



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE

ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

Université Djillali Bounaama de Khemis-Miliana

Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre

Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de **Master**

Spécialité : **Bioclimatologie**

**Thème :**

**Etude de la variabilité morpho-physiologique  
du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans les  
conditions climatique du Haut Chélif**

**Présenté par :**

- SADOUKI MOULOU
- BOUTOUCHENT YASSINE

**Devant le jury :**

President : **Mr Badache.**

Université de khemis maliana

Examinatrice : **Mme. Nabti.**

Université de khemis maliana

Promoteur : **Mr. Arous A.**

Université de khemis maliana

Année universitaire 2017/ 2018

# REMERCIEMENT

*Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui , pour nos avoir donnée la force, la santé, la patience, les moyens et l'aide afin que nous puissions accomplir ce modeste travail.  
"El Hamd Wa Chokr Li ALLAH"*

*Nulle œuvre n'est exaltante que celle réalisée avec le soutien moral et financier des personnes qui nous sont proches. Nous tenons à exprimer nos plus profonde reconnaissance à :*

*Les parents,*

*Les professeurs (Mr Badache, Mme Nabti et Mr Arous), les Amis et Tous mes compagnons de promotion,*

*Nos profondes gratitude et nos remerciements à notre promoteur Mr. AROUS Alli qui a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail et nos remercie les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.*

*Trouvez ici l'expression de nos profondes gratitude et reconnaissance.*

# DEDICACES

© *Nous dédie ce modeste travail :*

*À nos parents pour leur amour et leur encouragement qu'ils trouvent le témoignage de notre profonde affection et gratitude.*

*À toutes les familles, Saïdouki et Boutouchent*

*À notre promoteur Mr. AROUS Alli,*

*À Notre compagnons de promotion,*

*À tous nos amis,*

## ملخص:

في الجزائر نقص المياه هو الإجهاد اللاحيوي الرئيسي الذي يحد بشكل كبير من إنتاجية القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.). تعتبر مرحلة الانتاش واحدة من أكثر المراحل حساسية للتأثيرات الناجمة عن هذا التوتر. يتناول العمل المعروض تأثيرات عجز الماء على بعض المعايير المورفولوجيا والكيميائية الحيوية. والهدف من ذلك هو تقييم التباين بين النبتة ومحيطها المعاشي واختيار أنواع مقاومة مناخية في منطقة شلف العليا.

النتائج على المعلومات الفيزيولوجية، وأظهرت مورفو الفسيولوجية ما يلي: المورثات محمد بن بشير الواحة ولها عدد من السنييلات في السنبل، عدد الحبوب في السنبل ووزن الألف نواة (ppm) عالية. وبالتالي فإن هذه الأصناف هي الأكثر نجاحًا. في حين أن الأنماط الجينية الأخرى Langlois ، Mexicali75 و Vitron هي أقل إثارة للاهتمام. تشير المعلومة الفسيولوجية على السكريات القابلة للذوبان إلى أن النمط الوراثي Langlois هو الأكثر حساسية بين المجموعة التي تم اختبارها.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)، حساس، مقاوم، شلف العليا، إجهاد مائي،

المورفو فسيولوجية.

## Résumé

Le déficit hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie. La phase de remplissage du grain constitue l'une des étapes les plus sensibles aux effets engendrés par ce stress. Le travail présenté traite les impacts du déficit hydrique sur quelques paramètres morphologiques et biochimiques. Le but recherché est d'évaluer la variabilité inter et intra-variétés et de sélectionner les variétés résistantes aux conditions climatiques de la région du haut Cheliff.

Les résultats obtenus sur les paramètres phénologiques, morpho-physiologiques ont montré que : les géotypes Mohammed ben bachir et Waha ont un nombre d'épillets par épi, un nombre des grains par épi et un poids de mille grains (PMG) élevés. Ces variétés sont donc les plus performantes. Tandis que les autres géotypes Langlois, Mexicali75 et Vitron sont moins intéressantes.

Le paramètre physiologique sur les sucres soluble montre que le géotype Langlois est le plus sensible parmi la collection testée.

**Mots clés :** blé dur (*Triticum durum* Desf), sensible, résistantes, Haut Cheliff, stress hydrique, Morpho-physiologiques.

## **Abstract**

The water deficit is the main abiotic stress limiting considerably the productivity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) In Algeria. The grain filling phase is one of the most sensitive stages to the effects caused by this stress. The work presented deals with the impacts of water deficit on some morphological and biochemical parameters. The aim is to evaluate inter and intra-variability and to select climatically resistant varieties in the Upper Cheliff region.

The results obtained on the phenological and morphophysiological parameters showed that: the genotypes Mohammed ben bachir and Waha have a number of spikelets per spike, a number of grains per spike and a weight of thousand grains. These varieties are therefore the most successful. While the other genotypes Langlois, Mexicali75 and Vitron are less interesting.

The physiological parameter on soluble sugars shows that the Langlois genotype is the most sensitive among the tested collection.

**Key words:** durum wheat (*Triticum durum* Desf), susceptible, resistant, High Cheliff, water stress, Morpho-physiological..

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Production des céréales en Algérie au cours de la période 2000-2010 (Madr).....	6
<b>Figure 2</b> : Carte géographique montre l'origine de blé du moyen orient.....	7
<b>Figure 3</b> : Origine et diffusion de <i>Triticum turgidum</i> (Bonjean, 2001).....	7
<b>Figure 4</b> : Diagramme d'une graminée typique du blé dur.....	10
<b>Figure 5</b> : Coupe longitudinale d'un grain de blé.....	11
<b>Figure 6</b> : Plantes et graines de blé dur.....	12
<b>Figure 7</b> : Représentation schématique des types de sécheresse et leur place dans le cycle de développement des céréales.....	13
<b>Figure 8</b> : Différents stades de développement du blé. Source net.....	21
<b>Figure 9</b> : Image satellitaire de la zone de Bir Oueld Khelifa.....	27
<b>Figure 10</b> : Dispositif expérimentale.....	27
<b>Figure 11</b> : Moyennes mensuelles de la pluie et de la température de la campagne 2017/2018 Source : ITGC 2018.....	30
<b>Figure 12</b> : l'évolution de la hauteur de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adopté.....	34
<b>Figure 13</b> : l'évolution de longueur du dernier entre nœud de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.....	35
<b>Figure 14</b> : l'évolution de longueurs du col de l'épi de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.....	36
<b>Figure 15</b> : l'évolution de longueur des épis de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.....	38
<b>Figure 16</b> : l'évolution des nombres d'épillets par épi de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.....	39
<b>Figure 17</b> : l'évolution de nombre de grain par épi de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.....	39

- Figure 18** : l'évolution du diamètre de la gaine pour la plante chez les cinq géotypes étudiés en fonction des deux régimes hydriques adoptés.....41
- Figure 19** : l'évolution du diamètre de la gaine pour la plante chez les cinq géotypes étudiés en fonction des deux régimes hydriques adoptés.....42
- Figure 20** : Variations de la teneur en sucres solubles des géotypes expérimentés sous les deux situations hydriques appliqués.....43

---

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : évolution de la production et des superficies emblavées au cours de la dernière décennie. (ITGC 2009).....	4
<b>Tableau 2</b> : Superficies emblavées et récoltées pour le blé dur et le blé tendre (U : Ha).....	5
<b>Tableau 3</b> : Caractéristiques des variétés et nombre d'individus par variété.....	26
<b>Tableau 4</b> : La moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année 2017/2018 Source : ITGC 2018.....	30
<b>Tableau 5</b> : Analyse de la variance des paramètres morphologiques de la tige.....	31
<b>Tableau 6</b> : Analyse de la variance des paramètres morphologiques de la dernière feuille et la graine.....	37
<b>Tableau 7</b> : Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles des cinq génotypes testés.....	43

## ABREVIATIONS

**AOS** : Aérosols Organiques Secondaires

**°C** : degré Celsius

**CEI** : communauté des états indépendants

**CIC** : Conseil internationales des céréales

**ETM** : Evapotranspiration Maximale

**Ha** : Hectare

**HT** : Hauteur de la Tige

**HP** : La Hauteur de la Plante

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures

**J.C** : Jésus Christ

**LC** : Longueur du Col

**LE** : La Longueur de l'Epi

**Mt** : millions de tonnes

**NE/E** : Le Nombre d'Epillets par Epi

**NPK** : Nitrogenium (Azote), Phosphore, Kalium (potassium)

**NG/E** : Le Nombre de Grains par Epi

**PMG** : Poids de Milles Grains

## SOMMAIRE

- Remercîment	
- Dédicaces	
- Résumer	
- Liste des abréviations	
- Liste des tableaux	
- Lise des figures	
- Introduction.....	1

### CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

- I. Emplacement économique de blé.....	3
I.1. Le blé dur dans le monde.....	3
I.2. Le blé dur en Algérie.....	3
I.2.1. Production et superficie.....	3
II. Etude de la plante.....	6
II.1. Historique et origine.....	6
II.2. Classification.....	9
II.3. Caractère morphologique et physiologique du blé.....	10
III. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes.....	12
III.1. L'eau dans la plante .....	12
III.2. Notion de sécheresse.....	13
III.3. Types de sècheresse sur la culture de blé dur.....	13
III.4. Impact de la sécheresse sur la production.....	14
III.5. Blé dur et stress.....	14
III.6. Types de stress.....	15
IV. La culture du blé dur.....	17
IV.1. La période végétative.....	18
IV.2. La période reproductrice.....	19
a- Une phase montaison – gonflement.....	19
b- Une phase épiaison – floraison.....	19

IV.3. La période de formation et de maturation du grain.....	20
V. Les exigences du blé.....	22
V.1. Exigences pédoclimatiques.....	22
V.2. Les exigences culturales.....	23
VI. Les composantes de rendements.....	24
VI.1. Le nombre de grains/épi.....	24
VI.2. Le poids de milles grains.....	25

## **CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES**

I. Objectif.....	26
II.1 Matériel végétal.....	26
II.2 Site d'expérimentation.....	26
II.2.1. Localisation du site expérimentale du Bir Oueld Khlifa.....	26
II.2.2. Mise en place de l'essai.....	27
III. Conduite de la culture du blé dur.....	28
III.1 Préparation des semis.....	28
III.2 Fertilisation.....	28
III.3 Désherbage.....	28
III.4 Irrigation.....	28
IV. Les caractéristiques physico-chimiques du sol.....	28
IV.1 Analyse physique du sol.....	28
IV.2 Analyse chimique du sol.....	29
V. Caractéristiques climatiques.....	31
V.1 Le climat.....	31
V.2 Températures.....	31
V.3 Précipitations.....	31
VI. Paramètres mesurés.....	31
VI.1 Paramètres morphologiques.....	31
VI.2 Paramètres physiologique.....	32
VI.3 Analyse statistiques des données	

## **CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>I. Caractérisation du matériel végétal.....</b>	<b>33</b>
<b>I.1. Hauteur de la plante</b>	
<b>I.2. Longueur du dernier entre nœud.....</b>	<b>35</b>
<b>I.3. Longueur du col de l'épi.....</b>	<b>36</b>
<b>I.4. Caractères morphologiques de l'épi.....</b>	<b>37</b>
<b>I.5. Nombre d'épillet /épi.....</b>	<b>38</b>
<b>I.6. Nombre de grain /épi.....</b>	<b>39</b>
<b>I.7. Caractéristique de la dernière feuille.....</b>	<b>40</b>
<b>I.8. Diamètre de la gaine</b>	
<b>I.9. Long de la gaine.....</b>	<b>41</b>
<b>I.10. Variations du taux de sucres solubles en fonction de différentes situations hydriques appliquées.....</b>	<b>42</b>
<b>II. Discussions.....</b>	<b>43</b>
<b>III. Conclusion.....</b>	<b>46</b>

# INTRODUCTION

### **Introduction**

La culture des céréales est très ancienne en Afrique du Nord celle de blé l'est particulièrement en Algérie. La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grain dont 95% sont produits par les cultures céréalières. Ces cultures céréalières sont la base des programmes de recherches agricoles et d'amélioration génétique.

La production des céréales est devenue une question préoccupante pour l'Algérie, dont les besoins, d'une population en pleine croissance, sont estimés à plus 111 million de quintaux vers 2020 (**Hervieu et al, 2006**). Produire plus suppose que le milieu s'y prête et que la technologie suit. Ceci n'est pas toujours le cas de l'Algérie où les grandes zones productrices de céréales se caractérisent par un climat variable et des sols dont la fertilité est décroissante suite à des décennies d'une exploitation minière (**Lahmar et Ruellan, 2007**).

Le blé dur constitue la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéines, il fournit également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. Le blé dur prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge avec une production de plus de 30 millions de tonnes (**Amokrane, 2001**).

L'utilisation de variétés locales bien adaptées aux conditions les plus difficiles, mais possédant un faible potentiel de rendement reste dominante dans la mesure où l'adoption des nouvelles obtentions reste conditionnée par la stabilité de la production d'une année à l'autre. Les contraintes abiotiques souvent mises en cause dans notre pays sont la sécheresse, les hautes températures terminales et le gel.

La sélection variétale est pratiquée jusqu'à ces dernières années sur la base des programmes d'amélioration qui nous a permis de sélectionner des milliers de variétés, cette sélection a été faite pour répondre à la grande diversité agro-écologique d'une part et aux besoins spécifiques des agriculteurs d'autre part ; ainsi de mettre à la disposition des agriculteurs des variétés performantes et adaptés aux conditions du milieu.

