo et al., 2008), leur permettant d'échapper, d'éviter ou de tolérer le stress hydrique (Levitt, 1980 ; Tardieu, 2005).

#### **1.7.2. 2. 1. La stratégie d'esquive (Echappement) :**

L'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies.

Le développement phénologique rapide avec une floraison précoce, permet à la plante d'éviter les périodes sèches. Cette stratégie appliquée aux espèces cultivées a amené à décaler la date de semis et/ou à sélectionner des variétés plus précoces permettant d'éviter les déficits hydriques de fin de cycle (Son, 2010).

L'adoption de variétés à cycle relativement court est nécessaire dans les régions arides à semi-arides compte tenu de la distribution temporelle des précipitations (Mekhlouf et al., 2006).

Les mécanismes d'esquive permettent à la plante de conserver un potentiel hydrique faiblement négatif en conditions de stress, évitant ainsi la déshydratation des tissus.

Cela peut être réalisé par une absorption efficace de l'eau du sol, grâce à un système racinaire très développé (Hsiao et Acevedo, 1974 ; El Jaafari et al., 1995), ou par une grande conductivité hydraulique des tissus (Levitt, 1982 ; El Jaafari et al., 1995).

#### **1.7.2. 2. 2. La stratégie d'évitement :**

Ou résistance qui permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante, elle peut être définie du point de vue physiologique par sa capacité à suivre et à s'accroître et du point

de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Madhava Rao *et al.*, 2006). L'évitement de la sécheresse est la capacité d'une espèce végétale à maintenir une teneur en eau tissulaire relativement plus élevée malgré une teneur en eau réduite dans le sol (Levitt, 1980). Ceci est réalisé grâce à une variété de traits adaptatifs impliquant la minimisation de la perte d'eau en réduisant le taux de transpiration, la conductance stomatique et la surface foliaire (espèces économes en eau), et l'optimisation de l'absorption d'eau par le maintien d'une bonne absorption d'eau grâce à la croissance racinaire (espèces dépensières en eau) (Tardieu, 2005).

Les mécanismes d'évitement sont de types physiologiques et morphologiques

### **1.7.2. 2. 3. La stratégie de tolérance :**

La tolérance est une stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions métaboliques et physiologique malgré la dégradation de son état hydrique (Blum *et al.*, 1981 ; Grieu *et al.*, 2008). Ces traits adaptatifs impliquent le maintien de la turgescence tissulaire par ajustement osmotique, l'élasticité cellulaire et l'augmentation de la résistance protoplasmique (Basu *et al.*, 2016).

Les solutés d'osmorégulation sont généralement des acides organiques ( Malate, glutamate, citrate), des acides aminés ( proline, alanine), des sucres (saccharose, tréhalose) , des ions inorganique (K<sup>+</sup>) , des hormones ( acide abscissi que) (Hopkins W., 2003).

### **1.7.2. 3. Mécanismes d'adaptation de la plante au stress hydrique :**

La résistance globale d'une plante au stress hydrique apparait comme le résultat nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production (Hsissou, 1994).

Malheureusement, ces mécanismes de résistance qui permettent aux plantes de survivre plus longtemps conduisent à un rendement de subsistance, beaucoup plus faible que celui des conditions normales (Basu *et al.*, 2016).

#### **1.7.2. 3. 1. Adaptation phénologique :**

Les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (Bennaceur *et al.*, 1999 ; Mouellef, 2010). La phénologie permet d'éviter la coïncidence des phases critiques de développement de cycle de la plante avec l'avènement des accidents climatiques (Brinis, 1995).

Cela permet à la céréale de mieux se développer avant l'entrée de l'hiver et d'arriver à maturité suffisamment tôt pour échapper, totalement ou partiellement, aux fréquentes périodes chaudes et sèches de la fin du printemps (Gonzalez, *al.* 1999).

En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (Bajji, 1999).

Des recherches ont montré que, le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (Gonzalez et al, 1999). Selon les travaux effectués par Slama (2002), la variété la plus précoce a donné le rendement en grains le plus élevé ainsi que des grains plus volumineux.

Fischer et Maurer (1978) notent que chaque jour de précocité confère un gain en rendement de 30 à 85 kg/ha.

### **1.7.2. 3. 2. Adaptation physiologiques**

La recherche sur la tolérance physiologique aux stress a pour objectif d'améliorer les capacités génétiques de production des plantes sous des conditions qui sont, en générale, moins favorables à l'expression du potentiel. Cette approche se justifie par le fait que certaines variétés sont plus tolérantes aux stress que d'autres (Messaoudi N.,2021).

D'après Bray (2002), les réponses physiologiques aux conditions de sécheresse sont nombreuses et comprennent divers aspects physiologique tels que la fermeture des stomates, la diminution de l'activité photosynthétique, l'altération de l'intégrité de la paroi cellulaire.

A ceux-là s'ajoute la perte de turgescence et l'ajustement de l'osmose, la réduction du potentiel hydrique des feuilles, la diminution de la conductance des stomates au CO<sub>2</sub>, la réduction de la concentration du CO<sub>2</sub> interne et la réduction du taux de croissance (Nezhadahmadi et *al.*, 2013).

De plus, Bahar et *al.* (2011), sur blé tendre, a suggéré l'utilisation de la durée de la plante verte, la dépression de la température de la canopée, la stabilité thermo-membranaire, la teneur en chlorophylle des feuilles, ainsi que la posture et l'enroulement des feuilles comme des critères pertinents de sélection variétale sous conditions de stress hydrique.

### **1.7.2. 3. 3. Adaptation morphologiques**

D'après Dencic et al. (2000), le blé dispose d'une attention particulière en phase de stress hydrique en raison de ses traits morphologiques, comprenant principalement la feuille (forme, expansion, surface, taille, sénescence, pubescence, ciriosité et tolérance de la cuticule) et la racine (poids sec, densité et longueur).

L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine par réduction de la surface foliaire et du nombre des talles, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire (Bouatrous yamina ,2013).

Les stress environnementaux, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (Wang et al., 2003). Chez le blé, le déficit hydrique agit sur les trois principales composantes du rendement : nombre d'épi, nombre des grains par épis et le poids de 1000 grains (Assem et al., 2006). L'effet sur ces composantes, et par conséquent sur le rendement, dépend du stade au cours duquel ce déficit survient (Debaeke et al., 1996a ).

# **MATRIEL ET METHODE**

## **II. Matériel et méthodes :**

L'expérimentation a été menée en deux parties sous des conditions semi-contrôlé ; la première partie au laboratoire de biologie végétale, où on a fait l'analyse des échantillons de blé tendre (*Triticum aestivum*L.), ainsi que des tests concernant les paramètres de germination et de croissances ; et la deuxième partie est réalisée dans une serre où des analyses ont été réalisées sur des plantes matures.

### **1. Objectifs de l'expérimentation :**

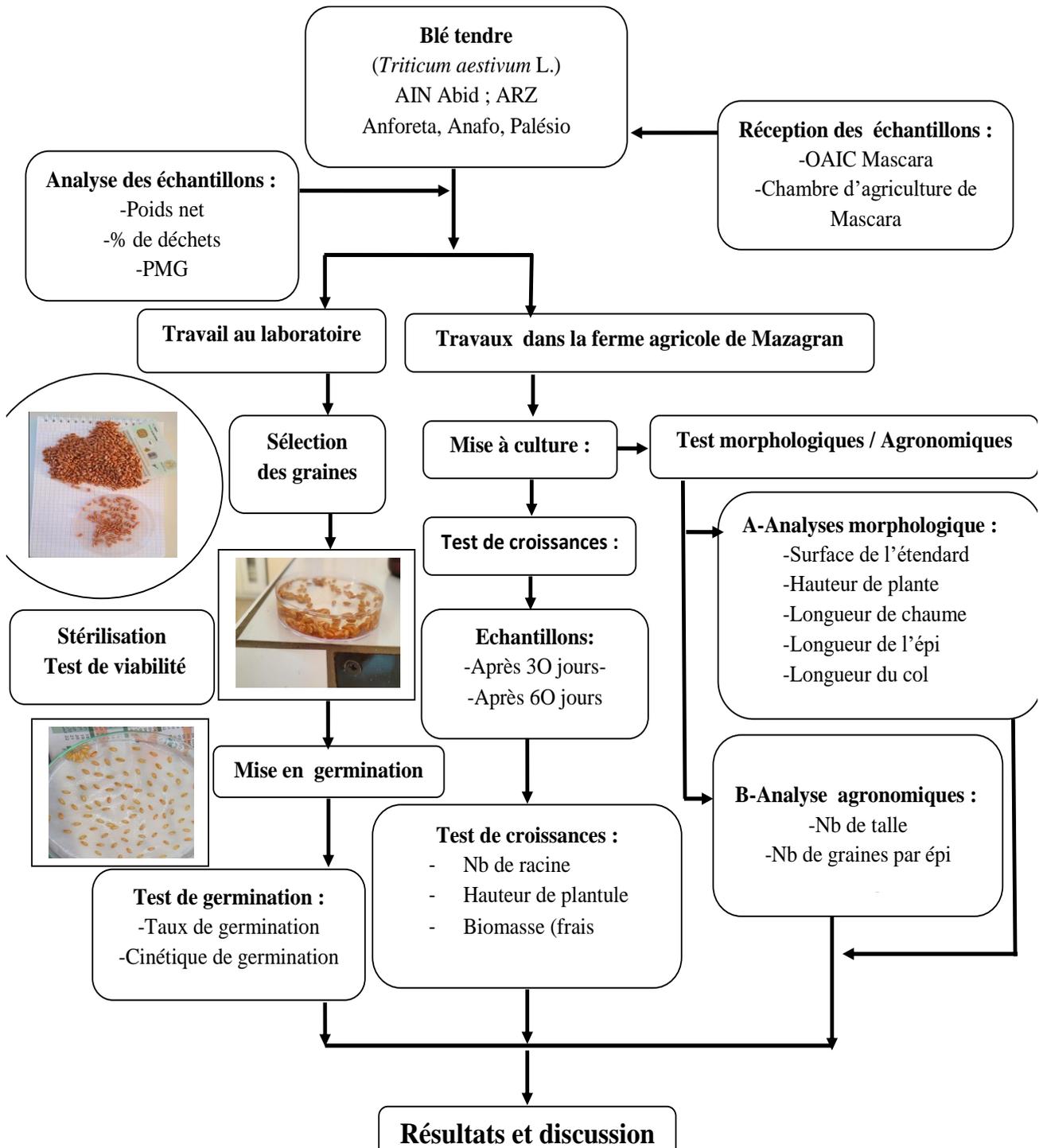
Notre essai consiste à étudier l'effet du déficit hydrique sur le processus de la germination des graines de blé tendre (*Triticum aestivum*L.).

Le travail comporte également l'évaluation des effets du déficit hydrique sur la croissance végétative chez les jeunes plantules.

Les cinq génotypes utilisés dans la réalisation des différents essais permettent par conséquent d'estimer la variabilité intra-spécifique de comportement dans des conditions de sécheresse au cours de cette phase de développement, caractérisant cette espèce.

Un essai conduit en serre semi-contrôlé sous trois régimes hydriques (100 %, 70 % et 40 % CR) est réalisé dans le but d'une caractérisation des propriétés de tolérance à la sécheresse du matériel végétal utilisé.

2. Dispositif expérimental :



**3. Matériel végétal :**

Le travail est réalisé sur cinq géotypes de blé tendre, dont deux variétés locales (AINAbid et Arz) remise par l’OAIC de mascara, et trois variétés étrangères(Anafo, anforeta, palésio) nouvellement introduit (Tab.04). Ces derniers font l’objet de test de culture dans la wilaya de Mascara. Les échantillons nous été livrer par les responsable de la chambre d’agriculture, un des acteurs mobilisé pour le suivi de la culture, ainsi que d’autres organismes tel que le CNCC, ITGC, OAIC et INPV.

Les échantillons de blés tendres étrangers sont mis en marché par la société AXIUM de Constantine selon la déclaration d’un membre responsable de suivi dans cette opération.

Tableau n° 04 : Description du matériel végétale

<b>Géotypes</b>	<b>Nom et pédigrée</b>	<b>origine</b>
V1	Ain Abid	Algérie
V2	Arz	
V3	Anforeta	Italie
V4	Anafo	
V5	Palésio	

**3.1. Description des variétés locale :**

**- Variété Ain Abid :**

C’est l’ex variété (AS 81 /189 A) introduite en 1986 d’Espagne. C’est une variété tardive à fort tallage à épi blanc, pyramidal, très tacheté et à paille moyenne. Le grain est roux et allongé. Elle est résistante à la rouille noire et jaune. Le poids de mille grains (PMG) est élevé. Elle a une très bonne productivité, ses zones de cultures sont les hauts plateaux. Elle est tolérante aux gelées, au froid, à la sécheresse et à la verse physiologique. Recommandée à être semer tardivement (Kara, 2015).

**- Variétés Arz :**

C’est une obtention de CIMMYT, issue du croisement Mago 54/Ir –64- II Tac « s »/3 LR 64 III TZ PP/y54. Elle a été sélectionnée en 1978 à l’I. T. G. C du Khroub. Elle est précoce à fort tallage, l’épi est roux allongé avec des barbes divergentes. La paille est moyenne, le grain clair arrondi. Elle est sensible à la rouille brune et jaune. Tolérante à la rouille noire, à la fusariose et à la septoriose. Elle s’adapte aux zones littorales, aux plaines intérieures, elle est

Résistante à la verse et convient aux différents types de sols (léger ou lourd). Semis : mi-novembre à mi-décembre (Kara, 2015).

### **3.2. Réception des échantillons :**

Les cinq génotypes de blé tendre (*T aestivum* L.) Qui ont fait l'objet de ce travail, nous ont été préconisés par la chambre d'agriculture de Mascara, ou les échantillons sont mis dans des sachets en papier, étiquetés en mentionnant le nom de l'espèce. Les graines sont transportées au laboratoire, puis conservées dans les conditions ambiantes, à l'abri de l'humidité, pendant une durée de trois mois en vue d'une post-maturation pour pouvoir entamer nos essais de germination.

Le travail est réalisé sur cinq génotypes de blé tendre(*T aestivum* L.) .Les génotypes sont de nouvelle obtention

### **3.3 .Analyse des échantillons :**

Avant de commencer le Protocole expérimental, nos échantillons font l'objet de certain nombre de test d'analyse, afin de d'assimilé la qualité de ces dernier.

La description de chaque variété a été effectuée sur un tableau (Tab.05) récapitulant les caractéristiques, voir le poids de chaque l'échantillon, la pureté spécifique (pourcentage des impuretés, des graine cassé, male formé, échaudé). Sur le tableau sous-indiqué est noté également le poids de 1000 graines en utilisant une balance électronique de précision.

**Tableau n°05 : Caractérisation des échantillons de blé tendre**

variétés	Poids(g)	déchets		PMG(g)
		g	%	
<b>anafo</b>	<b>66,42</b>	<b>2,22</b>	<b>3,34</b>	<b>40,24</b>
<b>anforeta</b>	<b>82,84</b>	<b>9,78</b>	<b>11,81</b>	<b>39,49</b>
<b>palesio</b>	<b>77,42</b>	<b>7,06</b>	<b>9,12</b>	<b>45,66</b>
<b>ainabid</b>	<b>295,27</b>	<b>3,52</b>	<b>1,19</b>	<b>38,38</b>
<b>arz</b>	<b>187,48</b>	<b>2,29</b>	<b>1,22</b>	<b>33,12</b>

#### **4. Méthodes et paramètres mesurés au laboratoire :**

##### **4.1. Condition de mise en germination des graines de blé tendre :**

Dans le but de déterminer les effets du stress hydrique sur la germination des graines de blé tendre *Triticum aestivum*, un essai de germination a été effectué sous les différents niveaux de stress voir 100%, 70% et 40% de la quantité d'eau usuellement utilisé pour l'imbibition, et selon la littérature elle est fixé par 5 ml pour une boîte pétri de 10 cm.

##### **4.1.1. Préparation des graines :**

Les graines choisies doivent être saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme, Pour tous les traitements (fig.09).



Figure n° 09 : Sélection des graines saines

Pour chaque espèce (traité et non traité) 300 graines saines sont choisies et trempées dans la solution de l'eau de javel diluée, suivies de 4 lavages à l'eau distillée courante pour éliminer les résidus de javel.

##### **4.1.2. Test de viabilité des graines :**

Nous avons utilisé le test densimétrique afin de tester la viabilité de chaque graine (fig.10). Ce dernier consiste à mettre chaque lot de graines dans un récipient d'eau distillée, les graines qui tombent au fond sont considérées comme mures, celles qui remontent en surface sont soit immatures ou bien mortes et sont ainsi enlevées du lot (Côme, 1970).



Figure n° 10 : Test de viabilité des graines de blé (originale)

#### 4.2. Mise en germination des graines :

Les graines ont subi les différentes étapes énumérées précédemment. Nous avons utilisé pour chaque niveau de stress hydrique, 100 graines de chaque génotype réparties dans une boîte de Pétri en verre de 20 Cm de diamètre et 2,5 de profondeur tapissées de 2 couches de papier filtre.

Les boîtes de semis contenant les génotypes sont imbibés avec de l'eau distillée à raison de 20 ml, 14 ml et 8 ml respectivement pour chaque niveau de stress hydrique de T1 (100%), T2 (70%) et T3 (40%). Les boîtes sont mises à l'obscurité dans un incubateur réglé à une température de 22°C (fig.11).



Figure n°11: Mise en germination

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine (fig.12) dont la longueur est d'au moins de 2 mm (Sayar et *al.* 2010, Daur I. 2018).



Figure n°12 : Sortie de la radicule hors des téguments de la graine

Le suivi de la germination a été réalisé sur une période de 10 jours, le comptage des graines germées a été effectué quotidiennement. A la fin de cette expérience, nous avons déterminé, le Taux de germination (TG), le temps moyen de germination (TMG), les longueurs de la tige et de la racine ainsi que la biomasse fraîche des plantules.

#### **4.3.Détermination des paramètres de germination :**

##### **4.3.2. Taux de germination final :**

Le taux de germination constitue le meilleur moyen de déterminer une concentration représentative de la limite physiologique de germination des graines. Il s'exprime sous la forme d'un rapport de graines germées sur nombre total de graines (Côme 1970 ,Mazliak, 1982).

$$G = (g / Ng) \times 100$$

G : Taux de germination (%)

g : Nombre de graines germées

Ng : Nombre de graines mises à germer

##### **4.3.3. Cinétique de germination :**

La cinétique de germination est une courbe de germination qui décrit le déroulement de la germination du lot de semences considéré placé dans des conditions bien précise. Elle représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction du temps.

C'est un paramètre qui permet de mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des variétés étudiées ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule (Côme, 1970 ; Hajlaoui et al., 2007).

#### **5. Méthodes et paramètres mesurés en serre :**

L'étude a été conduite dans la serre (fig.13) à la ferme expérimentale agricole de la commune de Mazagran se Situe à cheval de la commune de Mazagran et de Hassi Mamache (Mostaganem). Elle est distante de 5,8 km du chef-lieu de Mostaganem, sa superficie est de 62,74 ha.



Figure n° 13:Photo de la serre semi contrôlé

**5.1. Cordonnées géographique :**

- Altitude : 125- 151 mètres
- Latitude : 35° Nord
- Longitude : 06° Est.



Figure 14 : Situation géographique de la zone d'étude (Atelier Agricole Mazagran, Mostaganem).

### 5.2. Préparation du substrat :

Un échantillon de sol a été prélevé dans une zone de terre arable de la ferme expérimentale de Mazagran le 29/01/2023 et tamisé afin d'éliminer les éléments grossiers (Fig. 15) pour faire un mélange avec du terreau constitué le substrat dans lequel sont semées les graines de blé tendre.



Figure n° 15 : Opération de tamisage du sol et terreau

### 5.3. Remplissage des récipients (pots et gobelets) :

Les deux types de récipients et pots (25 cm de hauteur et 15 cm de largeur) (fig.16), gobelets (10 cm de hauteur et 07 cm de largeur) utilisés dans cette expérience sont perforés à la base et remplis par du substrat à savoir, 3 kg constituent un mélange de substrat (2/3 sol agricole de la ferme expérimentale et 1/3 de terreau), et 80 g de terreaux pour les gobelets.



Figure n° 16 : Mélange et remplissage des récipients (pots).

#### 5.4. Mise en culture :

Deux type de mise en culture sont adopter, une pour les tests de croissances(en gobelet), le deuxièmes pour les tests morphologique et agronomiques(en pots).

Nous avons semis 04 et08 graines respectivement par génotype dans des gobelets et pots (pour calculer la moyenne de chaque paramètre), ils sont irrigués régulièrement 2 fois par semaine.

Ils sont placé dans une serre au niveau de la ferme expérimental de mazagran a une température en moyenne 25°C / 05°C (jour/ nuit):et d'humidité relative 60-80 % et luminosité naturel.

#### 5.5 .Dispositif expérimental :

Le matériel a été répartis dans un dispositif expérimental randomisé en blocs (fig .17), avec deux facteurs (traitement hydrique et génotype) ; le traitement hydrique avec trois niveau d'irrigation ; témoin T1 (100 % CR), stress modéré T2 (70% CR), et stress sévère T3 (40 % CR) et les cinq génotypes. Avec quatre répétitions de chaque combinaison factorielle. Ces blocs sont classés comme suit :

- Un bloc 01 (T1) : irrigué à 100% de la capacité au champ.
- Un bloc 02 (T2) : irrigué à 70% de la capacité au champ.
- Un bloc 03 (T3) : irrigué à 40% de la capacité au champ.

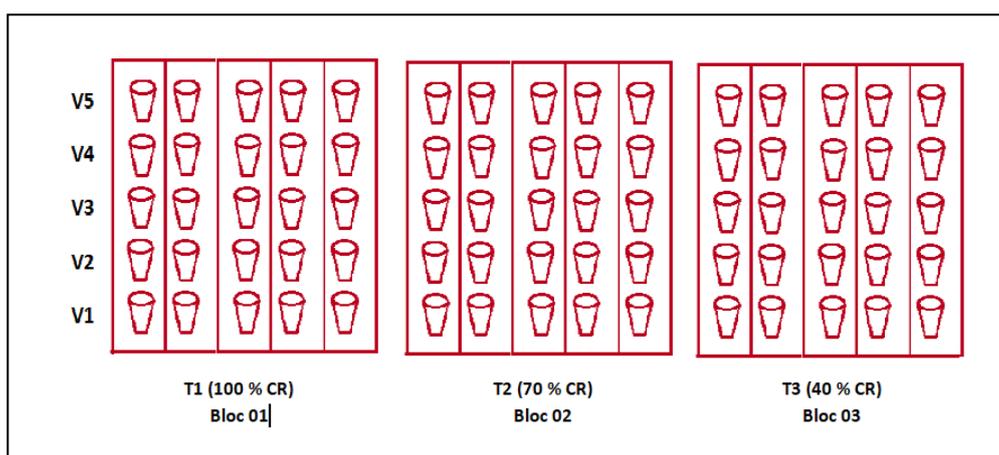


Figure n° 17 : Schéma du dispositif expérimental



Figure n° 18 : Vue du dispositif dans la serre

### 5.6.L'application du stress hydrique :

Le semis a été réalisé le 02/2023, et nous avons appliqué le stress hydrique aux plantes par deux niveaux de stress hydrique T2 (70%) ,T3 (40%) et T1 (100%)est considéré comme un témoin (Fig.19).



Figure n° 19 :L'application de stress hydrique en pots et gobelets dans la serre.

### 5.7. Détermination de la capacité de rétention (CR)

L'arrosage des plantes est réalisé en tenant compte de la capacité de rétention (CR) calculé de la manière suivante ( le protocole pratiqué par INRAA) :

Nous avons déposé 3 Kg (P1) de sol dans un pot en plastique perforé à la base, ensuite l'eau est versé dans le pot jusqu'à saturation, tout en couvrant le pot à l'aide d'un papier aluminium pour éviter l'évaporation de l'eau.

Après 24h (le temps indispensable à l'élimination de l'eau de gravitation) le pot est pesé de nouveau ( P2= 2,2 kg) (Fig.20).



Figure n°20 : Mesure de capacité de rétention

La différence entre P1 et P2 est la quantité d'eau retenue par le sol et déterminé par l'équation suivante :

$$CR= P2- P1$$

T1 : plante témoin recevant 100% de CR ( 500 ml).

T2 plante sous stress modéré de 70 % CR ( 350 ml )

T3 planté sous stress sévère de 40 % CR ( 200 ml )

**NB** : La même procédure est maintenu pour le calcul de la capacité de rétention (CR) dans le cas de gobelet avec un poids de substrat de 80 g (CR= 80 ml).

## 5.8.Paramètres étudiées :

Afin d'estimer l'effet de trois niveaux de stress hydrique sur la croissance végétale des plants ainsi que les variations des caractères morphologiques et agronomiques de blé Tendre, plusieurs paramètres ont été pris en considération :

### 5.8.1 Paramètre de croissance :

Après 30 et 60 jours de stress , des prélèvement a été réalisé sur des plantes de chaque génotype et pour chaque niveau de stress hydrique.

#### 5.8.1.1. Nombre de racine :

Le nombre de racine été prise en tenant compte de la moyenne de trois racines de chaque plantule et par la suite ces trois moyens font l'objet d'une seule répétition.



Figure n°21 : Détermination du nombre de racine

### 5.8.1.2. La hauteur de plantule :

Les mesures de la hauteur de la partie aérienne s'effectuent du collet jusqu'au dernier nœud à l'aide d'une règle graduée (fig.22).



Figure n° 22 : Mesure de hauteur de plantule

### 5.8.1.3. Biomasse aérienne :

Le poids de la matière sèche de la partie aérienne de la plante est déterminé après passage du matériel végétal frais à l'étuve à 80°C pendant 24h.

Le poids des échantillons sec est déterminé à l'aide d'une balance électronique de précision.



Figure n° 23 : Mesure de la biomasse aérienne

### **5.8.2. Paramètre morphologique :**

Les différents paramètres morphologiques mesurés sont :

#### **5.8.2.1. Surface de la feuille étendard (SFE) :**

La longueur et la plus grande largeur de la feuille étendard ont été mesurées sur un échantillon de 5 feuilles prises au hasard au stade épiaison. La surface moyenne de la dernière feuille entièrement développée a été estimée selon Spagnoletti-Zeuli et Qualset (1990):

$$\text{SFFE (cm}^2\text{)} = 0.607 \times (\text{L} \times \text{l})$$

SFFE : Surface moyenne de la feuille étendard (cm<sup>2</sup>), L : Longueur moyenne de la feuille étendard (cm), l : largeur moyenne de la feuille étendard (cm), et 0.607: coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit (L x l).