Afin de préserver, restaurer et valoriser la diversité du matériel végétal disponible, il faut identifier ses potentialités génétiques qui sont caractérisées par les paramètres phénotypiques, morphologiques et physiologiques avant d'envisager les manipulations génétiques nécessaires.

Pour d'atténuer cette dépendance alimentaire, un développement plus intense s'est effectué en matière d'introduction de nouvelles variétés dont l'objectif est de rechercher les mieux adaptés à notre climat, les plus résistantes aux maladies, et avec de bonne qualité technologique, dans le but d'homologuer ces nouvelles variétés.

L'objectif de notre étude porte sur la diversité spécifique par l'étude des caractères morphophénologiques et physiologiques de quelques géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en conditions pluviales et irrigué.

Il s'agit d'évaluer l'effet du stress hydrique sur les caractères de production et d'adaptation à travers les cinq variétés de blé dur cultivées en Algérie. Ceux-ci nous permettent d'estimer, dans une certaine mesure, les différences pouvant exister entre les cinq variétés et à partir de ces résultats obtenus, nous avons tenté d'établir d'éventuels liens entre ces différents aspects grâce aux analyses statistiques multi-variées.

# **CHAPITRE I**

## **REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I. Emplacement économique de blé**

### **I.1. Le blé dur dans le monde**

Le blé dur est relativement peu produit dans le monde. La production mondiale de blé dur ne constitue en moyenne que quelques 5% de la production totale mondiale au cours des dix dernières années, 20% de la production de blé dur est essentiellement échangée dans le monde (**Kellou , 2008**).

On estime actuellement, que la superficie mondiale de blé dur est comprise entre 15 et 20 millions d'hectares dont plus de la moitié est concentrée autour du Bassin méditerranéen et dans les pays du Moyen Orient.

La production mondiale de blé dur a atteint 40 millions de tonnes en 2009, en 2010 elle a connu une baisse avec une production de 34,4 Mt, a produit en moyenne au cours des 10 dernières années 26% de la production mondiale. Viennent ensuite l'Amérique du Nord et centrale (24%), le Moyen-Orient (avec en particulier la Turquie et le Syrie) (18%), puis la communauté des états indépendants (CEI) (12%) et l'Afrique du Nord (11%).

En 2010, la consommation mondiale a atteint 36 millions de tonnes (Mt) selon le Conseil internationales des céréales (CIC). La zone méditerranéenne dans son ensemble consomme 62% du blé dur mondial et est la principale zone importatrice de la planète.

### **I.2. Le blé dur en Algérie**

#### **I.2.1. Production et superficie**

Les céréales d'hivers, en partie le blé dur, demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires algériens et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale, de ce fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne (**Boulal ,2007**).

**Tableau 1** : évolution de la production et des superficies emblavées au cours de la dernière décennie. (ITGC 2009).

Année	Superficie emblavée (ha)	Production(q)
2000	1485.830	4.863.340
2001	1.419.040	12.388.650
2002	1.350.740	9.509.670
2003	1.321.580	18.022.930
2004	1.372.495	20.017.000
2005	1.314.949	15.687.090
2006	1.357.987	17.728.000
2007	1.250.000	18.060.000
2008	1.230.601	09.350.000
2009	1.262.842	24.300.000

En Algérie, le blé dur est consommé sous plusieurs formes, essentiellement le couscous, les pâtes alimentaires, le pain et le frik (ITGC 2003). L'importance économique est appréciée à travers trois principaux paramètres : La production, la consommation et les importations (ITGC 1999).

#### **I.2.1.1. La répartition spatiale de la céréaliculture**

On distingue parmi les grandes zones agro-écologiques :

Les plaines littorales et sub-littorales avec un climat sub-humide tempéré par les influences maritimes, ainsi que le nord des hauts plateaux, constituent une zone à hautes potentialités.

Le sud des hauts plateaux marqué par l'altitude, la continentalité et la faiblesse de la pluviométrie.

La zone steppique où la culture des céréales est pratiquée de manière irrégulière, par des systèmes de production dominés par la culture de l'orge et de l'élevage ovin.

#### **I.2.1.2. Particularités de la production**

Le blé dur de qualité supérieure est cultivé dans les régions ayant un climat relativement sec, avec des journées chaudes et des nuits fraîches pendant la saison de croissance.

Un blé dur produit dans des conditions humides a tendance à afficher une teneur en grains vitreux plus faible, ce qui le rend moins apte à la confection de pâtes alimentaires.

Les maladies fongiques sont plus courantes dans les climats humides, notamment la fusariose, qui constitue un important facteur de déclassement et contre laquelle aucune variété de blé dur ne présente de résistance ; c'est la raison pour laquelle la consommation

**Tableau 2 : Superficies emblavées et récoltées pour le blé dur et le blé tendre .U : Ha**  
Source : DRADPA/MADR 2005

	Superficie	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Blé Dur</b>	Emblavée	1 510 940	1 714 720	1 487 960	1 485 830	1 419 040	1 350 740	1 321 580	1 372 495
	Récoltée	590 920	1 707 240	889 090	554 470	1 112 180	813 890	1 265 370	1 307 590
<b>Blé Tendre</b>	Emblavée	734 420	874 210	791 140	860 170	834 760	813 770	812 510	808 750
	Récoltée	234 320	859 910	483 310	232 100	724 230	534 670	782 2300	70 010

traditionnelle du blé dur est née dans les régions chaudes et sèches entourant la méditerranée, comme l'Afrique du nord, le Sud de l'Europe, la Turquie et la Syrie ; Ainsi en Amérique du Nord (INA, 2007/2008).

Le secteur de céréales se situe au premier ordre des priorités économiques et sociales du pays. Il a occupé une place privilégiée dans les différents plans de développement socio-économiques que l'Algérie a élaborés depuis son accès à l'indépendance. Ceci est dû au rôle que jouent les céréales en tant que produits de première nécessité. La céréaliculture Algérienne occupe une superficie de 3.3 millions d'hectares, dont 40-45 % sont réservés au blé dur. Le rendement demeure faible et irrégulier, il ne dépasse pas les 10 q/ha. La production des céréales en Algérie au cours de la période (2000-2010) est donnée par la **figure 1**(MADR 2011).

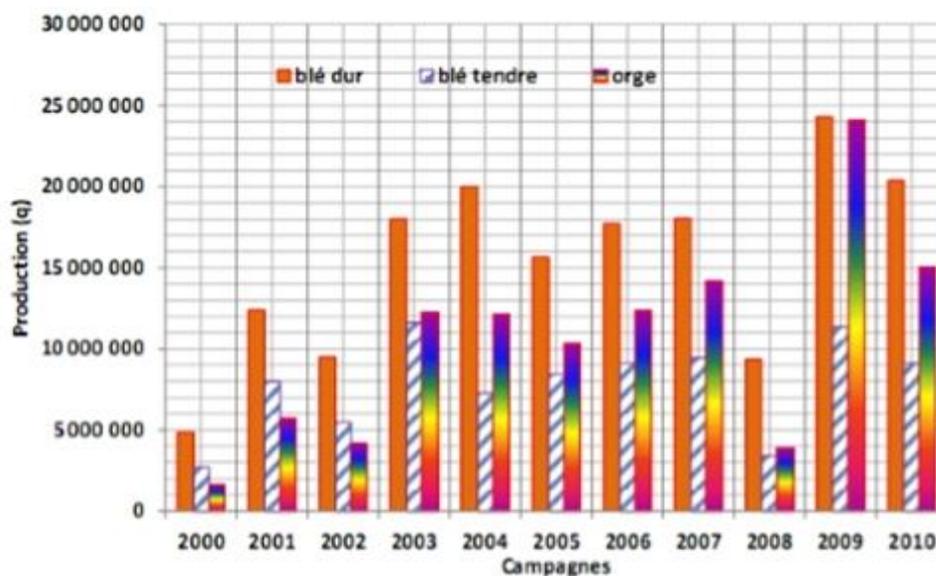


Figure 1 : Production des céréales en Algérie au cours de la période 2000-2010 (Madr).

#### - Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

Si on s'intéresse d'une manière plus précise au blé, on constate qu'il occupe une place très importante dans la structure spatiale de l'activité agricole. Il occupe environ 60% des superficies céréalières emblavées. Actuellement, la superficie moyenne du blé se situe à environ 1 664 345 Ha. Car les variations de la pluviométrie contribuent jusqu'à 50% à la différence des rendements d'une année à l'autre, et où la céréaliculture est difficilement substituable. On remarque que pour certaines années, les superficies récoltées ne représentent que 1/3 des superficies emblavées. On peut expliquer cette situation par les années de sécheresse qui touchent le pays, donc nous pouvons confirmer que la culture du blé en Algérie est fortement tributaire des eaux de pluie (Chehat, 2005. Tableau 2).

## II. Etude de la plante

### II.1. Historique et origine du blé

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1981), des vestiges de blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VII<sup>ème</sup> millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient (Harlan, 1975).

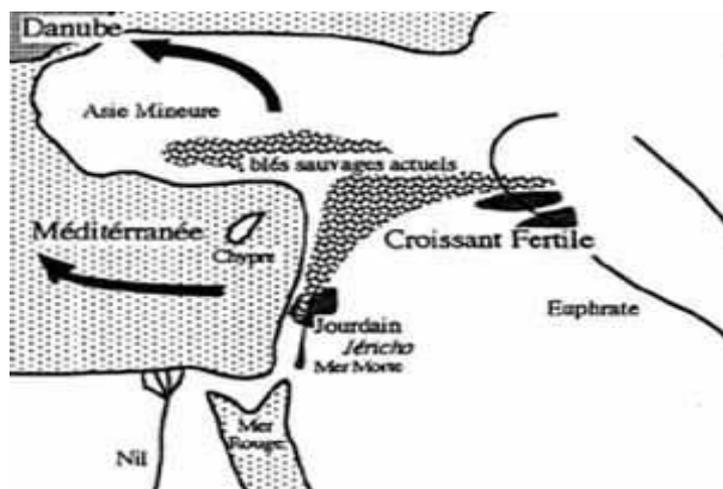


Figure 2 : Carte géographique montre l'origine de blé du moyen orient.

Source : Net

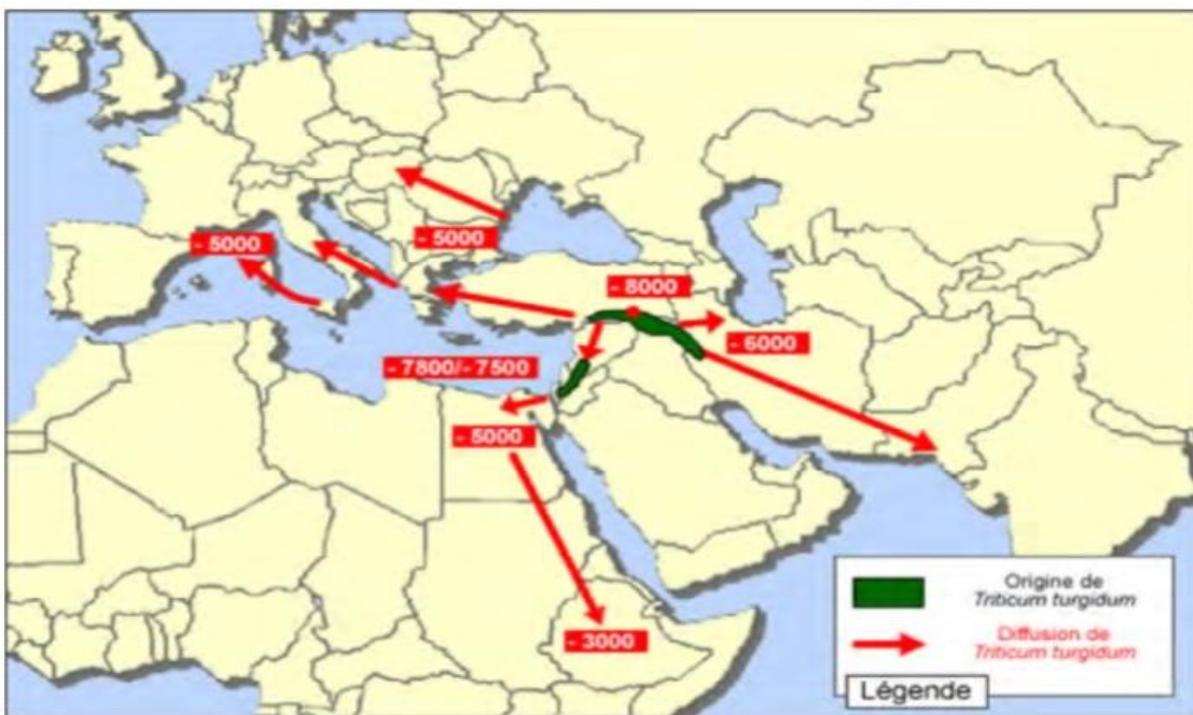


Figure 3 : Origine et diffusion de *Triticum turgidum* (Bonjean, 2001).

Le blé dur espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe des tétraploïdes, du genre (*Triticum*) qui comprend de nombreuses espèces. Le blé (*Triticum*), le riz (*Oriza L.*) et le maïs (*Zea mays L.*) constituent la base alimentaire des populations du

globe et semblent avoir une origine commune : issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles (Yves et De Buyser, 2000).

Selon (Clement, 1971) le blé est une plante herbacée monocotylédone de la famille des graminées, il constitue le genre *Triticum* qui comporte un certain nombre d'espèces sauvages et d'espèces cultivées que l'on peut classer selon leur nombre de chromosomes.

Génétiquement on peut les séparer en diploïde, tétraploïde et hexaploïde. Le nombre de chromosomes de base est de  $n=7$ ,  $n=14$  et  $n=21$  à l'ordre.

\* Groupes des diploïdes  $2n=14$ chrs (AA).

-*Triticum monococcum*

\* Groupe des tétraploïdes  $2n=28$ chrs (AABB).

-*Triticum durum*.

-*Triticum polonicum*.

-*Triticum persicum*.

-*Triticum dicoccoides*.

\* Groupes des hexaploïdes  $2n=42$ chrs (AABBDD).

-*Triticum spelta*

-*Triticum compactum*.

-*Triticum vulgare*.

Les trois groupes du genre *Triticum* auraient trois centres d'origine :

- Le groupe diploïde : ayant comme centre d'origine le foyer Syrien et le nord Palestinien.
- Le groupe des blés tétraploïdes : le centre d'origine est l'Abyssinie.
- Le groupe du blé hexapode : le centre d'origine est le foyer Afghano-Indien.

Les blés rassemblent une vingtaine d'espèces (selon l'ancienne classification) du même genre : *Triticum* (du latin triturer= plante destinée à la mouture). Ils ont été regroupés en trois espèces, selon le nombre paires de chromosomes (le génome de base comporte 7

paires de chromosome). L'espèce, définie comme un groupe à l'intérieur duquel les croisements produisent des descendants fertiles, est une notion toute relative, car des croisements existent entre les différentes espèces de blé.

L'origine génétique du blé dur revient à un premier croisement entre une espèce donneuse du premier génome AA ( $2n=14$ ) *Triticum monococcum*, variété *Aéglupes.sp.* Une deuxième espèce apportant le génome BB ( $2n=14$ ), cette deuxième espèce n'est pas encore identifiée (**Picard E, 1988**).

C'est ainsi que l'hybride interspécifique tétraploïde (*T. Turgidum*) porteur des deux garnitures AA X BB ( $2n=28$ chrs) est apparu, d'une manière analogue, le blé hexaploïdes (*T.aestivum*) de formule A.B.D. ( $2n=42$ ), serait le résultat d'un croisement du *T. Turgidum*, servant de pivot femelle avec un *Aegilops Squarrosa* de génome D, suivit d'un doublement du nombre des chromosomes.

## **II.2. Classification**

Le blé dur appartient au groupe des Spermaphytes et au groupe des Angiospermes, à la classe des Monocotylédones (**Grignac, 1965; Prats, 1966**).

D'après la classification proposée par (**Dahlgren et Clifford 1985**), la classification botanique du blé.

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Cormophyte
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Super ordre : Commeliniflorales
- Ordre : Poales
- Classe : Monocotylédones
- Famille : Graminée
- Genre : Triticum
- Espèce : Triticum Durum Desf

**II.3. Caractère morphologique et physiologique du blé**

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones, à feuilles alternes. La plante mesure en moyenne 1,20 m et est formée d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis.

**II.3.1. L'appareil végétatif**

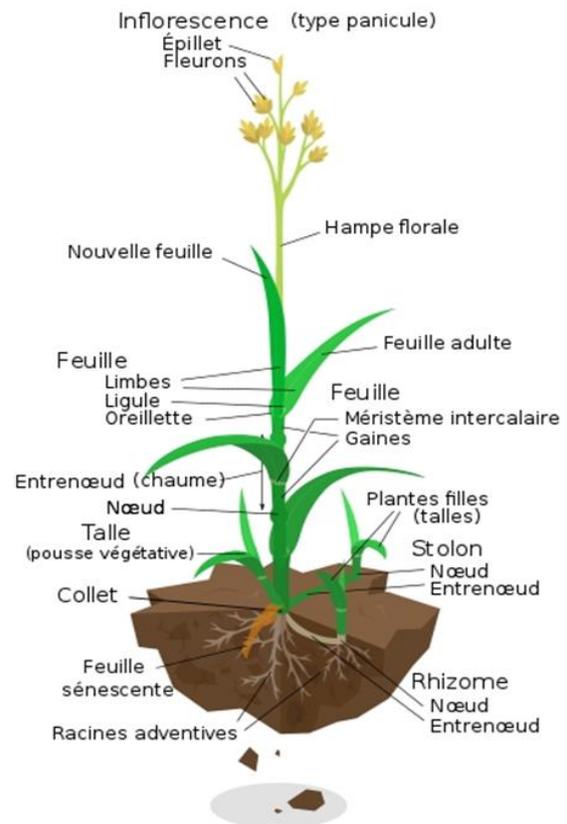
**Les racines** on a deux sortes :

Les racines primaires ou séminales issues de la semence qui se développent au moment de la germination : la radicule qui débouche la 1e ; puis la 1e paire de racines qui va sortir en même temps ; et la 2e paire racinaires. Ces racines qui sont constitués que de tissus primaire vont nourrir la plantule jusqu'au stade tallage.

Un système racinaire fasciculé assez développé, (racines adventifs ou coronaires) ; qui sont produites par le développement de nouvelles talles (Soltner, 1990). Elles peuvent atteindre jusqu'à 1m50.

**Les fleurs** sont nombreuses, petites et peu visibles. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes.

**Les tiges** sont des chaumes, cylindriques, souvent creux. Ils se présentent comme des tubes cannelés. Elles sont interrompues par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille, qui d'abord engaine la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles (figure 3).



**Figure 3:** Diagramme d'une graminée typique du blé dur

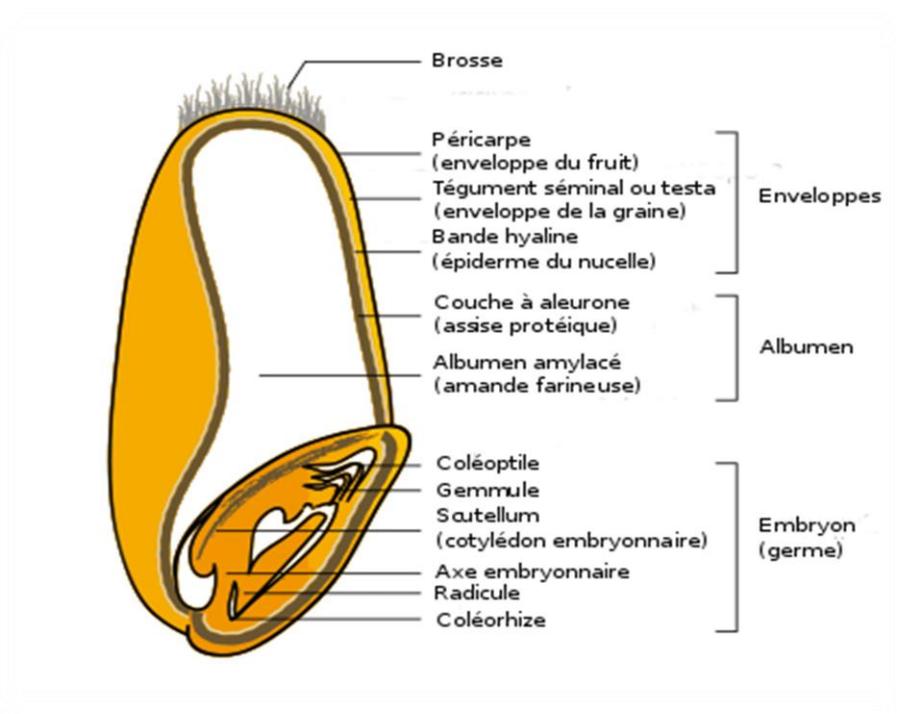
Source : Net

**II.3.2. L'appareil reproducteur**

L'épi de blé est formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre de l'axe. Un épillet regroupe trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et est entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines, un ovaire surmonté de deux styles plumeux. Au cours de la fécondation, les anthères sortent des fleurs. Les grains de pollen sont relâchés, et s'attachent au stigma où peut se produire la fécondation.

Après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé. Le grain est à la fois le fruit et la graine.

**La graine** est entourée d'une matière végétale qui la protège des influences extérieures. L'amande contient 65 à 70 % d'amidon ainsi qu'une substance protéique (le gluten ou colle végétale) dispersée parmi les grains d'amidon. Le germe est la partie essentielle du fruit permettant la reproduction de la plante: il se développe et devient à son tour une jeune plante. (Figure 5)



**Figure 5** : Coupe longitudinale d'un grain de blé.

Source: Net



**Figure 6 :** Plantes et graines de blé dur.

Source : camera de téléphone, mes photos.

### **III. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes**

#### **III.1. L'eau dans la plante :**

Parler de l'eau chez les végétaux est quelque chose de commun. Chacun sait que pour se développer une plante a besoin d'eau et quand celle-ci vient à manquer les conséquences peuvent être graves (**Bernard, 2006**). Elle s'y trouve naturellement à l'état liquide, mais aussi sous forme de vapeur d'eau dans les chambres sous-stomatiques des feuilles (**Laberche, 2004**). La richesse en eau des plantes est variable selon les espèces, les organes et les milieux de vie. En effet, une salade peut contenir 90 à 93 % d'eau, une feuille est composée souvent de 80 à 90 % d'eau et le bois fraîchement coupé peut renfermer 30 à 50 % d'eau (**Leclerc, 1999**). Il faut 1500 litres d'eau pour obtenir 1 Kg de blé, 500 litres d'eau pour 1 Kg de maïs et 4500 litres d'eau pour 1 Kg de riz (**Bernard, 2006**).

Les rôles multiples assurés par l'eau au sein des plantes en font le premier facteur limitant

Leur fonctionnement. Parmi ces rôles, nous pouvons citer (**Laberche, 2004**):

- L'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme.
- Elle est le siège des réactions métaboliques.-elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétal.

- Elle permet la turgescence des cellules et par là même des tissus et des organes.
- Elle véhicule les nutriments minéraux et les produits du métabolisme.

### III.2. Notion de sécheresse

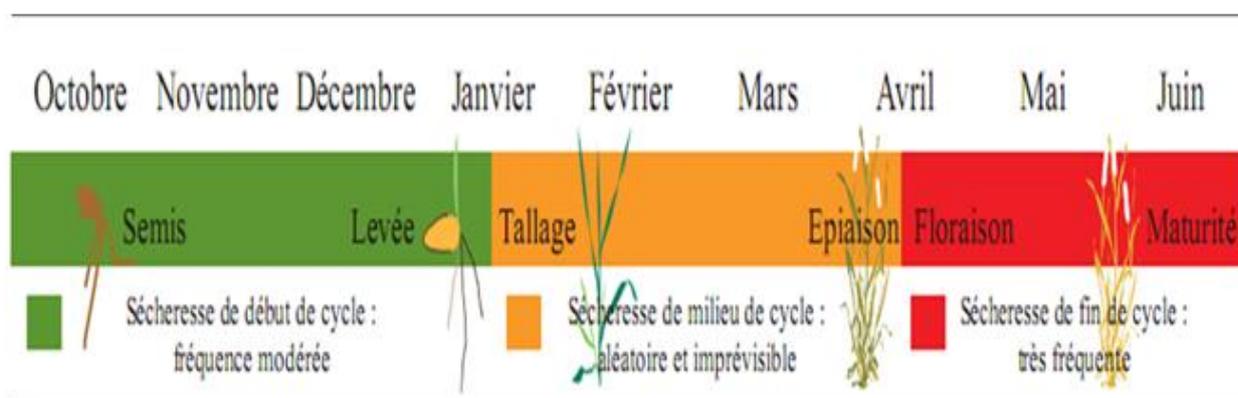
Un terme météorologique défini par la période pluviale est insuffisante, conduit le plus souvent à un déficit hydrique (**Hermez, 1996**).

Toutefois, lorsque ce déficit est systématique, on parle d'aridité. Hors de ces zones désertiques ou arides, la sécheresse est plutôt ressentie comme un épisode, et classée, par les climatologues, dans la catégorie des événements extrêmes. Elle se définira alors par l'intensité de sa déviation par rapport aux valeurs moyennes ou normales de pluviométrie, avec des éléments quantitatifs sur sa durée, sa période d'occurrence et son extension géographique (**Amigues et al, 2006**).

### III.3. Types de sécheresse sur la culture de blé dur

Il faut noter que les céréales sont confrontées à plusieurs types de sécheresse qui les affectent au cours de leur cycle de développement, il s'agit de :

- ✓ la sécheresse au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture.
- ✓ la sécheresse du milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de la plante.
- ✓ la sécheresse de fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain (**Benseddik et Benabdelli, 2000**).



**Figure 7 :** Représentation schématique des types de sécheresse et leur place dans le cycle de développement des céréales. Source : Net

**III.4. Impact de la sécheresse sur la production :**

L'eau est nécessaire à la plante comme à tout être vivant, sa teneur dans l'appareil végétatif est de 80 % à 90% (**Gate, 1995**).

L'eau est le constituant le plus important de la plupart des organismes vivants. Le contenu réel en eau dépend du tissu et du type cellulaire, elle représente plus de 70 % de la masse des parties non lignifiées de la plante. Elle assure la régulation thermique de la plante, elle permet l'absorption et la distribution des nutriments minéraux et autres solutés nécessaires à la croissance (**Hopkins, 2003**).

D'après (**Heller, 1998**), l'eau sert de véhicule aux substances alimentaires à l'intérieur de végétaux, à l'échelon cellulaire, il participe au maintien des structures et permet le déroulement du métabolisme. L'eau conditionne la vie ainsi que la multiplication des cellules.

La transpiration est l'élément moteur du déplacement de l'eau dans la plante, car la quantité d'eau contenue par une plante est toujours le résultat d'un équilibre entre l'alimentation hydrique d'une part et la déperdition d'eau par transpiration d'autre part (**Vilain, 1987 In Gate, 1995**).