#### **5.8.2.2 Hauteur de la tige (chaume) (HT) :**

La hauteur de la tige est mesurée en centimètre de la base de la tige à la base de l'épi.

#### **5.8.2.3 Le nombre de talles herbacées :**

Il est déterminé par comptage direct du nombre de talles herbacées pour 03 plantes /génotype /bloc, au stade fin tallage le 14/02/2018. La moyenne des talles herbacées / plante est ensuite déterminée.

#### **5.8.2.4 Longueur du col(LC) :**

Ce caractère est mesuré en centimètre à partir du dernier nœud jusqu'à la base du rachis.

#### **5.8.2.5 La longueur de l'épi (LE) :**

Elle est estimée sur un échantillon de 04 épis / génotype/ bloc, au stade maturité à partir de la base de l'épi (1er article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal(Fig.24). Elle est exprimée en Cm. Les épis ont été choisis indépendamment de celles de la hauteur de la plante.



Figure n° 24 : Mesure de longueur de l'épi et col de l'épi

#### 5.8.2.6. La hauteur de la plante (HP) :

La hauteur des plantes a été estimée sur un échantillon de 04 plantes / génotype/ bloc, au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'au sommet de l'épi (fig.25), barbes y compris (Cauwel et al. ,2000), à l'aide d'un mètre ruban, et elle est exprimée en Cm.



Figure n° 25 : Mesure de la hauteur de la plante

#### 5.8.2.6. Le nombre de grains par épi (NGE) :

Il est obtenu par comptage direct du nombre de grains / épi d'un échantillon de 04 épis / génotype/ bloc choisis de manière aléatoire et battus manuellement (fig.26).

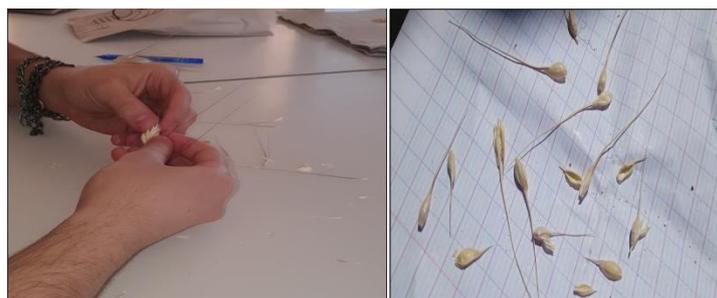


Figure n° 26 : Détermination du nombre de graines par épi

**RESULTATS**  
**ET**  
**DISCUSSION**

## Chapitre III : Résultats et discussion

### 1. Les paramètres physiques de la germination :

Le taux de germination, exprimé par le pourcentage des graines germées par rapport au lot de départ, a été évalué à différents temps (24h, jusqu'à 10 jours). Les résultats obtenus (Tab. 05), démontrent que ce paramètre est faiblement influencé par la nature des génotypes testés ainsi que par le stress hydrique appliqué.

Ces constatations se prouvent selon les résultats obtenus, à travers l'ensemble des périodes d'estimation de ce paramètre.

#### 1.1. Taux de germination :

La figure (n° 27) présente les variations du taux de germination %, des différentes variétés du blé dur étudiées (ARZ, Ain Abid, anafo, anforeta, palésio) en fonction de différents niveaux de stress hydrique T1 (100 % CR), T2 (70 % CR) et T3 (40% CR).

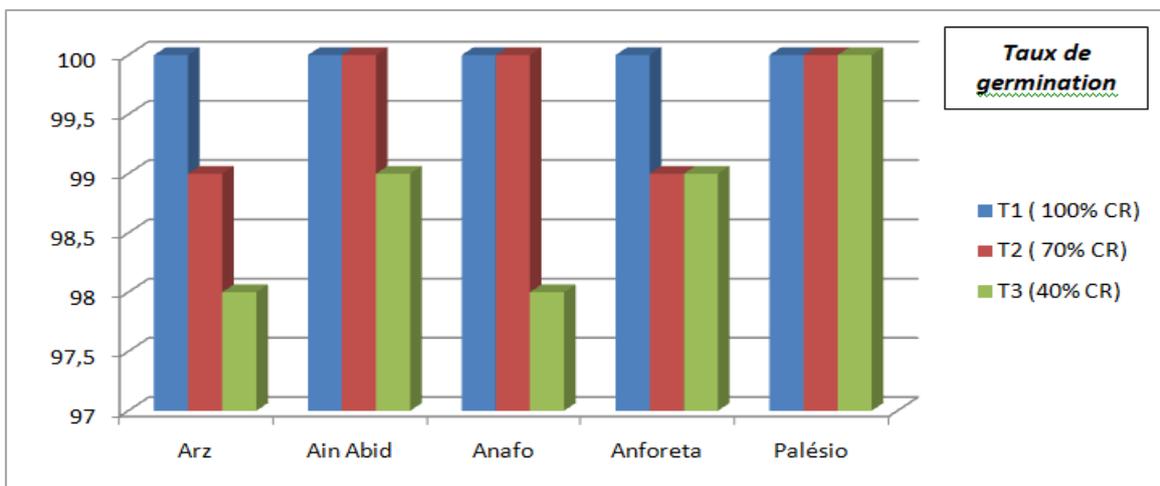


Figure n° 27 : Evolution moyenne du taux de germination en fonction du niveau de régime hydrique appliqué.

On remarque que les valeurs des cinq génotypes de blé tendre varient entre 98% et 100% pour tous les niveaux de traitement hydrique.

-Alors que les valeurs de germination enregistrée pour T2 (70% CR) sont presque identiques au témoin, elles sont fixées au 100% dans tous les traitements à l'exception des deux génotypes ARZ et anforeta qui enregistrent la valeur de 99%.

- Pour le traitement T3 (40% CR), elles sont proches des valeurs du témoin, et elles varient entre 99% et 100% à l'exception des deux génotypes ARZ et Anafo qui enregistre la valeur la plus faible estimé à 98%.

1.2. Cinétique de germination :

Les courbes illustratives de la cinétique de germination (Fig.28) montrent clairement que les taux de germination évoluent progressivement en fonction du temps mais prennent des schémas faiblement différents en fonction de régime hydrique appliquée.

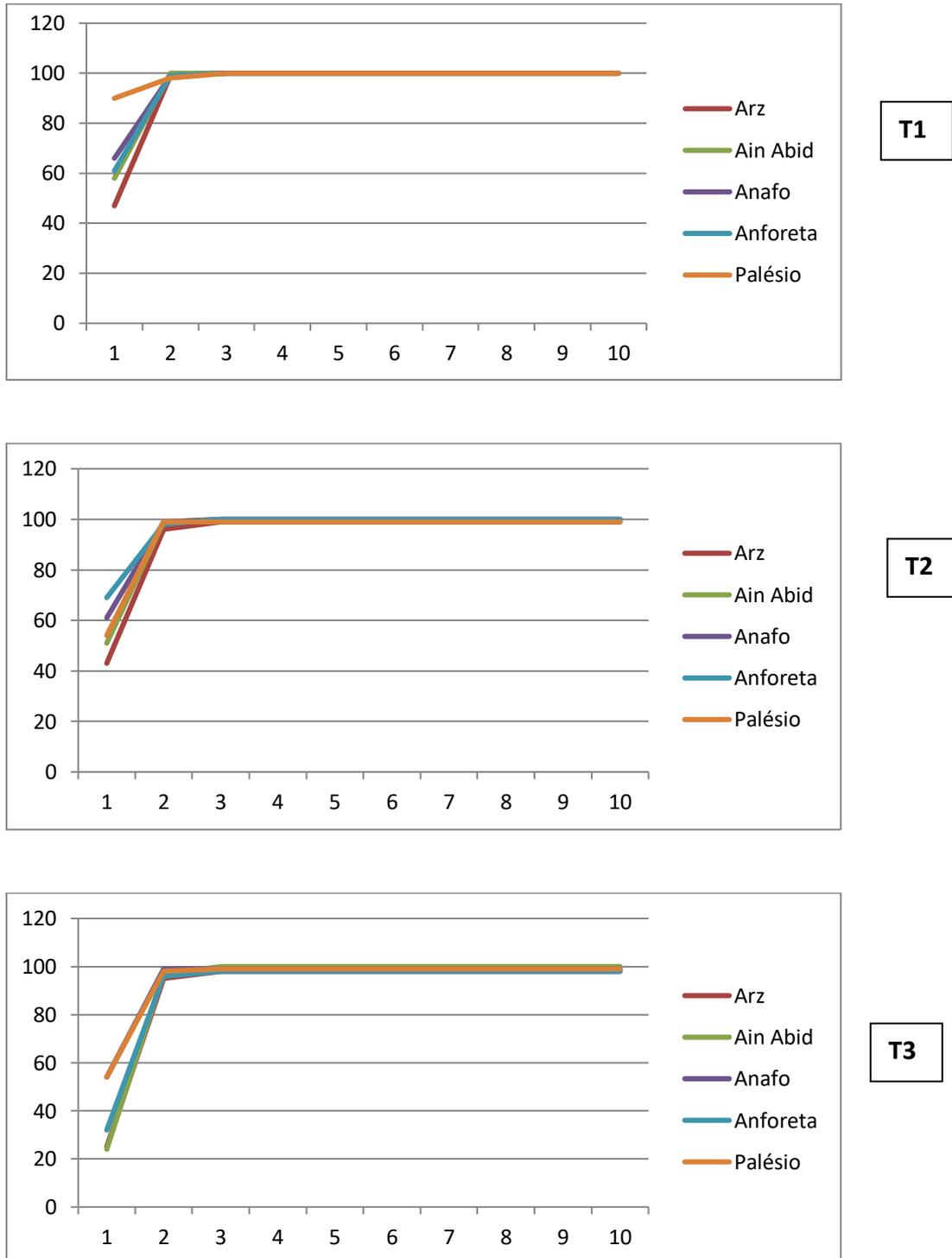


Figure 28. Variation du taux de germination, des différentes variétés en fonction du temps et niveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

- **Après les 24h de la mise en germination** Le taux de germination estimé à cette phase, se montre plus élevé au niveau du lot témoin avec une moyenne exprimée par l'ensemble des génotypes de 64,4%. Au niveau du lot témoin ce taux de germination se montre variable parmi les génotypes. Ainsi, c'est le génotype Palésio qui a présenté le taux le plus élevé avec 90%, tandis qu' ARZ a manifesté le plus faible taux (47%) (Tab. ).

Alors, au niveau de l'ensemble des dispositifs conduits avec modification du régime hydrique appliqué T2 et T3, présente des taux de 55,6 % et 37,8 % respectivement.

- **Après les 72h de la mise en germination** A la fin du temps accordé au processus de germination, une variabilité comportementale s'est manifestée dans le déroulement de phase de développement. Au niveau du lot témoin, le taux de germination a atteint le maximum (100%) pour l'ensemble des génotypes étudiés. A l'échelle du traitement mené à T2 (70 %CR) , le taux le plus élevé est détenu par les génotypes Ain Abid, Anafo et Palésio (100%). A l'opposé, les génotypes ARZ et Anforeta inscrit le taux de (99%), représentant un taux de réduction équivalent à -0,4%. A un régime hydrique T3 (40% CR), l'intervalle des valeurs inscrites sont délimitées par 100% donnée par Palésio et 98 % inscrite par ARZ et Anafo. Ce qui indique des taux de réductions respectifs de -1,2 %.

## 2. Nombre de racines :

Les résultats moyens illustrés dans figure (29), montrent des variations du nombre de racines apparues faible à travers les différents traitements hydriques. En effet, l'accentuation du stress hydrique à un effet faible sur la diminution de ce nombre.

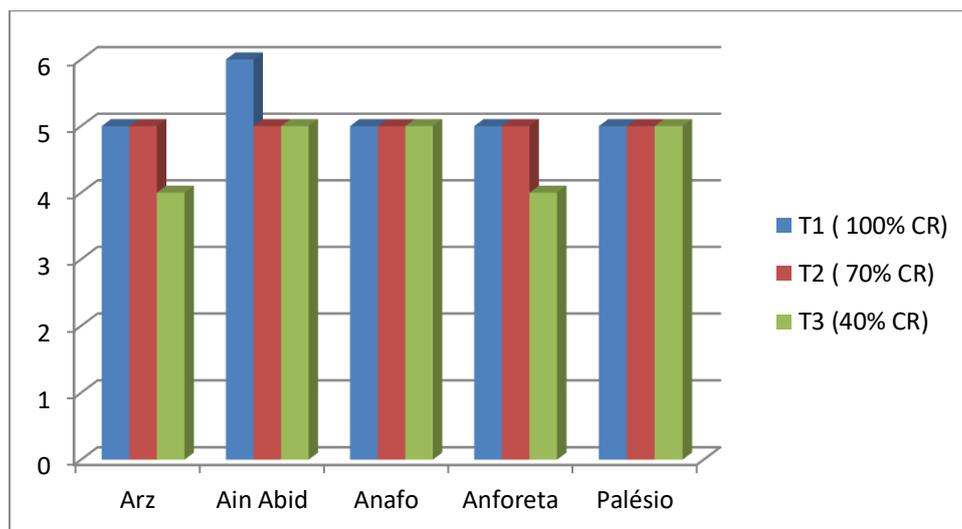


Figure n29°. Nombre moyen de racines formées par les génotypes en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

D'une manière générale, c'est au niveau du lot témoin (T1) que les valeurs des racines sont les plus élevées avec une moyenne de 5,2 racines/plant. Les réductions enregistrées dans les traitements T2 et T3 sont évaluées à -3,8 et -11,53%.