**III.5. Blé dur et stress****III.5.1. Notion de déficit hydrique**

Le déficit hydrique est un phénomène courant, durant le cycle de développements des plantes, il est lié à la réduction de l'humidité du sol et à l'augmentation la demande évaporatoire (**Blum, 1996**).

Un manque d'eau peut engendrer des pertes de rendement plus ou moins importantes selon sa durée, son intensité et le moment où il apparaît au cours du cycle de la plante (**Gate, 1995**).

**III.5.2. Tolérance**

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire. Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne.

Cette tolérance au déficit hydrique interne permet un fonctionnement prolongé de la photosynthèse. Les produits carbonés peuvent alors être utilisés autant pour l'ajustement osmotique que la croissance racinaire. Une autre conséquence du maintien du métabolisme carboné sera une diminution de la fréquence des épisodes de photo inhibition. Au niveau cellulaire, l'ajustement osmotique joue un rôle déterminant dans le maintien de la turgescence aux faibles potentiels hydriques foliaires (**Blum, 1996**).

Les capacités d'ajustement osmotique sont variables et dépendent du cépage, des modalités d'installation du déficit hydrique et de l'âge de la feuille. Les solutés impliqués sont essentiellement des ions inorganiques, des sucres solubles, des acides aminés et organiques. La tolérance à la sécheresse est le résultat de mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires complexes. L'expression de différents gènes et l'accumulation de divers osmolytes (l'ajustement osmotique) couplés à un système Anti-oxydant efficace sont souvent les principaux mécanismes de tolérance au déficit hydrique (**Tardieu, 1990**).

### **III.6. Types de stress :**

#### **III.6.1. Le stress hydrique :**

Selon (**Baba Sidi-Kaci, 2010**).Lorsqu'on parle de l'alimentation hydrique d'une plante, trois termes (déficit, contrainte et stress) sont souvent utilisés sans distinction pour caractériser les relations au sein du continuum sol-plante-atmosphère. Ces termes recouvrent pourtant des notions bien différentes. On parle de déficit hydrique lorsque l'eau disponible pour la plante ne lui permet pas de répondre à la demande climatique.

Dans ce cas, la transpiration de la plante sera inférieure à l'évapotranspiration maximale (ETM).On parle de contrainte hydrique lorsque le fonctionnement de la plante est affecté par une baisse de leur teneur en eau. Enfin, on parle de stress hydrique lorsque les affecte tout le métabolisme de la plante .Ce dernier est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (**Mouellef ,2010**). Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une

région de grande étendue. En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage. Le stress hydrique entraîne une dégradation des ressources d'eau douce en termes de quantité (surexploitation des eaux souterraines, rivières asséchées, etc.) et de qualité (eutrophisation, pollution par la matière organique, intrusion saline, etc.) (**Mouhouche et Boulassel, 1997**).

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire. La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (**Laberche, 2004**). Le stress hydrique est toute restriction hydrique qui se traduit par une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau et communément appelé stress hydrique (**Mouhouche et Boulassel, 1997**).

### **III.6.2. Stress salin :**

Selon (**Hopkins, 2003**) le stress salin est un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec".

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés Considérée.

### **III.6.3. Le stress thermique :**

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, alors que d'autres parfaitement acclimatées, sont capables de suivre au gel (des dizaines de °C en dessous de zéro), le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières (**Ferhati, 2007**).

**III.6.4. Le stress photo-oxydatif :**

Le stress lumineux est l'une des contraintes environnementales importantes qui limitent la photosynthèse et l'efficacité de la productivité végétale. Quand l'énergie lumineuse absorbée excède la capacité d'utilisation de l'énergie dans la photosynthèse, alors l'efficacité photosynthétique sera réduite due à la formation de l'AOS, qui peut endommager l'appareil photo synthétique et les composants du chloroplaste (**Taïbi, 2006**).

**III.6.5. Le stress nutritionnel :**

Des concentrations salines trop fortes dans le milieu, provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires. Le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, et le Chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate (**Baba sidi-kaci, 2010**).

**III.6.6. Lutte contre le stress hydrique**

Le manque d'eau se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un manque d'eau précoce affecte principalement la croissance des racines, le développement des feuilles et des organes reproducteurs. Ceci se répercute sur le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80% (**Chenaffi, 2006**).

Pour contrer le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu.

La résistance de la plante à la contrainte hydrique peut être définie physiologiquement par la capacité de survivre et de croître et, du point de vue agronomique, par la capacité de réaliser un rendement élevé.

La résistance globale d'une plante vis-à-vis du déficit hydrique est la résultante de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. Ces dernières interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production.

**IV. La culture du blé dur**

Le blé dur est bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et tempérés (**Amokrane, 2001**).

La plus grande partie du blé dur produit dans le monde est constituée de blé de printemps outefois, il existe des variétés de blé dur d'hiver (qui ont besoin de vernalisation pour amorcer la transition de la phase végétative à la phase reproductrice) ces variétés ont été évaluées en vue de la production dans le Sud des États-Unis (**Donmez et al, 2000**)

Sur la scène mondiale, l'Union Européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement (**C.I.C., 2002**).

#### **IV.1. La période végétative :**

-Une phase germination – levée La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et du coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (**Gate, 1995**). Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine. Elle se divise en deux phases :

Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, La chaleur, l'aération et l'humidité (**Eliard, 1979**). Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant. En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (**Masle Meynard, 1980**). De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination – levée (**Evans et Rawson, 1975**).

-Une phase levée – tallage

La production de talles commence à l'issue du développement de la feuille (**Moule, 1971**). L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier égal à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend a variété, du climat, d'alimentation

minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (**Masle-Meynard, 1980**).

La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2 ou 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 herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (**Austin et Jones, 1975**). Quand le tallage est excessif, les besoins en eau sont très importants, alors que la plupart des talles restent stériles (**Belaid, 1987**). 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, 1995**). Début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**Gate, 1995**).

#### **IV.2. La période reproductrice :**

Elle comprend :

##### **a- Une phase montaison – gonflement**

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, un 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 (**Clement, Grancourt et Prats, 1971**). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

##### **b- Une phase épiaison - floraison**

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (**Gate, 1995**). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (**Masle, 1980**).

**IV.3. La période de formation et de maturation du grain**

Concerne les stades de grossissement des grains puis de maturation de ces mêmes grains,

**a-Grossissement du grain**

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de  $\frac{3}{4}$  de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10 % à 15 % de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (**Boulelouah, 2002**). A l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade «grain laiteux ». L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir. Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12 % contre 25 % chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais non encore desséchées.

**b-Maturation du grain**

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la Phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (**Gate, 1995**). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle » (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité).

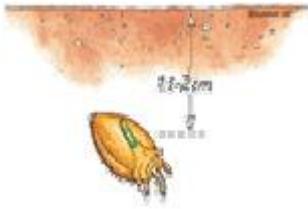
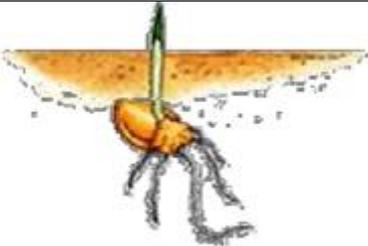
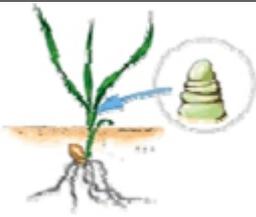
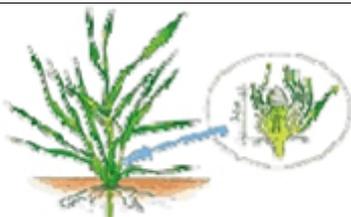
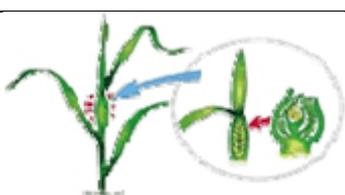
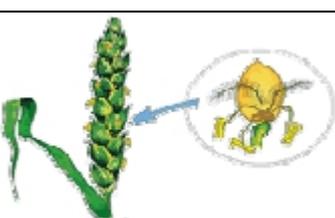
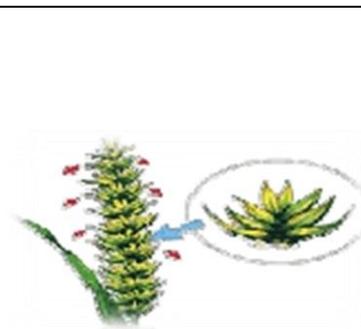
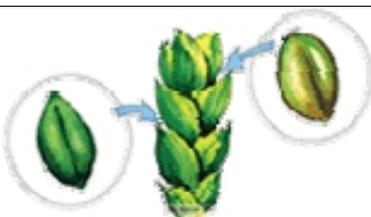
		
<p>1-La germination</p>	<p>2-La levee</p>	<p>3-Trois feuilles</p>
		
<p>4- Début tallage</p>	<p>5- Épi à 1 cm</p>	<p>6-Un nœud</p>
		
<p>7- Gonflement</p>	<p>8- L'épiaison</p>	<p>9- La floraison</p>
		
<p>10- Bâillement.</p>	<p>11- Grain formé</p>	<p>12- Epi à maturité</p>

Figure 8 : Différents stades de développement du blé.

Source : net.

## V. Les exigences du blé

### V.1. Exigences pédoclimatiques

**La Température :** A chaque phase du cycle végétatif du blé, la température reste un facteur qui conditionne la physiologie du blé ; à une température de zéro 0° C la germination est bloquée et la phase de croissance nécessite 15 à 25° C. l'aptitude à la montaison et aussi déterminée par les températures et la durée du jour. (**Zane, 1993**). Les exigences globale 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. (**Belaid, 1986**)

**Lumière :** La lumière et le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage et garanti, si le blé est placé dans les conditions optimale d'éclairéments.

**Le sol :** Le blé dur 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. En terre peu profond, il y a risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique).

Du point de vu caractéristique chimique, les blés dur sont sensible au à la Salinité ; un PH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation ce qui entrave la croissance et en particulier celle des racines (**Maachi, 2005**)

**L'eau :** Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, L'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (**Soltner, 2003**). 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 le besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue, 1982**).

## **V.2. Les exigences culturelles**

### **V.2.1. Préparation du sol**

Le blé nécessite un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15 cm pour les terres patentes (limoneuse en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres. Le sol doit être légèrement motteux et suffisamment tassé en profondeur, une structure fine en surface pour permettre un semis régulier et peu profond. (**Anonyme, 1993**).

### **V.2.2. Semis**

La date de semis un facteur limitant vis-à-vis rendement, c'est pourquoi la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les méfaits climatiques, en Algérie il peut commencer dès la fin d'octobre avec un écartement entre les lignes de 15 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3 cm.

La dose de semis dans les régions saharienne varie entre 200 à 225 Kg/ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol.

### **V.2.3. Fertilisation**

La fertilisation azote phosphorique est très importante dans les régions sahariennes dont les sols sont squelettique, elle sera en fonction des potentialités des variétés, le fractionnement de l'azote est une

**L'azote** : c'est un élément mportant pour le développement du blé (**Viaux, 1980**), estime qu'il faut 3 Kg d'azote pour produire 1 quintal de blé dur. Jusqu'au début de la montaison, les besoins sont assez modestes 40 à 45 Kg/ha puis jusqu'à la floraison tout l'azote est absorbé, il faut que la plante ait dès le début de la montaison tout l'azote nécessaire son développement (**Remy Et Viaux, 1980**).

Les besoins en azote de la culture lors de gonflement et à la floraison sont en effet extrêmement importants c'est à ce moment que la matière végétale augmente le plus vite et que se détermie le nombre d'épis (**Grignac, 1984**). Pendant la maturation, la fourniture d'azote minéral du sol ne peut couvrir les besoins de la culture (**Masle et Meunard, 1980**). A la récolte, plus de 75 % de l'azote total de la plante se trouve dans les grains.

**Le phosphore** : il favorise le développement des racines, sa présence dans le sol en quantités suffisantes est signe d'augmentation de rendement. Les besoins théorique en

phosphore sont estimés à environ 120 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (**Anonyme, 1987**).

Le potassium es besoins en potassium des céréales peuvent être supérieurs à la quantité contenue à la récolte 30 à 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de plus/ha (**Belaid, 1987**).

#### **V.2.4. Entretien**

Les mauvaises herbes concurrencent les céréales pour l'alimentation hydrique et minérale et aussi pour la lumière affectent le rendement. Pour les mauvaises herbes, il existe deux moyens de lutte :

Lutte mécanique : dès le mois de septembre, effectuer une irrigation des parcelles pour favoriser la germination des grains de mauvaises herbes et du précédent cultural. Après leur levée, procéder à leur enfouissement.

#### **V.2.5. Rotation des cultures**

Il est nécessaire de prévoir une rotation des cultures tout au moins sur une partie des zones de production dans le respect des indications prévue. La rotation présente en effet divers avantages qui peuvent être résumés comme suit :

- Réduction des attaques parasitaires et du risque de fusariose.
- Meilleur contrôle des infestations.
- Amélioration de la structure et de la fertilité du sol.
- Aeilleure protection de l'environnement.

### **VI. Les composantes de rendements**

Le rendemen du blé s'élabore étape par étape depuis l'implantation de la culture jusqu'au remplissage du grain grâce à la formation successive des différentes Composantes du rendement (**Couvreur Et Al, 1985**).

Selon (**Vilan, 1987**), le rendement se compose selon la façon suivante :

- Nombre d'épis au mètre carré.
- Nombre moyen de grains par épi.
- Poids de 1000 grains.

#### **VI.1. Le nombre de grains/épi**

C'est une caractéristique variétale qui est très influence par le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (**Couvreur 1981**). En effet (**Samir 1991**) a montré que les traitements dont les peuplements épis sont élevés donnent un nombre de grains par épi faible. (**Legret, 1985**),

suggère que la composante la plus importante du rendement soit le nombre de grains/épi et plus précisément le nombre de grain/épillet, ce même auteur ajoute que les deuxièmes et les troisièmes feuilles à partir du sommet apparaissent plus liés au rendement/épi que la feuille séminale.

### **VI.2. Le poids de milles grains**

C'est la dernière composante, elle est dépendantes du nombre de grains formés (**Couvreur, 1981**). Le PMG varie essentiellement en fonction des culturales soit les conditions climatiques (chaleur, humidité) durant la maturation et la continuité de la nutrition azotée jusqu'à la maturation.

# **CHAPITRE II**

## **MATERIELS ET METHODES**

## 1. Objectif

L'objet de ce travail est de la mise en évidence de quelques paramètres phénologiques et physiologiques pour quelques géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Le but de ce travail s'articule sur l'évaluation de la variabilité inter et intra-variétés et leur comportement face aux conditions climatiques de la région de haut Chélif.

### 2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué d'une collection qui comporte cinq (05) variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), d'origine locale (Mohammed ben Bachir, Langlois) et introduites (Mexicali75, Vitron et Waha). Les semences ont été fournies par l'Institut technique des grandes cultures de Khemis milana (l'ITGC KM).

**Tableau 3 :** Caractéristiques des variétés et nombre d'individus par variété.

Variétés	Nombre de géotypes	Epi	Origine	Paille
<b>Mohammed ben Bachir</b>	1	blanche	Algerie	Haute
<b>Langlois</b>	2	blanche	Algerie	Haute
<b>Mexicali75</b>	3	blanche	ICARDA/CIMMYT (Mexique)	longueur moyenne
<b>Vitron</b>	4	blanche	Espagne	longueur moyenne
<b>Waha</b>	5	blanche	Syrie	longueur moyenne

### 2.2 Site d'expérimentation

#### 2.2.1. Localisation du site expérimentale du Bir Oueld Khelifa

L'expérimentation a été réalisée à la ferme pilote **Ben brik** de Bir Oueld khelifa, situé à 10 Km au Sud de khemes maliana, à une altitude de 340m. La ferme se trouve dans la région semi-aride, caractérisée par un climat méditerranéen.

Le site expérimental de Bir Oueld Khelifa est situé à 120 km, à l'Ouest de la capitale. Et à 90 km de la ville de Chélif. Le périmètre irrigable du Haut Cheliff a été officiellement créé le 9 mai 1941 ; il couvre une superficie totale de 37000 ha et se présente sous forme allongée en fuseau, de l'Ouest vers l'Est. Cette dépression est limitée au Nord par le massif du Zaccar et du Gontass, au Sud par le massif de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le mont du Doui et à l'Est par

le massif du Gontass et Mat Matas.



Figure 9 : Image satellitaire de la zone de Bir Oueld Khelifa. Source : google earth

### 2.2.2. Mise en place de l'essai

Le matériel végétal est semé sur une parcelle élémentaire d'une rangée de 2 m de long avec une inter-ligne de 20 cm. Le semis est effectué le **21 du mois de décembre 2017** à une profondeur approximative de 2 à 5cm, à la main. Chaque génotype occupe un mètre linière.

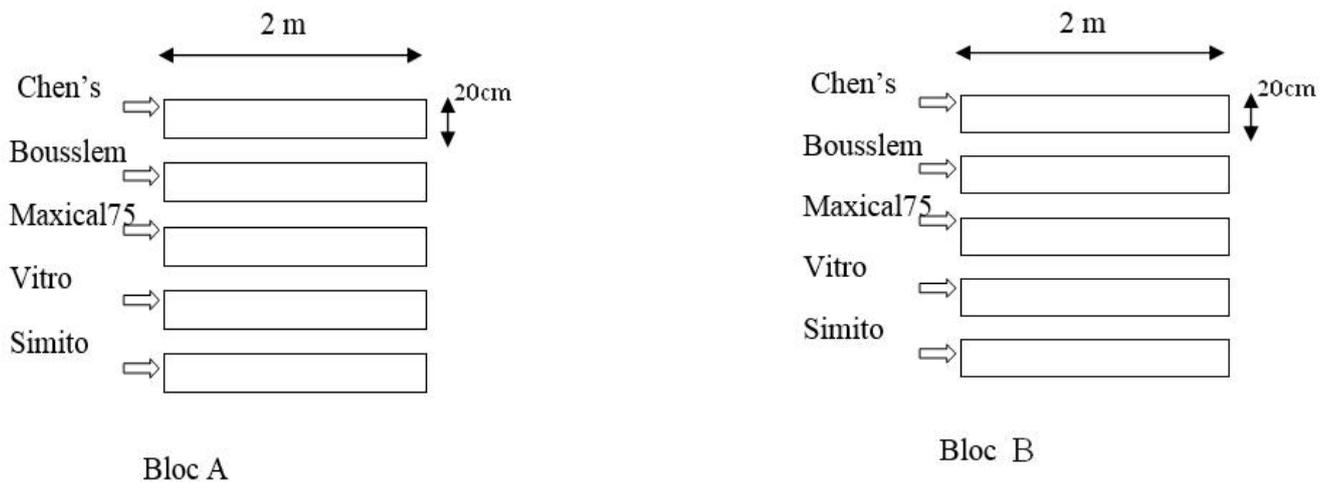


Figure 10 : Dispositif expérimentale.

### **3. Conduite de la culture du blé dur**

#### **3.1 Préparation des semis**

A cause de pluie successives le semis n'a été réalisé que le 24/12/2017 manuellement avec une dose de 350 grains/m<sup>2</sup> et à une profondeur de 4cm.

#### **3.2 Fertilisation**

Un premier apport d'engrais de 70 unités/ha fertilisante a été effectué le 15-12-2018 Après labour à partir du NPK 15-15-15.

Un deuxième apport de 50 unités/ha d'azote à partir de l'urée 46 % a été effectué le 17-03-2018 au stade fin tallage. Au total, les quantités apportées sont comme suit :

70 unités / ha de phosphore ;

70 unités/ha de Potasse ;

120 unités/ha d'azote.

#### **3.3 Désherbage**

Le désherbage a été effectué manuellement et continuellement de temps à autre dès qu'il y a eu apparition de mauvaises herbes.

#### **3.4 Irrigation**

Les doses d'irrigation apportées ont été réalisées après avoir déterminé la densité d'aspersion in situ à l'aide d'un pluviomètre placé au centre de la portée de l'asperseur. Quartes irrigations ont été effectuées durant les périodes déficitaires où l'humidité moyenne du sol étant de 15.35 % avant la première irrigation et de 12.53 % avant la deuxième sur une profondeur de 60 cm du profil du sol.

### **4. Les caractéristiques physico-chimiques du sol**

L'analyse des sols est réalisée régulièrement par le laboratoire de l'ITGC (2016), les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

#### **4.1 Analyse physique du sol**

- Sable : 40 %
- Limon : 36 %
- Argile : 24 %
- Texture : Franche

**4.2 Analyse chimique du sol:**

<b>Caractéristique chimique</b>	<b>Résultats analytique</b>
<b>C.E (1/5 mS/cm)</b>	0.14
<b>Ph</b>	8.80
<b>Carbone CO%</b>	9.25
<b>Calcaire actif %</b>	9.25%
<b>Matière organique%</b>	1.05%
<b>Azote total%</b>	0.14 %
<b>Phosphore (meq/100gr)</b>	0.60

**5 Caractéristiques climatiques**

La commune de Bir Oueld Khelifa se caractérise par un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité marqué. L'été s'étend sur plus de 6 mois, très chaud et sec. L'hiver pluvieux et plus froid avec un printemps écourté (Avril-Mai) et un automne très bref (en octobre). (D.S.A. d'Ain-Defla).

**5.1 Le climat**

La zone de l'expérimentation est située dans l'étage bioclimatique du haut Cheliff qui est d'un climat semi-aride (Figure 6), elle est caractérisé par des hivers froids, les gelées sont relativement fréquentes de Décembre à Mars une pluviométrie irrégulière, l'été s'étend sur 6 mois, très chaud et sec des vents chauds et desséchants en fin de cycle de la céréale.

**5.2 Températures**

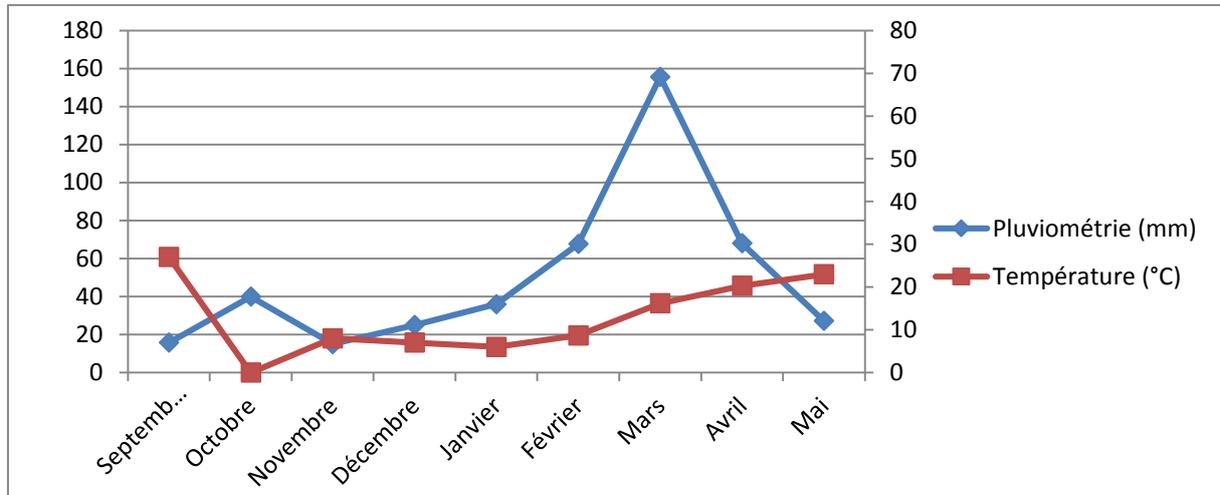
L'analyse des données de la campagne de 2017/2018, nous montrons que Février est le mois le plus froid avec une température moyennes de 6°C. Septembre est le mois le plus chaud avec 27°C

**5.3 Précipitations**

Les données climatiques utilisées durant toute l'expérimentation proviennent des stations météorologiques se trouvant au niveau du site expérimental (Bir Oueld Khelifa), de (Khemis Miliana).

Durant la campagne 2017/2018, a enregistré 450,3mm allant du mois de septembre à juin, la répartition de la pluviométrie est aléatoire, elle est variable d'un mois à l'autre, le mois Mars est le mois le plus pluvieux, avec un taux de précipitation de 155,6mm, alors que le

moins pluvieux est le mois de Décembre avec 0,5mm. Durant la période expérimentale (Figure 06), en fin, il apparait clairement que le climat dans la région d'étude est caractérisé par une grande variabilité intra et inter-annuelle.



**Figure 11 :** Moyennes mensuelles de la pluie et de la température de la campagne 2017/2018  
Source: ITGC 2018

**Tableau 4 :** La moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année 2017/2018

Source : ITGC 2018

	Pluviométrie (mm)	Température (°C)
Septembre	16,8	27
Octobre	40	24,5
Novembre	15	8
Décembre	25	7
Janvier	36	6
Février	67,7	8,7
Mars	155,6	16,2
Avril	68	20,3
Mai	26,2	23

**6 Paramètres mesurés**

Les paramètres mesurés sont les suivants : caractères morphologiques, physiologiques et analyse statistique des données durant l'année 2017/2018.

**6.1 Paramètres morphologiques**

Les différents paramètres morphologiques mesurés sont :

**6.1.1 Hauteur de la tige (HT)**

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

**6.1.2 Longueur du col(LC)**

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

**6.1.3 La hauteur de la plante (HP)**

On mesure un échantillon de 4 plantes / génotype, au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'aux sommets des barbes de l'épi. Elle est exprimée en cm.

**6.1.4 La longueur de l'épi (LE)**

Les mesures ont porté sur 4 épis par micro parcelle dans le cercle intérieur, soit 30 échantillons à l'exclusion des barbes à la maturation. Les épis ont été choisis indépendamment de celles de la hauteur de la plante.

**Les composantes du rendement****6.1.5 Le nombre d'épillets par épi(NE/E)**

A maturité le nombre d'épillets par épi est compté pour indiquer le taux de fertilité de la plante

**6.1.6 Le nombre de grains par épi (NGE)**

Quatre (4) épis choisis de manière aléatoire ont été pris dans chaque parcelle élémentaire, battus manuellement, et nous avons compté le nombre de grains que contient chaque épi.

**6.1.7 Le poids de mille grains (PMG)**

Ce paramètre est mesuré après avoir déterminé le poids moyen d'un grain par plante de Chaque génotype, multiplié par mille pour trouver le poids de mille grains.

**6.2 Paramètres physiologique****6.2.1 Dosage des sucres solubles totaux**

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode de Dubois et al. (1956). Pour chaque échantillon, une masse de 100 mg de la matière végétale fraîche est mise dans un tube à essai, on ajoute 3 ml d'éthanol à 85% pour l'extraction des sucres. Le mélange est laissé à température ambiante pendant 48h à l'obscurité avant d'être filtré. On ajoute ensuite 20 ml d'eau distillée à chacun des extraits. Dans des tubes à essais propres, on met 1 ml de la solution à analyser et on ajoute 1 ml de phénol à 5% et 5 ml de l'acide sulfurique à 1.8 N. Les tubes sont incubés ensuite pendant 15 à 20 minutes à 30°C dans un bain marie. La lecture de la densité optique est effectuée à une longueur d'onde de 485 nm. Les teneurs sont ensuite obtenues en utilisant une courbe d'étalonnage des sucres solubles exprimés en glucose.