À l'échelle de traitement T1 (100 % CR), on note que les génotypes Ain Abid a formé le nombre de racines le plus élevé avec 06 racines contrairement aux autres qui non eu que 05 racines/plant. A l'échelle du traitement mené à T2 (70 %CR), les valeurs du nombre de racines se limitent à 05 racines/plant.

Dans le traitement conduit à T3 (40% CR), les valeurs du nombre de racines vacillants entre 04 racines/plant (ARZ, Anforeta) et 04 racines/plant (Ain Abid, anafo et Palésio)

Dans les mêmes conditions hydriques, les génotypes Anafo et Palésio se révèle comme les moins sensible à l'expression de ce paramètre en indiquant un taux de régression nulle, par rapport au lot témoin, tandis que, ARZ et Anforeta s'avère le plus sensible (-20%).

### 3. Hauteur de plantule :

Les valeurs relatives à la hauteur de plantule sont également variables parmi les génotypes et en fonction du régime hydrique appliqué aux plantes (fig.n°30).

Les moyennes génotypiques de la hauteur de la plantule varient faiblement entre les trois traitements hydriques où les valeurs observées atteignent dans l'ordre 38,15 cm, 35,13 cm et 32,25 cm respectivement sous les traitements hydriques de 100%CR, 70%CR et 40%CR.

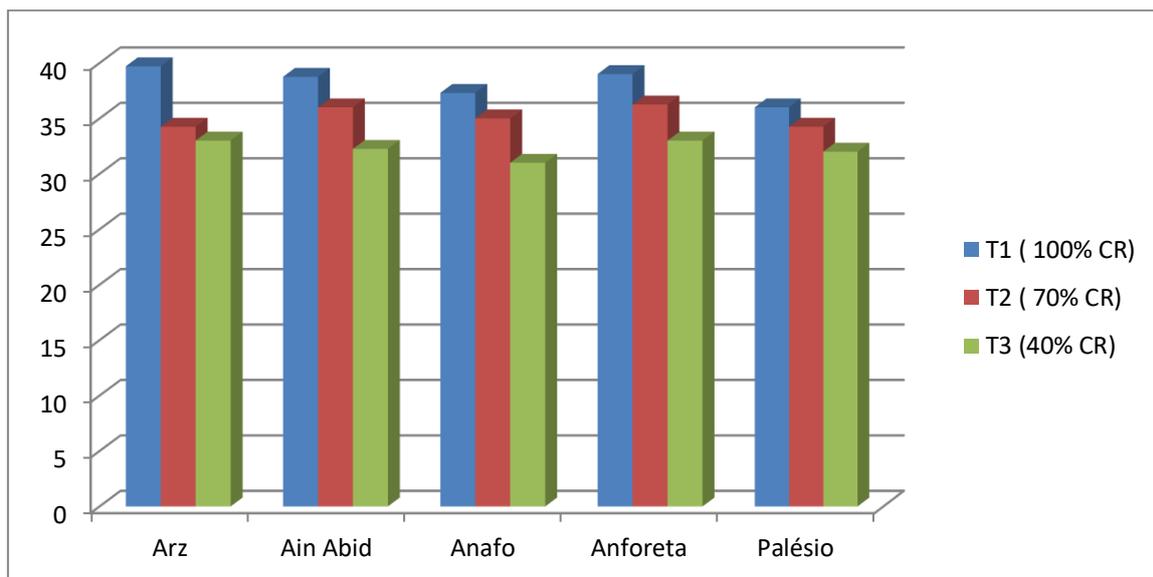


Figure n° 30: Variation de la moyenne de la hauteur de la plantule chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

On relève que les valeurs obtenues dans le traitement hydrique témoin, où les génotypes, Ain Abid et Anforeta ont inscrit les plus hautes valeurs avec dans l'ordre 39,7 cm et 39 cm.

Au niveau du lot mené à 70%CR, les hauteurs des plantules oscillent entre 34,25cm (ARZ, Palésio) et 36,25 cm (Anforeta), alors que chez les plantes conduites à une humidité de 40%CR les valeurs extrêmes sont détenues par Anafo (31 cm) et ARZ, et Anforeta (33 cm).

#### **4. Biomasse aérienne :**

Les valeurs relatives au poids de la biomasse aérienne sont également variables parmi les génotypes et en fonction du régime hydrique appliqué aux plantes.

Les résultats moyens obtenus (fig.n°31), montrent une nette prédominance du poids de biomasse aérienne au niveau des témoins par rapport aux niveaux de régime hydrique appliqué.

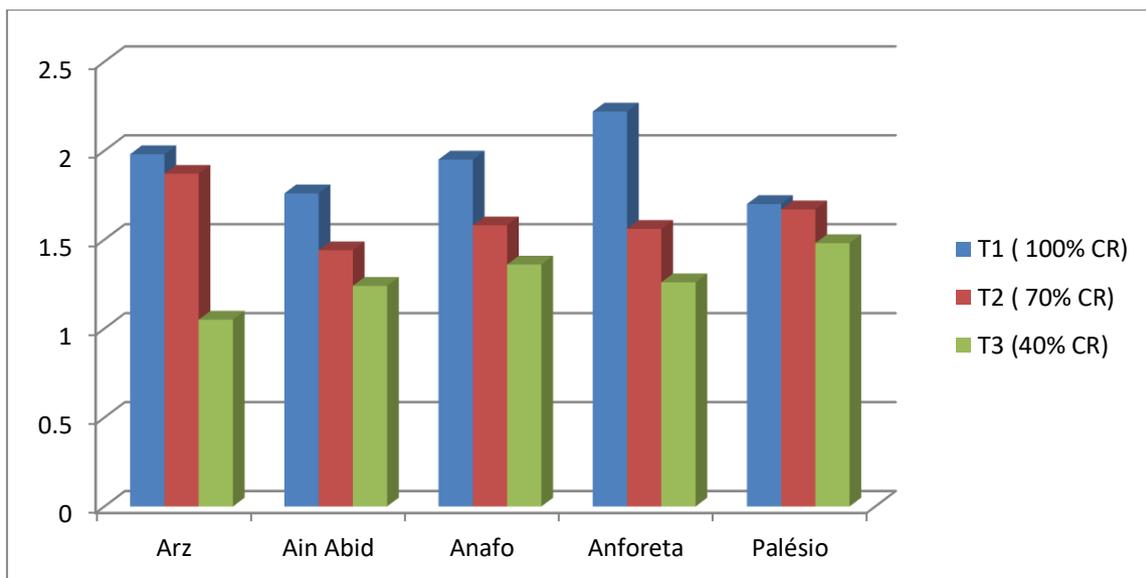


Figure n°31 : Variation de la moyenne de biomasse aérienne chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Ainsi, les valeurs moyennes génotypiques sont de l'ordre 1,92 g (traitement à 100%CC), 1,62g (70%CR) et 1,28g (40%CR).

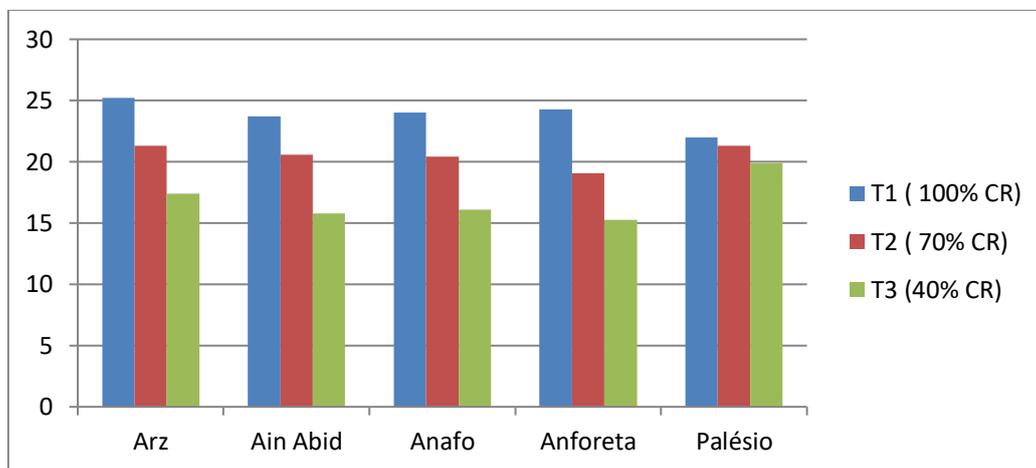
Les variations de grandeur du poids biomasse aérienne s'annoncent important au fur et à mesure que le niveau de stress augmente, réalisant ainsi une réduction de -15,6% pour le niveau de stress T2 et -33,33 % pour le niveau de stress T3 par rapport au témoin.

## 5. Les paramètres morphologiques :

Les paramètres morphologiques du matériel végétal au stade maturité se rapportent à la hauteur de la plante, la longueur de dernier entre-nœud, la longueur du col de l'épi, la longueur de l'épi, la longueur de la barbe et la surface foliaire. Les valeurs de ces paramètres varient en fonction des génotypes testés. Ainsi Les variations des régimes hydriques appliqués ont eu des influences divergentes selon la nature de l'organe concerné.

### 5.1 Variation de la longueur de feuille étandard :

L'influence du régime hydrique et la nature des génotypes s'avère importante sur les variations de ce paramètre. Les valeurs relatives à la longueur de la dernière feuille sont également variables parmi les génotypes en fonction du régime hydrique appliqué aux plantes (fig. n° 32).



**Figure n° 32 :** Longueur moyenne de la feuille d'étandard chez six génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Ainsi, les valeurs moyennes génotypiques sont de l'ordre 23,84 cm (traitement à 100% CC), 20,54 cm (60% CC) et 16,89 cm (30% CC). On relève que les plus longues feuilles ont été obtenues dans le traitement hydrique témoin, où les génotypes, ARZ et Anforeta ont inscrit les plus hautes valeurs avec dans l'ordre 25.2 et 24.3cm.

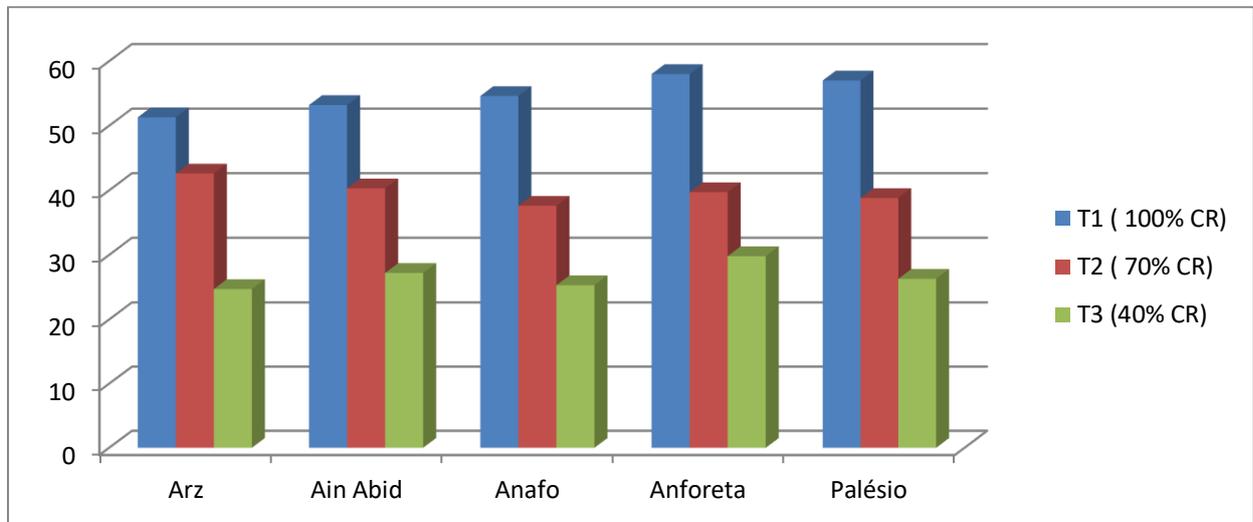
### 5.2. Hauteur de la paille :

Les résultats des mesures de la hauteur moyenne de la paille sont également très variables parmi les génotypes expérimentés (fig. n° 33).

Les valeurs obtenues lord de stress modéré T2 (70% CR) sont comprises dans l'intervalle délimité par 37,6 cm et 42,6 cm extériorisées dans l'ordre par les génotypes Anafo et ARZ.

Pour le génotype, Ain Abid et Anforeta présente des réductions moyenne de l'ordre de -24,24% et -31,5 % respectivement .Tandis que la plus forte réduction est observée pour le génotype Palésio avec un taux de réduction de -31,92%.

L'augmentation de la sévérité du stress (T3), provoque une réduction significative de la hauteur pour tous les génotypes, la plus faible réduction et enregistrée pour le génotype Anforeta de l'ordre -48,62%, et la plus forte réduction est enregistrée chez la Palésio de l'ordre de -53,85%.