**6.3 Analyse statistiques des données**

Les résultats obtenus sont la moyenne de quatre répétitions. Une analyse de variance à deux facteurs est effectuée suivie par le test de classement des moyennes de (Newman Keuls) (SNK) par le logiciel Statisticat version 8.0.

# CHAPITRE III

## RESULTATS ET DISCUSSION

## I. Caractérisation du matériel végétal

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 dur 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 géotypes utilisés dans notre expérimentation. Cette caractérisation concerne tous les organes végétatifs aériens responsables de la photosynthèse et la remobilisation des réserves au cours de la période de remplissage du grain.

Dans notre étude, nous sommes intéressés en premier lieu à l'effet du stress hydrique sur le développement et le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf). Pour cela, nous avons procédé des mesures divers paramètres morphologiques à savoir les paramètres morphologique de la tige (la hauteur de la plante, la longueur du dernier entre nœud, la longueur de col de l'épi), Ainsi, des paramètres morphologique de l'épi (longueur de l'épi, nombre épillet par épi et le poids de mille grains (PMG)).

En second lieu, nous somme intéressé à dosé la teneur des sucres solubles dans les feuilles du blé, afin arrivé à déterminer les géotypes les plus résistants aux conditions des contraintes hydriques.

**Tableau 5 :** Analyse de la variance des paramètres morphologiques de la tige.

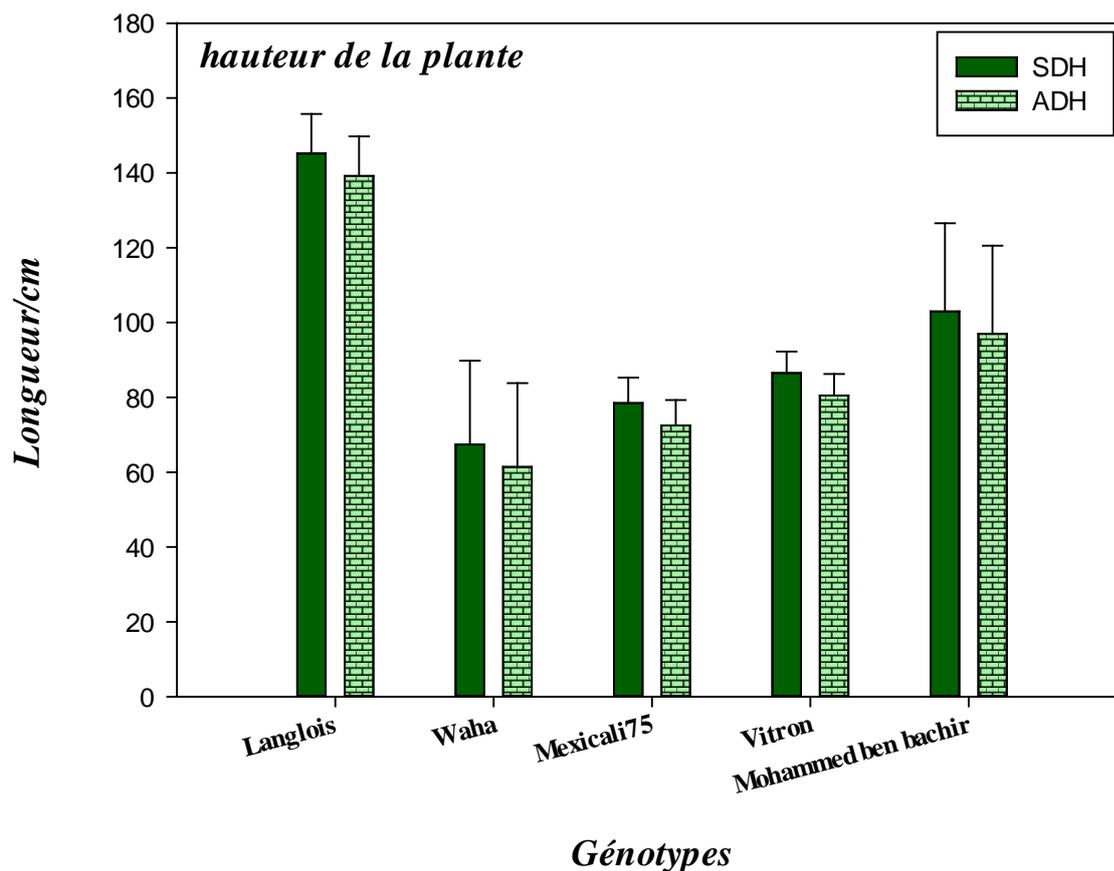
	Hauteur de la plante	Longueur du dernier entre-nœud	Longueur de col de l'épi
Géotypes	117,851***	4,546***	2,541 ns
Situation hydrique	5,760**	9,683***	144,0 ***
Géotypes*Situation hydrique	0 ns	0 ns	0,724 ns

### I.1. Hauteur de la plante

Les résultats obtenus de notre expérimentation (Tableau 5) montrent que les mesures des paramètres morphologiques retenus sont très distinctes parmi les géotypes conduits. Ainsi, la hauteur de la plante se distingue d'un rang très hautement significatif à travers ces géotypes ( $p < 0.001$ ). Les géotypes conduits se distinguent en deux groupes. Dans un premier groupe se rassemblent ceux dits à haute paille et sont représentés par Langlois et Mohammed ben bachir qu'ont inscrit des valeurs respectives de  $139.17\text{cm} \pm 2.64$  et  $102.94\text{cm} \pm 5.89$ . Le second groupe englobe les géotypes dits à paille courte et contient Waha,

Mexicali75, Vitron, et dont les hauteurs s'affichent dans l'ordre avec 67.40cm±5.6, 78.45cm±1.7 et 86.5cm±1.43. La hauteur de la tige est liée à l'origine des génotypes. En effet, les variétés locales se distinguent par leur haute taille, tandis que les génotypes introduits inscrivent une situation inverse.

L'application du déficit hydrique a un effet dépressif sur la hauteur de la plante (Figure 7), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (6.73%). Ainsi, un comportement divers de l'ensemble des génotypes face à cette situation hydrique, les génotypes Langlois, Mohammed ben Bachir s'affichent une réduction importantes respectives avec 4.137% ; 5.885%, alors que, les génotypes Waha, Mexicali75 et Vitron extériorisent par les réductions les plus faibles avec 9.075%, 7.658% et 9.941. A ce niveau hydrique des longueurs de ce paramètre limité par 61.4cm±5.604 (Waha) et 72,45cm ±1.701(Mexicali75) et 96.945cm±5.896(Vitron).

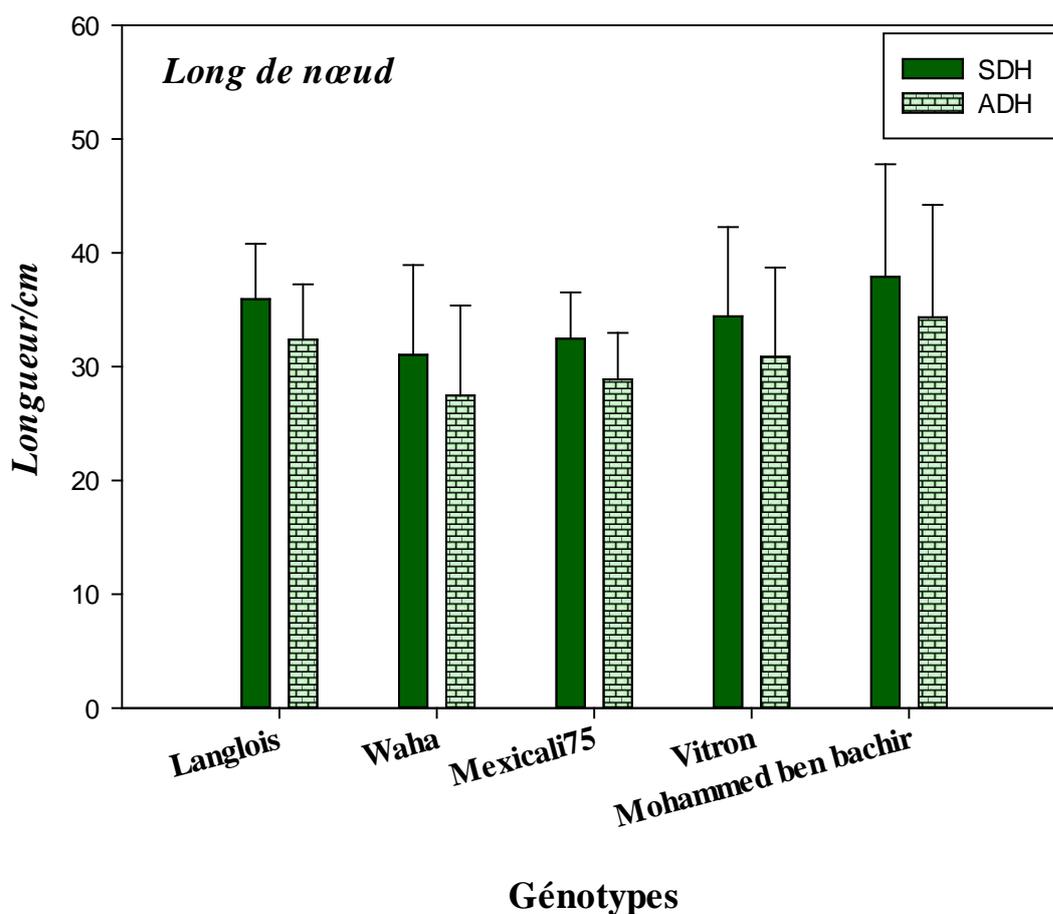


**Figures 12 :** l'évolution de la hauteur de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

## I.2. Longueur du dernier entre nœud

Concernant les résultats obtenus de longueur du dernier entre nœud (Tableau 4), les valeurs des mesures retenus de ce paramètre sont très distinctes parmi les géotypes testés. Ainsi, le stress appliqué a un effet important sur la longueur du dernier entre nœud ( $p < 0.001$ ). Au niveau du lot témoin (SDH), les géotypes Langlois et Mohammed ben bachir s'extériorisent par les longueurs les plus élevées avec des valeurs consécutives  $35.925\text{cm} \pm 1.217$  et  $37.9 \pm 2.469$ . Alors que les autres géotypes inscrivent les valeurs suivantes (Waha)  $31.025\text{cm} \pm 1.975$ , (Mexicali75)  $32.450\text{cm} \pm 1.018$  et (Vitron)  $34.425\text{cm} \pm 1.959$ .

L'application de déficit hydrique montre l'effet dépressif sur la longueur dernier entre-nœuds (Figure 8), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (10.5%) les géotypes conduits se distinguent en deux groupes. Dans un premier groupe on a Langlois et Mohammed ben bachir qu'ont inscrit des valeurs respectives de  $32.365\text{cm} \pm 1.217$  et  $34.34\text{cm} \pm 2.469$ . Le second groupe englobe les géotypes de long de nœuds courte et contient Waha, Mexicali75, Vitron, et dont les longueurs du dernier entre nœud s'affichent dans l'ordre avec  $27.465\text{cm} \pm 1.975$ ,  $28.89\text{cm} \pm 1.018$  et  $30.865\text{cm} \pm 1.959$ .