**Figure n° 33 :** Hauteur moyenne de la paille à maturité chez six génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

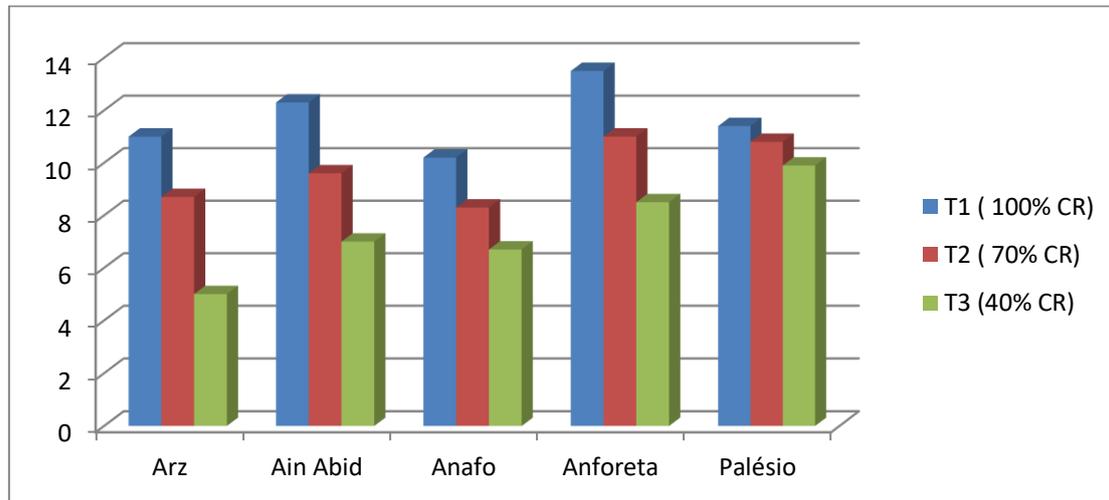
Les valeurs moyenne obtenues sont comprises dans l'intervalle délimité par 54,82 cm, 39,8 cm et 26,66 cm respectivement pour les trois niveaux stress hydriques T1 (100%), (70%) et (40%), réalisant ainsi une réduction de -27,39 % pour le niveau de stress T2 et -51,36 % pour le niveau de stress T3.

### **5.3 Variation de la longueur de l'épi avec barbe :**

Les cinq génotypes après une période de stress hydrique, on manifesté des modifications sur le plan morphologique de la plante notamment la longueur de l'épi qui se traduit par une diminution de cette variable. Ces variations ont été imposées par le régime hydrique appliqué et la nature des génotypes conduits (Tab.). Ainsi, chez tous les génotypes et à degrés différents, l'application des niveaux d'alimentation hydrique déficients a provoqué une

réduction des valeurs de la longueur de l'épi. Toutefois, cette influence s'est montrée différente parmi les cinq génotypes testés (fig. 34 ).

Au niveau du lot témoin T1 (100%CR), la longueur de l'épi chez les génotypes Ain Abid (12,3 cm) et Anforeta (13,5 cm) se distinguent par les épis les plus longs (Tableau 04). Au niveau du lot mené à 70%CR, les longueurs de l'épi oscillent entre 8,3cm (Anafo) et 10,8cm (Palésio), alors que chez les plantes conduites à un traitement hydrique de 40%CC les valeurs extrêmes sont détenues par Palésio (9,9cm) et Anforeta (8,5cm).

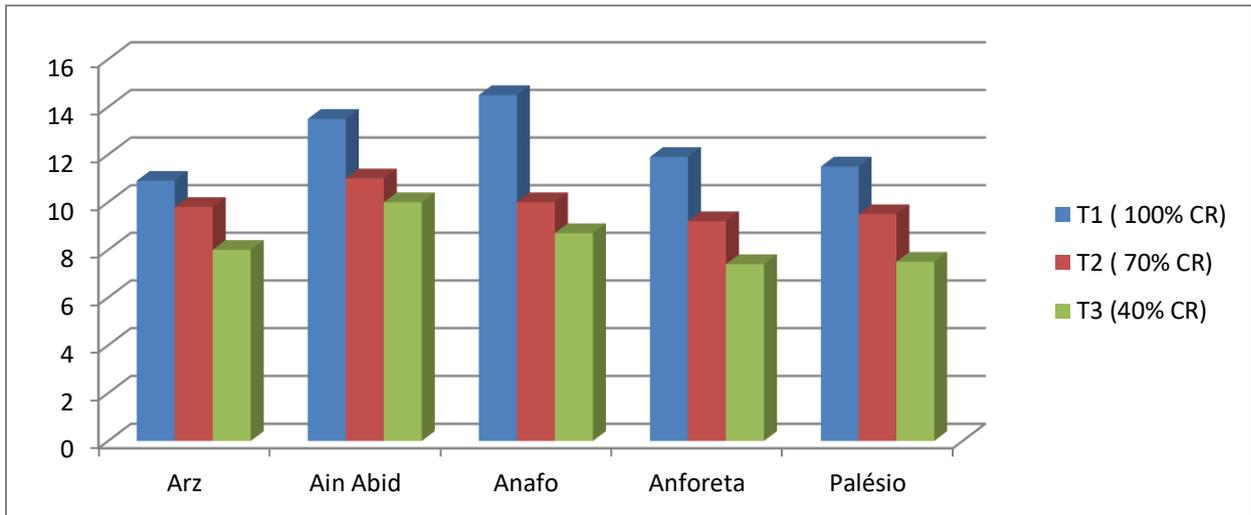


**Figure n° 34 :** Longueur moyenne de l'épi à la maturité chez six génotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

En effet, la moyenne génotypique des valeurs obtenues pour ce paramètre sont de l'ordre de 11,68, 9,68 et 7,42 cm inscrites dans l'ordre sous les traitements hydriques de 100%CR, 70%CR et 40%CR avec une réduction de -17,12 % et 41,61% respectivement pour les deux dernier traitements.

#### **5.4 Variation de la longueur du col de l'épi (LCE) :**

Concernant le col de l'épi, les résultats moyens montrent que les variations des valeurs détenues par ce paramètre entre les trois situations hydriques semblent variable (fig.n°35).



**Figure n° 35:** Longueur moyenne de longueur du col de l'épi à la maturité chez cinq génotypes de blé soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Dans le traitement hydrique témoin (100%CR), la longueur du col de l'épi vacille entre des extrêmes de 10,9 cm extériorisée par Arzet 14,5 cm enregistré par le génotype Anafo.

Dans le traitement conduit à 70%CR, la valeur moyenne génotypique de la longueur du col de l'épi s'évalue à 9,9 cm, où les génotypes Ain Abid en détiennent la valeur extrême.

Enfin sous la situation hydrique du niveau de 40%CR, les valeurs du col de l'épi fluctuent entre 7,4 et 10 cm enregistrées respectivement par les génotypes Anforeta et Ain Abid.

Les variations de grandeur de la longueur du col de l'épi s'annoncent important au fur et à mesure que le niveau de stress augmente, réalisant ainsi une réduction de -20,54% pour le niveau de stress T2 et -33,23 pour le niveau de stress T3 par rapport au témoin.

### 5.5 Nombre de talle :

Dans cette étude, le nombre de talle ne semble pas différé d'un génotype à un autre. Pour ce paramètre, la majorité des génotypes étudiés ont enregistré une moyenne du nombre de talles herbacées par plant nulle, mis a par la présence du mètre brin pour tous les niveaux de stress hydriques appliqués.

**Discussion :**

La morphogenèse de la plante basée essentiellement sur la croissance et le développement. Parmi les facteurs environnementaux conditionnant cette morphogenèse, on évoque l'alimentation hydrique qui par sa qualité et sa quantité constitue un facteur primordial impliqué dans l'aboutissement de ce processus.

La variabilité du matériel végétal chez le blé tendre ainsi que les conditions hydriques de leur conduite, constituent inévitablement les principaux facteurs des variations constatées dans l'élaboration de la qualité du grain. Cette partie des résultats, présente une identification des génotypes utilisés dans notre expérimentation. Cette caractérisation concerne tous les paramètres qui permet d'assurer la réussite de l'expérience à savoir, le poids net des échantillons, estimer la pureté spécifique, et le poids de mille graines.

Le développement et la sélection de variétés adaptées à un tel environnement variable, quoique difficile, est nécessaire. Pour ce faire, il est essentiel d'identifier les caractères agromorpho-physiologiques associés à la tolérance des stress (Maazouz et Bouzerzour, 2017 ; Fellahi et *al.*, 2020).

Cette étude expérimentale a permis de donner une vue globale sur le comportement des variétés de cinq variétés de blé tendre testées, sous différents niveaux de stress hydrique généré par trois degrés de stress selon la capacité de recharge (CR) en T1 (100% CR), T2 (70% CR) et T3(40% CR) et appliqué depuis le stade germination jusqu'à la maturité. Nos résultats suggèrent l'effet dépressif du stress appliqué sur les variables mesurées dont le pourcentage de germination, le nombre de racines, la hauteur de plantule et la matière fraîche aérienne, ainsi que certains facteurs d'ordre agronomique à savoir le nombre de talle, le nombre de grain par épi qui subissent des diminutions, par rapport au témoin.

La germination des graines constitue l'une des étapes fondamentales dans la croissance et le développement des plantes. C'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 débute par la réhydratation de la graine et s'achève par la percée de la radicule des téguments (Anzala, 2006).

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques ainsi que par les conditions environnementales (Ndaur et Danthu, 1998). Parmi les facteurs de l'environnement, la

quantité et la qualité de l'eau du milieu de germination constituent des paramètres déterminants, sur lesquels repose la réalisation des différentes étapes de la germination.

La première étape de la germination est l'absorption d'eau et la réhydratation des tissus de la graine par un processus appelé imbibition (Hopkins, 2003 ; Alei et *al.*, 2010 ; Dov, 1972). Selon Almansouri et *al.* (2001), la prise d'eau par la graine dépend du potentiel hydrique de la solution de germination. La tolérance à la sécheresse pendant la germination est un critère important pour l'identification de variétés de blé tendre capables de supporter un déficit hydrique pendant les premières phases de développement.

Les résultats de cette étude sont en accord avec ceux obtenus par plusieurs auteurs dont Amoumen et Benhebireche (2013) et Bouakez et Hamadouche (2015) qui rapportent que la variation du taux de germination final de blé est fonction de l'intensité du stress hydrique appliqué. Dans ce contexte, Link et *al.* (2006) ont proposé ce paramètre comme critère de sélection pour la tolérance au stress abiotiques tels que le stress hydrique.

Outre son rôle dans la photosynthèse, dans le transport et l'accumulation des éléments nutritifs ainsi que dans la division cellulaire et la régulation thermique, l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivées (Riou, 1993). Ainsi un déficit hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante ou sa production par rapport au potentiel du génotype. Un déficit hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke et *al.* 1996 ; Coca et *al.* 2004; Attia, 2007).

La réduction de la croissance est l'une des premières manifestations du déficit hydrique (Saab et Sharp, 1989). D'après Bewley et Black (1994), Wang et *al.* (2003), le déficit hydrique limite sérieusement la croissance des plantes ainsi que leur productivité végétative.

Le stress hydrique imposé a provoqué une réduction de la longueur et du nombre des racines, d'autant plus importante que le stress est sévère. Cette réduction peut être conséquence à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau des racines.

Le stress hydrique pendant le stade jeune plantule peut inhiber le développement du coléoptile. Selon Moud et Maghsoudi, (2008) un faible taux de croissance du coléoptile est associé à une faible aptitude à l'osmorégulation. Selon Zhu, (2001) la réduction de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.

L'effet du stress hydrique peut se produire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété par des modifications morphologiques, Granier et *al.*, 2000 ont rapporté que les feuilles des plantes soumises au déficit hydrique atteignent habituellement des tailles finales apparentes plus petites par rapport aux contrôles.

La réduction de la surface foliaire suite à la réduction de l'élongation cellulaire est l'une des conséquences du déficit hydrique ( Temagoult,2009 ; Wolfe et *al.*,1992). La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de talles est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau ( Blum,1996) .La durée de vie de la feuille étendard estimé par l'évolution de sa surface verte apparaît comme révélateur du niveau de fonctionnement de l'appareil photosynthétique en présence de déficit hydrique (Austin,1987 ; Chartzoulakisa et *al.* 2002, Moneuveux,1991).

D'autre part, Cherfia, 2010 trouve une corrélation positive entre le rendement et la surface foliaire de la feuille étendard. Toute fois une diminution de la surface foliaire peut affecter le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique (Lefi et *al.*, 2004).

Les résultats de l'étude de la réponse des plantes de blé tendre des génotypes soumises à un stress hydrique montrent des modifications des paramètres morphologiques tels que la hauteur de la tige, longueur de col de l'épi, la longueur de dernier entre nœud, longueur de l'épi, nombre de graine par épi, le poids de mille graines.

Les variations de la hauteur de la plante se traduisent par les conditions climatiques défavorables survenues durant cette campagne. En effet, l'avènement des hautes températures, le plus souvent associé au déficit hydrique, accélère le développement de la plante au détriment de la croissance (Bahlouli, 2006). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (Abbassenne, (1997). Il faut signaler, que la hauteur de l'ensemble des génotypes sont réduit par l'effet du stress hydrique mais cette réduction est d'autant plus importante que le stress est sévère.

Le rendement en grain chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épis, du poids de grain par épi et du nombre d'épi par mètre carré. Le manque d'eau combiné avec des températures élevées, entraîne une diminution du poids de mille grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et a pour conséquence une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant ainsi le rendement (Debaeke et *al.*1996 ; Slama et *al.* 2005).

# **CONCLUSION**

**Conclusion générale:**

La production agricole en zones semi-arides est fortement limitée par plusieurs contraintes abiotiques, dont, le principal est la sécheresse. Ce phénomène très fréquent, constitue un problème majeur en agriculture dans le monde entier, il affecte, la germination, la croissance, le développement des plantes et les rendements.

La sélection pour l'adaptation ou pour la tolérance aux stress abiotique suit plusieurs voies dont l'utilisation de traits phénologique, morphologique, physiologique et agronomique ainsi que le comportement global de la plante vis-à-vis de la variation environnementale.

Le stress hydrique affecte le développement et le bon fonctionnement des plantes. Par ailleurs, et pour bien se développer, la plante doit disposer des mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter la sécheresse.

Notre étude vient de mettre en relief certains paramètres d'ordre morphologique, et agronomiques de 05 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) présentée par deux variétés locales ARZ et Ain Abid et trois variétés originaire d'Italie nouvellement introduits ( anforeta, anafo, palésio), conduit en blocs randomisé, avec quatre répétitions dans la serre semi-contrôlée de la ferme agricole de Mazarganet soumises aux différents traitements de stress hydrique avec trois niveaux d'irrigation, témoin T1 (100 % CR), stress modéré T2 (70 % CR) et un stress sévère T3 (40 % CR), par rapport aux paramètres physiologiques, morphologiques et agronomiques afin de ressortir la variété qui présente un comportement idéal d'adaptation.

A travers les résultats obtenus dans cette étude on peut constater que l'application d'une contrainte hydrique se manifeste chez l'ensemble des plantes de blé tendre étudiées par des traits généraux communs, ou la plupart des caractéristiques d'appréciation on connu des variations.

Pour les paramètres morpho-physiologique montrent que le taux de germination était relativement élevé pour la totalité des géotypes ce qui la confère une bonne tolérance à la condition de stress, en plus l'effet dépressif sur la croissance de la plante, Notamment ; le nombre de racines, la hauteur de la plante, ainsi que la biomasse aérienne, qui sont aussi observés chez les plantes stressés par rapport aux témoins. Ces effets sont d'autant plus importants que l'intensité et la durée du stress sont élevées.

De même et sur la base des résultats ressortis de cette étude, les caractères morphologiques d'adaptations (surface de la feuille étendard, Hauteur de la plante, Longueur de chaume , longueur de l'épi, longueur de col de l'épi) révèlent des valeurs inférieure à la moyenne générales des génotypes stressé par rapport au témoins.

Pour ce qui est des paramètres agronomiques, la majorité des génotypes ont affiché des valeurs inférieures à celles du témoin, et ce pour l'ensemble des paramètres étudiés, a savoir nombre de talle, nombre de graine par épi et poids de mille graines, pour lequel tous les génotypes stressé ont enregistré des valeurs inférieures à celle du témoin.

Toutefois, nous pouvons signaler que les génotypes utilisent les mêmes stratégies pour tolérer le stress hydrique.

Par ailleurs, des recherches additionnelles sont nécessaires afin de dégager des connaissances profondes et parfaites relatives à la performance de ces génotypes, dont l'objectif est de sélectionner de nouveaux lignés manifestant le maximum de caractères favorables à la tolérance des contraintes abiotiques et à l'expression d'un meilleur potentiel de rendement dans les régions semi-arides sujettes au stress hydrique.

Enfin, tout le monde espère que les recherches se poursuivent pour obtenir les meilleurs génotypes de blé (Donnars et Sarazin, 2007).

***RÉFÉRENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

**Références bibliographiques :**

Abbassenne, F., Bouzerzour, H., & Hachemi, L. (1997). Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride. *Ann. Agron. INA, El Harrach*, 18:24-36.

Acevedo E.H., Silva P.C., Silva H.R., Solar B.R., 1999 ; Wheat production in Mediterranean environments. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. The Haworth Press Inc., New York, pp. 295–331.

Adda, A., Sahnoune, M., Kaid-harch, M. and Merah, O. 2005. Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Comptes Rendus - Biologies*, 328(10–11): 918–927.

Adda, S. Soualem, A Labdelli, M Sahnoune, O Merah, 2013 : “Effets du déficit hydrique sur la structure de la zone pilifère des racines séminales du blé dur,” *Rev. Ecol.*, no. 9,.

Adoui, N., Benderradji, L., Messaoudi, N., Brini, F., Boudour, L. (2017). Analyse Moléculaire De La Diversité Génétique Des Protéines De Réserves Chez Quatre Variétés De Blé Dur (*Triticum turgidum* L.var durum). *European Scientific Journal*, 13 (36), 249-265.

Ahmadi N., Chantereau J., Hekimian Lethève C., Marchand J.L., et Ouendeba B., (2002). Les céréales. In : *Mémento de l’agronome*, Versailles. Ed. Quae, pp.777- 831.

Aissaoui Mohamed Ridha,2019 : Etude de l’effet de l’irrigation d’appoint sur l’amélioration de la production du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) dans la région de Sétif ; Thèse de Doctorat en Sciences Filière: Agronomie Spécialité: production végétale. Université Ferhat Abbas Sétif 1

Ait kaki. (1993) : Contribution a l’étude des mécanismes morpho physiologiques et biochimiques de tolérance au stress hydrique de 5 variétés de blé dur (*triticum durum*). Thèse magister en Biologie végétale, institut des sciences biologiques, constantine, 120 p.

Ali dib T. Monneveux P. et Araus J. (1992) : Adaptation a la sécheresse et notion d'ideotype chez le blé dur. II- Caractères physiologiques d'adaptation *Agronomie*,12, pp 381-393.

-Araus J.L., Villegas D., Aparicio N., Garcia Del Moral .Lf., El Hani S., Rharrabti Y., Ferrio J.P., Royo C., 2003. Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Crop Science* 43, 170–180.

Arvalis, 2019 : arvalis-infos.fr ;blé tendre : les besoins unitaires en azote des variétés réactualisés pour 2019.

Assem, N., El Hafid, L., Haloui, B., El Atmani, K. 2006. Effets du stress hydrique appliqué au stade trois feuilles sur le rendement en grains de dix variétés de blé cultivées au Maroc oriental. *Science et changements planétaires / Sécheresse*. 17(4) : 499-505.

Attia, F., 2007. Effet du stress hydrique sur le comportement éco physiologique et la maturité phénologique de la vigne *Vitis vinefera* L. Etude de cinq espèces autochtones de Midi pyreneés : Thèse de doctorat Institut national polytechnique de Toulouse. France.194 p.

Atti S. 2002. Assessment of soybean (*glycine max* (l.) merr.) water stress, lipochito oligosaccharides application and spectatral responce. These Master, Département of Agricultural and Biosystems Engineering Macdonald Campus of Mc Gill, University Montreal, Canada, 128p.

Arous, A. Adda, , M. Belkhodja, , A. Bouzid, O.Merah, “The contribution of green plant parts to grain filling of durum wheat under water deficit“. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 26 (4): 809– 815. 2020.

- Austin R.B.,1987 : Some crop characteristics of wheat and their influence on yield and water use . In :Drought tolerance in winter cereals(JP Srivastava, E Porceddu, E Acevedo, S Varma, eds) John Wiley and Sons, UK,321-326.
- Baldy C. 1973. Etude fréquentielle du climat, son influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Versailles : INRA, Dép. Bioclimatologie/Ministère de l'Agriculture.
- Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. Et Hassous, K. L., 2008.Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semiarid conditions. *Agro*, 4: 360-365.
- Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., & Hassous, A. (2006). Etude des liaisons entre le rendement, la durée de vie de la feuille étendard, la vitesse de remplissage et la remobilisation des assimilés de la tige du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. *Annales INA*, 27: 15- 36.
- Bajji, S. Lutts, J. Kinet, M., "Physiological changes after exposure to and recovery from polyethylene glycol-induced water deficit in callus cultures issued from durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Cultivars differing in drought resistance". *Journal of Plant Physiology*, 156(1), 75–83. 2000.
- Barnabás, B., Jager, K. and Feher, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Envir.*, 31(1): 11–38.
- Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A. and Pereira, A. Plant adaptation to drought stress [version 1; referees: 3 approved] *F1000Research* 2016, 5(F1000 Faculty Rev):1554 (doi: 10.12688/f1000research.7678.1).
- Batel Y., 2003. Itinéraires techniques des grandes cultures dans les zones sublittorales d'Ain Defla et Chefef, brochure ITGC ,6p
- Belaid, A., Nsarellah, N., Laamari, A., Nachit, M. and Amri A. 2005. Assessing the economic impact of durum wheat research in Morocco .Aleppo, Syria: International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- Belaid Dj., (2015). Cultures des céréales en Algérie : Aspects techniques et économiques. Collection : Science et techniques agronomiques, 209 p.
- Belkhodja M., 1996. Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique chez la fève (*Vicia faba* L.) thèse Doct. Université d'Oran, 255p.
- Benlaribi M., Monneveux P., Grignac., 1990. Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur. *Ed Agronomie* 10, pp. 305-322.
- Benmahammed A., 1996. Association et hérédités de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*Hordeum vulgare*L.). Thèse de Magister. INA El Harrach, 80 p.
- Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A., & Bouzerzour, H. (2010). Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 14: 177-186.
- Bendif N., 2017 .l'itinéraire technique du blé ? Cours de formation programme P.R.C.P. Document interne ITGC.
- Benlaribi M., Monneveux Ph et Grignac P., 1990 : Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum Durum* Desf.). *Agronomie* 10 : p,305-322.

- Benmahammed, A., Kribaa, M., Bouzerzour, H., Djekoun, A. (2010). Assessment of stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare*L.) advanced breeding lines under semi arid conditions of the eastern high plateaus of Algeria *Euphytica*, 172 (3) :383-394.
- Ben Mbarek K. et Boubaker M., (2017). Manuel des grandes cultures – Les céréales. Ed. Universitaires européennes, 230 P.
- Bennaceur, M., Rahmoun, C., Sdiri, H., Medahi, M., Selmi, M. (2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, 12 (3), pp. 167-174.
- Bensemmane, L. 2004. Contribution à l'étude de la cinétique d'accumulation et répartition de la matière sèche chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. Mémoire de magister, Faculté des sciences, UFA Sétif, 80p.
- Ben Salem M., M. Ben Naceur, E. Zid, and R. H. Karray, "Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance," *Sécheresse*, vol. 16, no. 3, pp. 225–229, 2005.
- Bewley J.D. and Black M., 1994. *Seeds - Physiology of development and germination.* ; 2nd Edition. Plenum Press, New York, NY. 445 p.
- Blaid D.,1996 : Aspects P.de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun( Alger), 206.
- Blum ; L. Shpiler, "Heat tolerance for yield and its components in different wheat cultivars " *Euphytica* 51: 257–263, 1991.
- Bogard M. (2011). Analyse génétique et Eco physiologique de l'écart à la relation teneur en protéines – rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). École doctorale science de la vie, santé, agronomie et environnement. Thèse doctorat : 17-18-19p.
- Bouatrous Yamina ,2013 : Effet du stress salin et l'haplodiploïdisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse Doctorat en Sciences en Biologie Végétale, Université Mentouri Constantine .
- Bouchabke O., TARDIEU F. & SIMONNEAU T., 2006. Leaf growth and turgor in growing cells.
- Boudjabil, M. Kribaa, and H. Chenchouni, "Original article : growth , physiology and yield of durum wheat ( *Triticum durum* ) treated with sewage sludge," *EXCLI J.*, vol. 14, no. 1611–2156, pp. 320–334, 2015.
- Boulal H., Zaghouane O., El Mourid M., Rezgui S., 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). ITGCINRA-ICARDA, 176 p.
- Bouthiba, A., Debaeke P. and Hamoudi, S. A. 2008. Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. *Irrig. Sci.*, 26: 239-251.
- Bouthier A., Deswarte J. C., Deumier, J. M. 2012. Irrigation des céréales, blé tendre, blé dur, orge de printemps. Edition ARVALIS. Institut du végétal. 40p.
- Bouzerzour H. et Benmahammed A., 2009 : variation in Early Growth, Canopy temperature, Translocation and Yield of Four Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes under Semi Arid Condition. *Jordan. Journal of Agricultural Sciences*, Volume 5, (2) : 142-154.
- Bouزيد Assia, 2021 : Effet de déficit hydrique et la nature de l'organe sur l'activité des enzymes de formation de l'amidon lors de remplissage du grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Thèse de doctorat, Spécialité : Adaptation et productivité des plantes cultivées, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

- Boyeldieu J., 1997. Blé tendre - Techniques Agricoles Fascicule n°2020.360p.
- Bozzini A. (1988). Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In: Fabriani G. et Lintas C. (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACC (American Association of Cereal Chemists), Inc. St. Paul, Minnesota, États-Unis. pp 1-16.
- Bray E. et Ziegler P. 1989. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. Annual Review of Plant Physiol. And plant mol. Bio. 40: 95-117.
- Bray, E. A. 2002. Classification of genes differentially expressed during water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*: an analysis using microarray and differential expression data. Annals of Botany, 89: 803–811.
- Brinis, L. (1995). Effets du stress hydrique sur quelques mécanismes morphophysologiques des traits d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) Recherche d'héritabilité transgressive en F1. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences, Univ. Badji Mokhtar, Annaba. 156p
- Brisson, "Modéliser la réponse des cultures à la contrainte hydrique avec le modèle STICS pour comparer des stratégies et anticiper les changements climatiques". Note technique Agroclim INRA Avignon, pp : 9-18. 2008.
- Calderini D.F., Reynolds M.P., Slafer G.A., 1999. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. The Haworth Press Inc., New York, pp. 351–377.
- Cauwel B., Verjux N., Bonin G., 2000. Protocole de suivi d'essais comparant des variétés de céréales a paille d'hiver en conduite biologique, diffusion : ITAB Institut Technique de l'Agriculture Biologique
- Chadouli, A., Djane-hamed, M., 2015. L'irrigation d'appoint du blé. Revu ITGC : 14p.
- Chaise L., Ferla A. J., Honore A., Moukhli R. (2005). L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC
- Chantret N., Salse J., Sabot F., Rahman S., Bellec A., Laubin B., Dubois I., Dossat C., Sourdille P., Joudrier Ph., Gautier M.F., Cattolico L., Beckert M., Aubourg S., Weissenbach J., Caboche M., Bernard M., Leroy Ph and Chalhoub B. (2005). Molecular Basis of Evolutionary Events That Shaped the Hardness Locus in Diploid and Polyploid Wheat Species (*Triticum* and *Aegilops*). communiqué de presse. Paris, le 4 avril 2005 / INRA - CNRS – Université Evry – Genoscope-CNS – Génoplante – Genopole.
- Cherfia R., 2010 : Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf). Mémoire de magister, faculter des Sciences de la nature et de lavie, département de biologie et écologie. Université Mentouri, Constantine, 77p.
- Chaves, M.M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C.P.P, Osorio M.L., Carvalho, I., Faria T. & Pinheiro, C., 2002. How plants cope with water stress in the field? photosynthesis and growth. Annals of Botany 89.
- Condon A.G, Richards R.A., Rebetzke G.J., Farquhar GD., 2002. Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield. Crop Science 42, 122–131.
- Come DG. (1970). Les obstacles à la germination. Ed. Masson, Paris. pp 162.