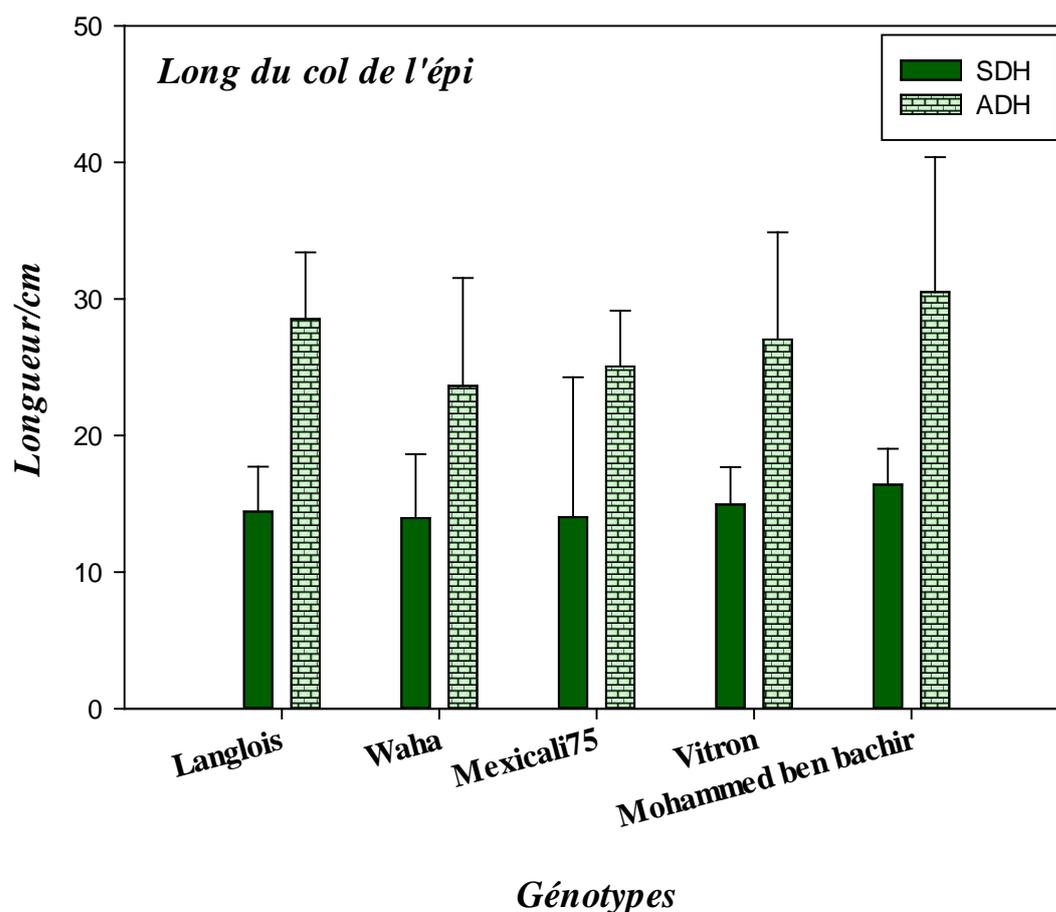


**Figure 13 :** l'évolution de longueur du dernier entre nœud de la plante chez les cinq géotypes étudiés en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

### I.3. Longueur du col de l'épi

D'après nos résultats (Tableau 5) qui montrent que les Longueurs du col de l'épi des paramètres morphologiques retenus sont très distinctes parmi les génotypes conduits. Ainsi, la longueur du col de l'épi se distingue d'un rang très hautement significatif à travers ces génotypes ( $p < 0.001$ ). on trouve un seul génotype celle de Mohammed ben bachir inscrit de la valeur  $16.4\text{cm} \pm 0.658$ . et le reste génotype ayant des valeurs presque égaux et contient Langlois, Waha, Mexicali75, Vitron, et dont les longueurs s'affichent dans l'ordre avec  $14.425\text{cm} \pm 0.822$ ,  $13.95\text{cm} \pm 1.17$ ,  $14.025\text{cm} \pm 2.559$  et  $14.95\text{cm} \pm 0.684$ .

L'application du déficit hydrique a un effet dépressif sur la longueur du col de l'épi, la réduction moyenne de ce paramètre atteint (27.08%). On distingue deux groupes dont notre génotype, le premier contient Waha, Mexicali75 et Vitron s'inscrit à des valeurs par l'ordre,  $23.635\text{cm} \pm 1.975$ ,  $25.06\text{cm} \pm 10.18$  et  $27.03\text{cm} \pm 1.959$ . Et un deuxième groupe de Langlois et Mohammed ben bachir par les valeurs suivantes,  $28.535\text{cm} \pm 1.217$  et  $30.51\text{cm} \pm 2.469$ .



**Figure 14 :** l'évolution de longueurs du col de l'épi de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

#### I.4. Caractères morphologiques de l'épi

Les caractéristiques morphologiques de l'épi jouent un rôle prépondérant dans l'élaboration du poids et de la qualité des grains chez le blé dur.

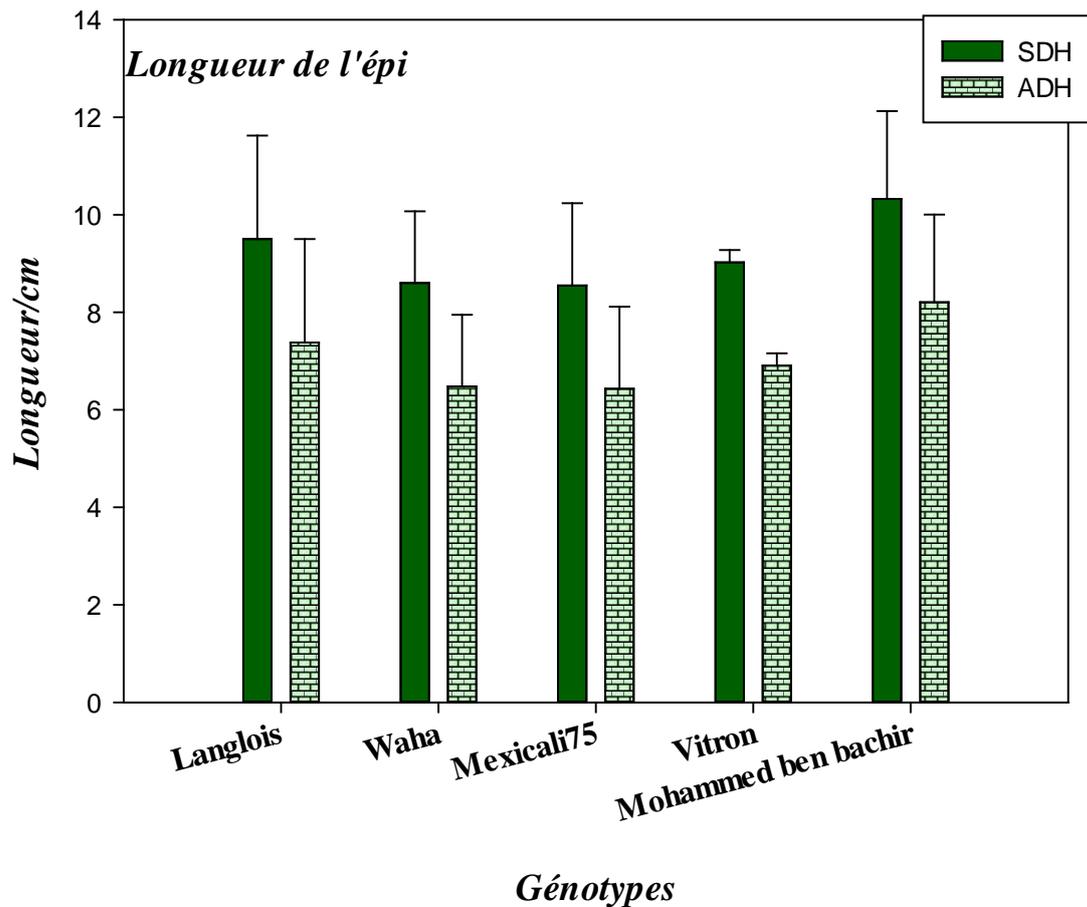
Certains travaux (Meghrabi *et al*, 2013) démontrent que les enveloppes de la graine contribuent grandement au remplissage du grain, par leur longévité étalée dans le temps et par conséquent par leur photosynthèse courante pendant ce processus. Leur présence au voisinage de la graine en formation les soumet aux mêmes aléas environnementaux et facilitent la migration de leurs photoassimilats vers cet organe. Les caractéristiques retenues dans notre étude se rapportent à la longueur de l'épi, nombre d'épillet /épi et nombre de grain /épi.

D'après le travail les résultats (Tableau 6) montrent que la longueur des épis retenus est très distincte parmi les génotypes conduits. Ainsi, la longueur de l'épi se distingue d'un rang très hautement significatif à travers ces génotypes ( $p < 0.001$ ). Les génotypes conduits comme un premier groupe si celle de Mohammed ben bachir et Langlois qui ont inscrits des valeurs respectives de  $10.32\text{cm} \pm 0.449$  et  $9.5\text{cm} \pm 0.53$ . Le second groupe englobe les génotypes dits à paille courte et contient Waha, Mexicali75, Vitron, et dont les longueurs s'affichent dans l'ordre avec  $8.6\text{cm} \pm 0.367$ ,  $8.55\text{cm} \pm 0.421$  et  $9.025\text{cm} \pm 0.069$ .

Dans l'autre cas de déficit hydrique à un effet dépressif, sa réduction moyenne de ce paramètre atteint (23.29%). On compte deux groupes l'un qui contient deux génotypes Langlois et Mohammed ben bachir sur les valeurs suivante :  $7.38\text{cm} \pm 0.53$  et  $8.205\text{cm} \pm 0.449$  et l'autres de génotypes celle de Waha, Mexicali75 et Vitron, ayant ces valeur par ordre  $6.48\text{cm} \pm 0.367$ ,  $6.43\text{cm} \pm 0.421$  et  $6.905\text{cm} \pm 0.629$ .

**Tableau 6** : Analyse de la variance des paramètres morphologiques de la dernière feuille et la graine.

	Le nombre d'épillets par épi	Le nombre de gains par épi	Diamètre de la gaine	Longueur de la gaine
Génotypes	8,321***	2,319 **	4,515***	25,518***
Situation hydrique	1,785 ns	1,902 ns	35,632***	3,841**
Génotypes*Situation hydrique	0 ns	0 ns	0 ns	0 ns

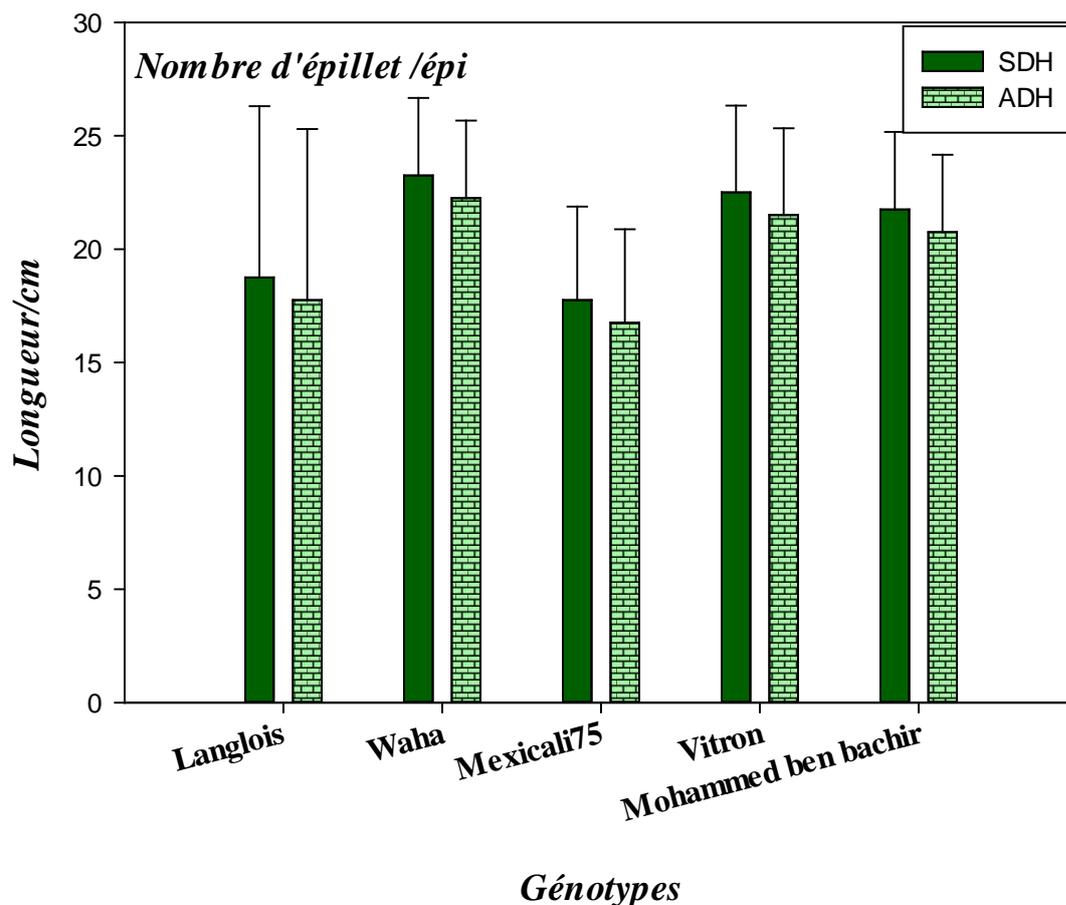


**Figure 15 :** l'évolution de longueur des épis de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

### I.5. Nombre d'épillet /épi

Les résultats obtenus de notre travail (Tableau 6) montrent que les nombres d'épillet par épi et ces paramètres morphologiques retenus sont très distinctes parmi les génotypes conduits ( $p < 0.001$ ). Les génotypes conduits se distinguent en deux groupes. Waha, Vitron ce sont des génotypes introduits et Mohammed ben bachir (local) qu'ont inscrit des valeurs respectives de  $23.25\text{cm} \pm 0.853$ ,  $22.5\text{cm} \pm 0.957$  et  $21.75 \pm 0.853$ . Le second groupe englobe les génotypes Longlois Local et Mexicali75 (introduit) s'affichent dans l'ordre avec  $18.75\text{cm} \pm 1.88$  et  $17.75\text{cm} \pm 1.03$ .

Dans l'autre cas de déficit hydrique à un effet dépressif, sa réduction moyenne de ce paramètre atteint (4.92%). Il apparaitre deux groupe qui marque les génotypes suivante, le premier contient les génotypes Waha, Viron et Mohammed ben bachir a des valeurs par l'ordre  $22.25\text{cm} \pm 0.853$ ,  $21.5\text{cm} \pm 0.957$  et  $20.75\text{cm} \pm 0.853$ , et le deuxième groupes des génotypes suivante Longlois et Mexicali75 s'inscrit par les valeurs  $17.75\text{cm} \pm 1.887$  et  $16.75\text{cm} \pm 1.03$ .