- Daur I. 2018. Effects of hydro and hormonal priming on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seed germination under salt and drought stress. *Pakistan Journal of Botany* 50(5) : 1669-1673.
- Debaeke, P., Cabelguenne, M., Casals, M., Puech, J., 1996. Elaboration du rendement du blé d'hiver en condition de déficit hydrique. Mise au point et test d'un modèle de stimulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotées variées: *Epicphase- blé* .J. Agron. 16,25- 46.
- Debiton, "Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy," Univ. Blaise Pascal, 2010.
- Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B. and Duggan B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, 113(1): 43–52.
- Djebbar R., 2012. Effet du stress hydrique sur le métabolisme cellulaire de plantes de tabac sauvage (*Nicotiana sylvestris*) et d'un mutant mitochondrial (CMSII). Thèse de Doctorat d'état, Université Houari Boumediene, Alger, Algérie, 233 p.
- Donnars, C., Sarazin, M. (2007) Les céréales jouent un rôle de premier plan dans l'équilibre alimentaire. *Alimentation - INRA N° 7*, p. 1 - 4.
- Doorenbos J., Kassam A.H., Bentverisen C.L.M., Plusjé J.M.G.A., Smith M., Uittengogard G.O. et Van Der Val H.K., 1987 : exigence de blé dur. *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* (33) . Rome :p202.
- Doussinault G., Pavoine M. T., Jaudean B. et Jahier J., 2001 : Evolution de la variabilité génétiques chez le blé. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, n° 21. Station d'alimentation des plantes : 91-103.
- Dupont F.M. et Altenbach S.B., 2003 : Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Elsevier, journal of cereal science* 38 : 133-146.
- Dyer, J.A. 1984. Monitoring drought for grazing land managements. *J Soil Water Conserv* ; 39: 176-8.
- El Fakhri M, Nsarellah N, Mahboub S, Bidania, et El Bouhmadi K. (2008) Test morphologiques et biochimiques pour la tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum aestivum* Desf). *Al Awamia* : 5-18.
- El Hafid R., Smith D.H., Karrou M., Samir K. (1998). Morphological attributes associated with early-season drought tolerance in spring durum wheat in a Mediterranean environment. *Euphytica*, 101: 273–282.
- El hassani T.A. & Persoons E. 1994. *Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale.* (éd). AUPELF-UREF : 544 p.
- El Jaafari S., Lepoivre P., Semal J. (1995). Implication de l'acide abscissique dans la résistance du blé à la sécheresse. Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELFUREF. John Libbey Eurotext. Paris 1995, pp. 141-148.
- Ercoli, L. Lulli, M. Mariotti, A. Masoni, and I. Arduini, "Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability," *Eur. J. Agron.*, vol. 28, no. 2, pp. 138–147, 2008.
- Fellah A., Benmahammed A., Djekoun A. et Bouzerzour H., 2002 : Sélection pour améliorer la tolérance au stress abiotique chez le blé dur (*Triticum drums* Desf.) .Actes de l'IAV Hassan II, (Maroc) 22, 161-170.

- Febrero A.; Brot J.; Brown R.H. et Araus J.L., 1990 The role of durum wheat ear as photosynthetic organ during grain filling. In: advanced trends in photosynthetic, Mallorca, Spain .
- Feliachi K., Amroune R. et Khaldoune, 2001. Impact de la sécheresse sur la production des cereals cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N0 35.ED. ITGC. Algérie.
- Feillet, P. 2000. Le grain de blé, composition et utilisation. INRA Editions, Paris, France, 308p. ISBN: 9782738008961.
- French, R. J. and Schultz, T.E. 1979. Effects of time of sowing on wheat phenology in South Australia. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 19:89-96.
- Fischer, R.A, Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar. Grain yield responses. Aus J. Agr. Res 29 : 897-912.
- Fischer, H., Werner, M., Wagenbach, D., Schwager, M., Thorsteinsson, T., Wilhelms, F., Kipfstuhl, J. and Sommer, S. (1998). Little Ice Age clearly recorded in northern Greenland ice cores. Geophysical Research Letters 25: doi: 10.1029/98GL01177. issn: 0094-8276.
- Gadsden, H., Rodríguez, J.A., Muñoz, C., Núñez, D., Hinojosa, O. 2003. Monitoring Drought in Chihuahua. UNAM, México. Voices of Mexico. ; 63 : 101-8.
- Garcia Del Moral L F., Rharrabti Y., Villegas., And Royo C.,2003 Evaluation of Grain Yield and Its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach Crop Sci. 31,266-274.
- Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Ed Lavoisier. 429p.
- Gitte P., Seberg O., Yde M., Berthelsen K. (2006). Phylogenetic relationships of Triticum and Aegilops and evidence for the origin of the A, B, and D genomes of common wheat (*Triticum aestivum*). Molecular Phylogenetics and Evolution, 39: 70-82.
- Gonzalez A, Martin I, Ayerbe L .1999. Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. Field Crop Res ; 62 : p23-34.
- Granier C.,Inzé D. and Tardieu F.,2000 : Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cDc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature and water stats. Plant physiology.124,139361402.
- Grieu, P. Maury, P. Debaeke, and S. Ahmad, 2008 : Améliorer la tolérance à la sécheresse du tournesol : apports de l'écophysiologie et de la génétique., Innov. Agron., vol. 4, pp. 91-99,.
- Grignac P.H., 1981. Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français. Communication au conseil scientifique. Italie, Pp 185-194.
- Gull, H., Saeed, B., Khan, A. Z., Latif, U., Ali, K., Rehman, J. and Rehman, S. 2012. Yield and yield contributing traits of wheat cultivars in relation with planting dates and nitrogen fertilization. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 7(6): 386-395.
- Hajlaoui H., Denden M. et Bouslama M. 2007. Etude de la variabilité intra spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. Tropicultura 25(3) : 168-173.
- Hamadache, A. (2013). Eléments de phytotechnie générale : Grandes CultureTom I : Le blé. 1èreédition. Mohamed Amrani. 49-69.

Hamadache A., 2013. Grande cultures : principaux itinéraires techniques des principales espèces de grandes cultures pluviales cultivées en Algérie et en Afrique du nord (agriculture conventionnelle), le blé, Tome 1, 1er édition : 256p.

Hamla, C. (2016) Caractérisation des gènes de tolérance à la sécheresse chez le blé dur : étude du rôle des déhydrines et des aquaporines. Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri, Constantine, 181 p.

Hazmoune T., 2000 “Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie . Perspectives,” In : Royo C. (ed.), Nachit M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges . Zaragoza : CIHEAM (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40), vol. 294, pp. 291–294,.

Hazmoune T., 2006 : Le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Role du coléoptile dans la levée et conséquence sur les composantes du rendement. Thèse docteur d'état, Université constantine ; 168 P.

Hopkins W.,2003 : Les relation hydriques dans la plante entière. In : physiologie végétale. Ed . de book et Larcier, Bruxelles. 44-58 P.

Hsiao T.C., Acevedo E.,1974 : Plant responses to water deficit. Efficiency and drought resistance. Edit. Agric. Metropol. Vol.14,pp 59-84.

Hsissou D. 1994. Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.

Hurd EA. ,1974 : Growth of roots of seven varieties spring wheat at hight and low moisture levels. Edit. Agro. J, Vol.60,pp 201-205.

Ingram J., Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Ann. Rev. Plant Physio. Plant Mol. Biol. 47 : 377-403.

INRA. (2000). La résistance des plantes à la sécheresse. Centre de Montpellier.

INRA, 2006. Sécheresse et agriculture : réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque.

Izanloo, A., Condon, A. G., Langridge1, P., Tester, M. and Schnurbusch, T. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. Journal of Experimental Botany, 59(12): 3327–3346. DOI:10.1093/jxb/ern199

Jalaluddin, D., Khan, S. U. and Ali, I. 2009. Physiological assessment of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under moisture stress conditions. BIOLOGIA (PAKISTAN), 55(1-2): 1-9 Stapper et Harris (1989)

Jamieson, P.D, & C.G. Cloughley, 2000: Impacts of Climate Change on Wheat Production. pp. 57-64.

Jones, H.G., Flowers, T.J., Jones, M.B. 1989. Plants Under Stress. Univ. Cambridge.

Jonard .P, 1964 : étude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Annal de l'amélioration des plantes, pp101-130.

Kalarasse A,(2018). Effet des altérations de la semence sur le développement de la culture et la qualité du rendement chez le blé. Thèse de mastère. Univ Guelma.

- Kara K. (2015). Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique. Thèse de doctorat, Univ Constantine, 222P.
- Kara Y., Bellkhiri., CH. (2011). Etude des caractères d'adaptation au déficit hydrique de quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées : Intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration de la production, 11 :119-126.
- Kramer, P.J. & Boyer, J.S., 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, California.
- Lavergne, J. and Briantais, J.M., 1996. Photo system-II heterogeneity. In: Ort DR and Yocum CF (eds). Oxygenic photosynthesis: The light reactions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 265-287.
- Karamanos, A. J., Economou, G., Papastavrou, A. and Travlos, I. S. 2012. Screening of Greek wheat landraces for their yield responses under arid conditions. *International Journal of Plant Production*, 6 (2): 225–238.
- Morgan et Condon (1986)
- Kobata, T., Palta, J. A. and Turner, N.C. 1992. Rate of development of postanthesis water deficit and grain filling of spring wheat. *Crop Sci.*, 32: 1238-1242.
- Labdelli, A. Adda, and S. Soualem, 2013 :“Étude des caractères morphologiques et anatomiques des racines séminales du blé dur ( *Triticum durum* Desf .) soumis au déficit hydrique en milieu hydroponique,” *Revue Ecologie-Environnement* no. 9,
- Larcher, W. (1995). Plant under stress. In, *Physiological Plant Ecology*. 3<sup>ème</sup> ed. Springer, 321-448.
- Larcher W., 2003. *Physiological Plant Ecology*, 4th Edn. Berlin. Heidelberg. Springer Verlag, 433 p.
- Lang, A., (1965). Effects of some internal and external conditions on seed germination. In *Differenzierung und Entwicklung/Differentiation and development* (P 2495-2540). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lee, R.D., B. Padgett, R. Hudson, & G. MacDonald, 1996: *Intensive Wheat Management in Georgia*, 1135: 77-89.
- Léon E., 2006. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, 4p.
- Levitt, J. 1980. Stress terminology. In: Turner, N.C. and Kramer, P. J. (eds). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. New York: Wiley, 473–439.
- Maachi L., 2005. Etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : Evaluation de l'efficacité de l'irrigation et de la fertilisation azotée, Thèse, Ing, agro, Sah. ITAS, Ouargla, 91p.
- Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. et JanardhanReddy K. 2006. Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer: 1-14 p.
- Maciejewski Jean, (1991) : semences et plants, p : 35, 37, 58.
- Martin prevel p., 1984: L'analyse végétatif dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérés et tropicales.

Masale M.J., 1980. L'élaboration du nombre d'épi chez le blé d'hiver. Influences de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse doctorat. ING. INA, Paris Grignon, 274 p

Mathieu M.,2017 : In Agribio 04 ; conseiller grandes cultures bio.

Maume L. et DULAC J. ; 1936 : Echantillonnage rationnel de la plante en vue des analyses chimiques comparatives C.R.A cd ,A.C.D agric France

McKee, T., Doesken, N., Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eight Conference on Applied Climatology, Anaheim (California), 17–22 January.

McKevith, B. 2004. Nutritional aspects of cereals. Nutrition Bulletin, 29: 111- 142.

Mckey J. (1968). Species relations in Triticum. Proc.2nd International Wheat Genetic symposium. Hereditas2, 237-276.

Mefiti M., A. Abdelguerfi, and A. Chebouti, “Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* ( L .) Gaertn .,” vol. 176, pp. 173–176, 2001.

Mekhlouf, H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Hadj Sahraoui, And N. Harkati, “Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride,” Sécheresse (Montrouge), vol. 17, no. 4, pp. 507–513, 2006.

Mekliche H.L., 1983- Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tender cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El- Harrach, 150 p.

Mekliche L et al, 2006: l'obtention variétale en Algérie, cas des céréales à paille.

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.

Merouche, A., Debaeke, P., Messahel, M. and Kelkouli, M. 2014. Response of durum wheat varieties to water in semiarid Algeria. African journal of agricultural research, 9(38): 2879-2892. DOI: 10.5897/AJAR2013.7318.

Messaoudi Noura, 2021, Etude des mécanismes de tolérance aux stress abiotiques chez quelques variétés de blé (*Triticum* sp.). Thèse de DOCTORAT 3ème Cycle (LMD) FILIERE : Sciences Biologiques SPECIALITE : Biodiversité et ressources naturelles.Uni Mohamed Boudiaf, M'sila.

Mishra, S. P. and Mohapatra, P. K. 1987. Soluble carbohydrates and floret fertility in wheat in relation to population density stress. Annals of Bot., 60: 269-277.

Monneveux P., 1991 : Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique chez les céréales d'hiver ? In L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides (Chalbi N., and Demarly Y. eds.) Apulfuref,Edit.John libbey Eurotext Montrouge pp 165-186.

Monneveux P. and This D., 1996 : La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. Sécheresse ; 8 :29-37.

Monneveux Ph., et This D., 1997 : la génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse. Espoir et difficultés. Synthèse sécheresse. INRA. Paris.29- 36.

- Monneveux, P., Rekika, D., Acevedo, E. and Merah, O. 2006. Effect of drought on leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, transpiration efficiency and productivity in field grown durum wheat genotypes. *Plant Science*, 170(4): 867–872.
- Mortet, A., (2019). Etude du rôle de quelques plantes graminées et légumineuses dans la phytoremédiation des sols pollués par les hydrocarbures (Doctoral dissertation, Université Abdelhamid Ben Badis Mostaganem. P 59-121.
- Morizet J. (1984). Essai d'amélioration de la résistance à la sécheresse du tournesol (*Helianthus annuus*) par croisements interspécifiques avec une espèce sauvage (*Helianthus argophyllus*). *Agronomie*, vol 4, n°6.
- Moud A. M. & Maghsoudi K. (2008). Application of coleoptile growth response method to differentiate osmoregulation capability of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Research Journal of Agronomy* 2(2), 36- 43.
- Nelson, J. H. 1985. Wheat: its processing and utilization. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41: 1070–1076.
- Nemmar M., 1980 : Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticumaestivum*L.) : Étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique .Thèse D.A.A. ENSA. Montpellier. 65p.
- Nesbitt, M., Samuel, D. (1995). from staple crop to extinction? The archeology and history of the hulled wheats. In *Hulled Wheats. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats*, 1st ed., S. Padulosi, K. Hammer, and J. Heller, eds (Rome: International Plant Genetic Resources Institute), pp. 40–99.
- Nezhadahmadi, A., Prodhon, Z. H. and Faruq, G. 2013. Drought tolerance in wheat. *Scientific World Journal.*, 2013:1-12.
- Oudjani W. (2009). Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse de Magister. Université Mentouri. Constantine.
- Ondo EO, (2014). Caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain. Thèse de doctorat. Université de Bourgogne. 157p.
- Passioura JB., 1988 : The role of root system characteristics in the drought resistance of crop plants. In international rice reseach institute. *Drought resistance in crop, with emphis on rice* Vol.37, pp449-57.
- Passioura, 2004 mentionne qu'elle est la résultante de nombreuses modifications phénologiques, morphologiques et biochimique, reflétant différents types d'adaptation (esquivage, évitement et tolérance).
- Pfeiffer, W.H., Sayer, K.D., Reynolds., M.P. (200). Enhancing genetic grain yield potentiel and yield stability in durum wheat. *Options méditerranéennes*.40: 83-93.
- Ramanjulu S, et Bartels D., 2002. Drought and dessication induced modulation of gene expression plant cell.25:141-151.
- Reyes-Gómez, V.M., López, D.N., Robles, C.A.M, Pineda, J.A.R, Gadsden, H., Ortíz, M.L., Hinojosa de la Garza, O.R., 2006. Caractérisation de la sécheresse hydrologique dans le bassin versant du Río Conchos (État de Chihuahua, Mexique). *Sécheresse*. 17(4) : 475-84.

- Rhoné, B. 2008. Etude des mécanismes génétiques impliqués dans l'adaptation climatique de populations expérimentale de blé tendre. Thèse de doctorat, Paris Agro Tech. 242 p.
- Riou, C., 1993. L'eau et la production végétale. Revue. Sécheresse. 2, 75- 83.
- Sayar R., Bchini H., Mosbahi M. & Khemira H., 2010. Response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) growth to salt and drought stresses Czech J. Genet. Plant Breed, 46(2) : 54-63.
- Sayre K.D, Acevedo E., Austin R.B., 1995. Carbon isotope discrimination and grain yield for three bread wheat germplasm groups grown at different levels of water stress. Field Crops Research 41, 45-54.
- Shao H. B., Chu L. Y., Cheruth A. J., Zhao C. X. 2008. Water-déficit stress-induced anatomical changes in higher plants. C. R. Biologies 331 :2015-225.
- Sheoran, I. S. and Saini, H. S. 1996. Drought-induced male sterility in rice: Changes in carbohydrate levels and enzyme activities associated with the inhibition of starch accumulation in pollen. Sexual Plant Reprod., 9(3): 161– 169.
- Shpiler L and Blum A., 1986. Differential reaction of wheat cultivars to hot environments. Euphytica, 35: 483-492.
- Slama A .2002. Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de Tunis.
- Slama A , Ben Salem M ,Zid E, 2005 . Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Science et changements planétaires/Sécheresse, 16(3) :225-229.
- Si Bennasseur Alaoui ,2004 : référentiel pour la conduite technique de la culture du blé tendre (*Triticum aestivum*)
- Simane B., Peacock J.M., Struik P.C. (1993). Differences in developmental plasticity and growth rate among droughtresistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum). Plant soil, 157: 155–166.
- Simmonds N. W. (1991). Selection for local adaptation in a plant breeding program, Theor. Appl. Genet., 82, (1991), 363 – 367.
- Soltner D., 1998 : Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et techniques Agricoles
- Soltner D., 1999. Les grandes productions végétales, 19 éditions, sciences et techniques agricoles : 464p.
- Soltner D., 2005. Les grandes productions végétales : Phytotechnie spéciales. 20 Ed. Collection sciences et techniques agricoles, Paris, 472 p.
- Son, D. (2010). Effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum*) . Diplôme d'étude approfondies (DEA). Burkina Faso.
- Spagnoletti-Zeuli, T.L. and Qualset, P.O. 1990. Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. Plant Breeding, 105: 189 - 202.
- Steduto P.C. ; Hsiot T. ; Fereres E et Raes D. ,2012 : Crop yield response to water ,FAO Irrigation and drainage ,Paper 66 ;98.

- Tardieu F., Zivy M. 2006. Amélioration génétique de la tolérance des cultures à la sécheresse. In : Sécheresse et agriculture réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Ed. Expertise scientifique collective, INRA, Paris, 242- 257.
- Turner NC. 1986. Adaptation to water deficit: a changing perspective. *Aust J Plant Physiol* 13: 175-
- Triboi E., Planchon J., Magne J., 1985. Déterminisme du poids moyen du grain chez le blé. Effet sur la variation du rendement. *CR Acad. Agri de France* 71 : 871- 886.
- Tsimilli-Michael, M.M., Pêcheux, R.J., Strasser. 1998. Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics O-J-I-P. *Archs. Sci. Genève*. 51: 205-240.
- Villegas D., Aparicio N., Blanco R. et Royo C., 2001. Biomass accumulation and Main Stem Elongation of Durum Wheat Grown under Mediterranean Conditions. *Annals of Botany*, 88: 617-627.
- Wall A.M., Ripley R., Gale M.D. (1971). The position of a locus on chromosome 5B of *Triticum aestivum* affecting homoeologous meiotic pairing . *Genet Res*, 18: 329-339.
- Wang, W., Vinocur, B., Altma, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* (2003) 218: 1–14
- Waraich, E. A., Ahmed, R., Ali, A. and Ullah, S., 2007. Irrigation and nitrogen effects on grain development and yield in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Bot.*, 39(5): 1663-1672.
- Wardlaw I.F., 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment, *Annals of Botany*, 90: 469-476.
- Wolfe D.W., sardes V.O., Villabos J. et Ferreres E., 1992 : photosynthesis recovery from drought in relation to stress effects on leaf osmotic potential and nitrogen content. In : *Proceeding of the International sunflowers*. Pica, Italy, 1 :658-663.ea
- Yokota A., Takhara K., Akashi K., 2006. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer: 15-39.
- Yokota A., Takahara K., Akashi, K. (2006). Water stress. In *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer, Dordrecht. pp. 15-39.
- Zair M. (1991) : Contribution a l'étude de l'influence du déficit hydrique sur le développement du blé en zone semi arides. *Revue céréaliculture* n 24, pp 9-12.
- Zerrad, W., Maataoui, B. S., Hilali, S., , L., DE MOHAMMEDIA, T. and DE SETTAT, T. 2008. Comparative Study of Biochemical Stress Resistance Mechanisms [in French: Etude Comparative des Mécanismes Biochimiques De Resistance au Stress]. *Lebanese Science Journal*, 9(2): 27–36.
- Zhang, H., Oweis, T., Garabet, S. and Pala, M. 1998. Water use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rainfed and irrigation conditions in a Mediterranean environment. *Plant Soil*, 201: 295–305.
- Zaghouane O., Boufnar F., 2006. Guide des principales variétés des céréales, 1ère édition ITGC.

***ANNEXE***

**Tableau n° .Variation du taux de germination, des différentes variétés en fonction du temps et niveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)**

Nbr jours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arz	47	99	100	100	100	100	100	100	100	100
Ain Abid	58	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Anafo	66	99	100	100	100	100	100	100	100	100
Anforeta	61	99	100	100	100	100	100	100	100	100
Palésio	90	98	100	100	100	100	100	100	100	100

variété	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arz	43	96	99	99	99	99	99	99	99	99
Ain Abid	51	99	100	100	100	100	100	100	100	100
Anafo	61	99	100	100	100	100	100	100	100	100
Anforeta	69	98	100	100	100	100	100	100	100	100
Palésio	54	99	99	99	99	99	99	99	99	99

variété	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arz	25	95	98	98	98	98	98	98	98	98
Ain Abid	24	97	100	100	100	100	100	100	100	100
Anafo	54	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Anforeta	32	96	98	98	98	98	98	98	98	98
Palésio	54	98	99	99	99	99	99	99	99	99

**Tableau. Nombre de racines formées par les géotypes en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)**

Variété	T1 ( 100% CR)	T2 ( 70% CR)	T3 (40% CR)
Arz	5	5	4
Ain Abid	6	5	5
Anafo	5	5	5
Anforeta	5	5	4
Palésio	5	5	5

**Tableau n°** : Longueur moyenne de l'épi à la maturité chez cinq géotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

variété	T1 ( 100% CR)	T2 ( 70% CR)	T3 (40% CR)
Arz	11	8,7	5
Ain Abid	12,3	9,6	7
Anafo	10,2	8,3	6,7
Anforeta	13,5	11	8,5
Palésio	11,4	10,8	9,9

**Tableau n°** : Variation de la longueur moyenne de feuille étandard (cm) chez cinq géotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

variété	T1 ( 100% CR)	T2 ( 70% CR)	T3 (40% CR)
Arz	25,2	21,3	17,4
Ain Abid	23,7	20,6	15,8
Anafo	24	20,43	16,12
Anforeta	24,3	19,08	15,27
Palésio	22	21,3	19,9

**Tableau n°** : Hauteur moyenne de la paille à maturité (cm) chez six géotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

variété	T1 ( 100% CR)	T2 ( 70% CR)	T3 (40% CR)
Arz	51,3	42,6	24,71
Ain Abid	53,2	40,3	27,2
Anafo	54,6	37,6	25,3
Anforeta	58	39,7	29,8
Palésio	57	38,8	26,3

**Tableau n°** : Variation de la moyenne de biomasse aérienne (g) chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Variété	T1 ( 100% CR)	T2 ( 70% CR)	T3 (40% CR)
Arz	1,98	1,87	1,05
Ain Abid	1,76	1,44	1,24
Anafo	1,95	1,58	1,36
Anforeta	2,22	1,56	1,26
Palésio	1,7	1,67	1,48

Tableau n° : Variation de la moyenne de la hauteur de la plantule(cm) chez cinq variétés de blé tendre en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

variété	T1 ( 100% CR)	T2 ( 70% CR)	T3 (40% CR)
Arz	39,7	34,25	33
Ain Abid	38,75	36	32,25
Anafo	37,3	35	31
Anforeta	39	36,25	33
Palésio	36	34,25	32

Tableau n° : Longueur moyenne de longueur du col de l'épi à la maturité (cm) chez cinq géotypes de blé tendre soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Variété	T1 ( 100% CR)	T2 ( 70% CR)	T3 (40% CR)
Arz	10,9	9,8	8
Ain Abid	13,5	11	10
Anafo	14,5	10	8,7
Anforeta	11,9	9,2	7,4
Palésio	11,5	9,5	7,5