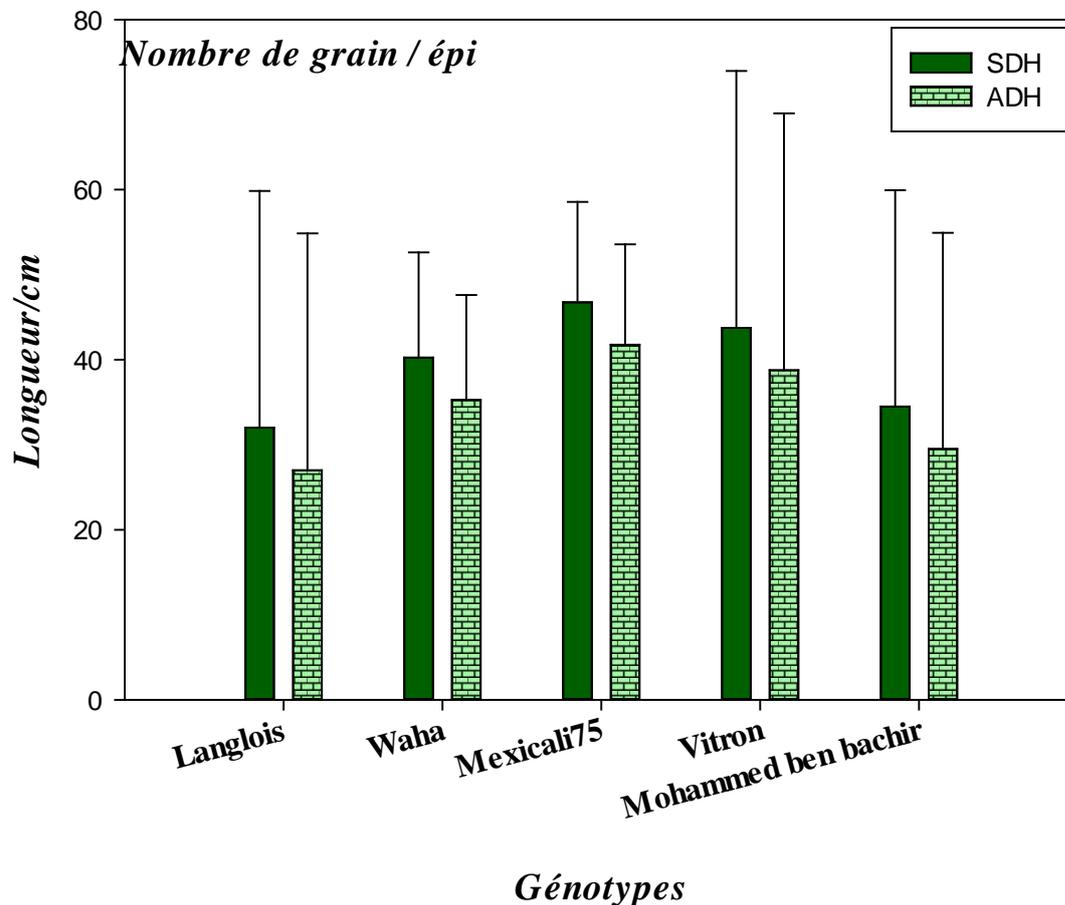


**Figure 16 :** l'évolution des nombres d'épillet par épi de la plante chez les cinq génotypes étudiés en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

### I.6. Nombre de grain /épi

Les résultats obtenus de notre travail (Tableau 6) montrent que le nombre de grain /épi retenus sont très distinctes parmi les génotypes conduits. Ainsi, le nombre de grain par épi se distingue d'un rang très hautement significatif à travers ces génotypes ( $p < 0.001$ ). Les génotypes conduits se distinguent en deux groupes et contiennent Mexicali75, Vitron et Waha et dont le nombre de grain s'affichent dans l'ordre avec  $46.75\text{cm} \pm 2.95$ ,  $43.75\text{cm} \pm 7.55$  et  $40.25\text{cm} \pm 3.09$ . Le nombre de grain est lié à l'origine des génotypes. Mohammed ben bachir  $34.5\text{cm} \pm 6.36$  et Langlois  $32\text{cm} \pm 6.96$ . En effet, les variétés locales se distinguent par leur moindre nombre de grain/épi, tandis que les génotypes introduits inscrivent une situation inverse. L'application du déficit hydrique a un effet dépressif sur le nombre de grain par épi (Figure 16), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (14.05%). Ainsi, un comportement divers de l'ensemble des génotypes face à cette situation hydrique, les génotypes Mohammed ben bachir et Langlois s'affichent une réduction importantes respectives avec 17.55% et 16.59% et des valeurs à l'ordre  $29.5\text{cm} \pm 6.357$  et  $27\text{cm} \pm 6.964$ , alors

que, les génotypes Mexicali75, Vitron, et Waha s'extériorisent par les réductions les plus faibles avec 10.81%, 12.643%, et 12.646. A ce niveau hydrique des longueurs de ce paramètre limité par ordre  $41.75\text{cm}\pm 2.95$ ,  $38.75\text{cm}\pm 7.55$  et  $35.25\text{cm}\pm 3.09$ .



**Figure 17 :** l'évolution de nombre de grain par épi de la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

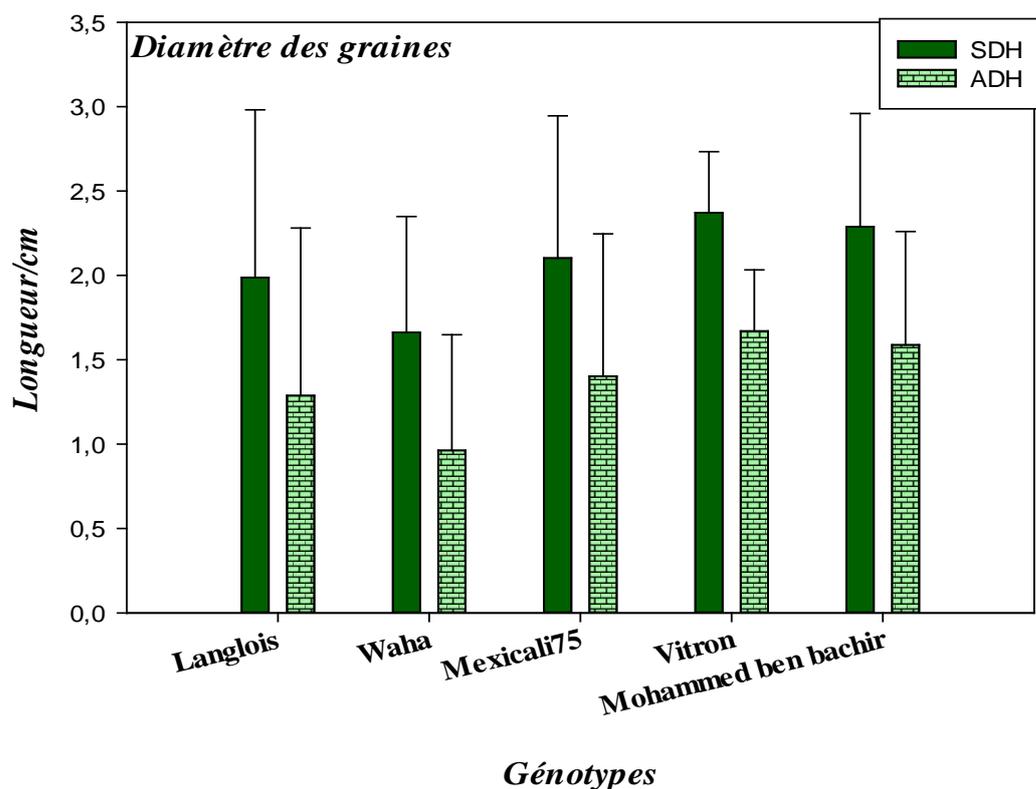
### I.7. Caractéristique de la dernière feuille

L'implication des caractéristiques de la dernière feuille dans l'élaboration de la qualité du grain chez le blé dur a été prouvée par de nombreux travaux (Monneveux, 2006). Ainsi, par son activité photosynthétique au cours du remplissage du grain, elle assure la disponibilité des photoassimilats qui après transformation s'accumulent au niveau de cet organe. Les paramètres retenus de cet organe se rapportent au diamètre et la longueur de la gaine.

### I.8. Diamètre de la gaine

Les résultats obtenus de notre travail (Tableau 5) montrent que les grandeurs des paramètres morphologiques retenus sont très distinctes parmi les génotypes conduits. Ainsi, la hauteur de la plante se

distingue d'un rang très hautement significatif à travers ces génotypes ( $p < 0.001$ ). Les génotypes conduits se distinguent en deux groupes. Dans un premier groupe se rassemblent ceux dits à haute paille et sont représentés par Langlois et Mohammed ben bachir qui a inscrits des valeurs respectives de  $145.17\text{cm} \pm 2.64$  et  $102.94\text{cm} \pm 5.89$ . Le second groupe englobe les génotypes dits à paille courte et contient Waha, Mexicali75, Vitron, et dont les hauteurs s'affichent dans l'ordre avec  $67.40\text{cm} \pm 5.6$ ,  $78.45\text{cm} \pm 1.7$  et  $86.5\text{cm} \pm 1.43$ . La hauteur de la tige est liée à l'origine des génotypes. En effet, les variétés locales se distinguent par leur haute taille, tandis que les génotypes introduits inscrivent une situation inverse.

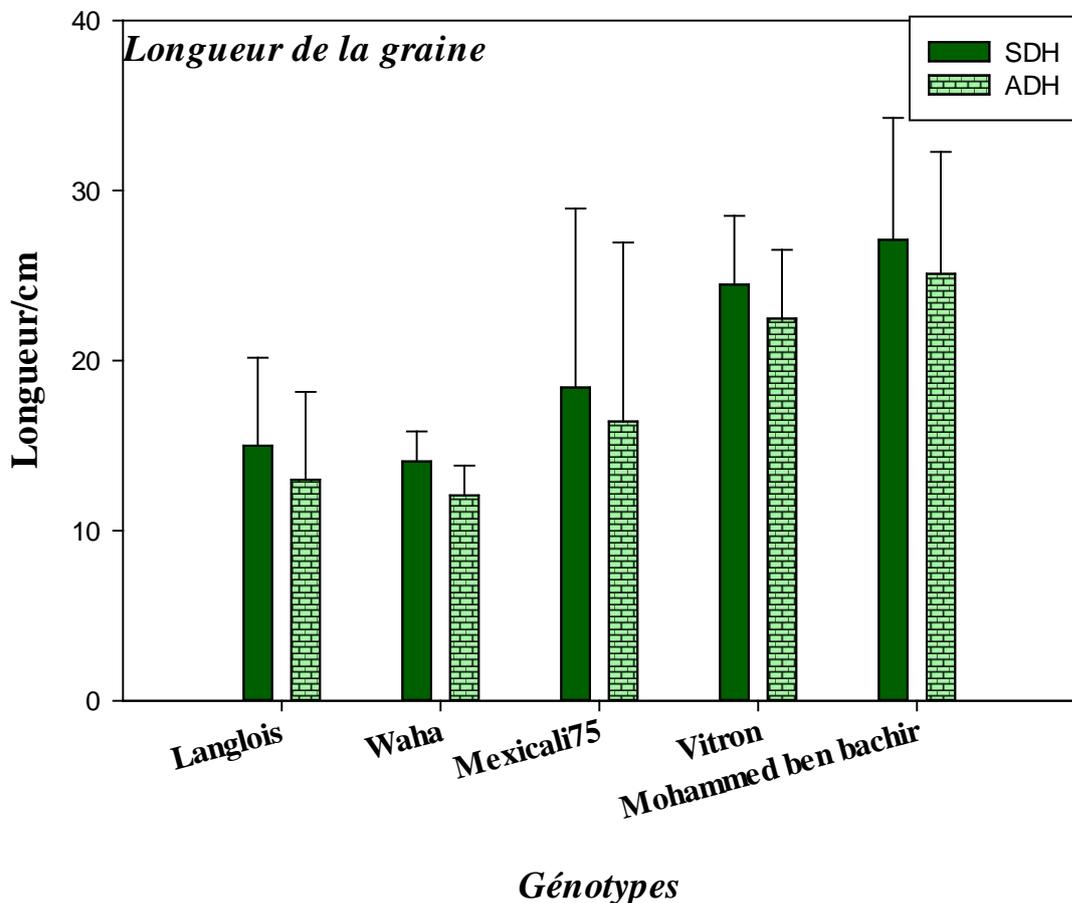


**Figure 18** : l'évolution du diamètre de la graine pour la plante chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

### I.9. Long de la gaine

Les résultats obtenus de notre travail (Tableau 6) montrent que les grandeurs des paramètres morphologiques retenus sont très distinctes parmi les génotypes conduits. Ainsi, la hauteur de la plante se distingue d'un rang très hautement significatif à travers ces génotypes ( $p < 0.001$ ). Les génotypes conduits se distinguent en deux groupes. Dans un premier groupe se rassemblent ceux dits à haute paille et sont représentés par Langlois et Mohammed ben Bachir qui a inscrits des valeurs respectives de  $145.17\text{cm} \pm 2.64$  et  $102.94\text{cm} \pm 5.89$ . Le second groupe englobe les génotypes dits à paille courte et contient Waha, Mexicali75, Vitron, et dont les hauteurs s'affichent dans l'ordre avec  $67.40\text{cm} \pm 5.6$ ,  $78.45\text{cm} \pm 1.7$  et

86.5cm±1.43. La hauteur de la tige est liée à l'origine des génotypes. En effet, les variétés locales se distinguent par leur haute taille, tandis que les génotypes introduits inscrivent une situation inverse.



**Figure 19 :** l'évolution pour le long de la graine chez les cinq génotypes étudiée en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

#### I.10. Variations du taux de sucres solubles en fonction de différentes situations hydriques appliquées

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative au seuil 5% (Tableau 6) entre les différents niveaux de stress, ainsi qu'entre les variétés étudiées et même entre l'interaction de deux facteurs variété et niveau de stress.

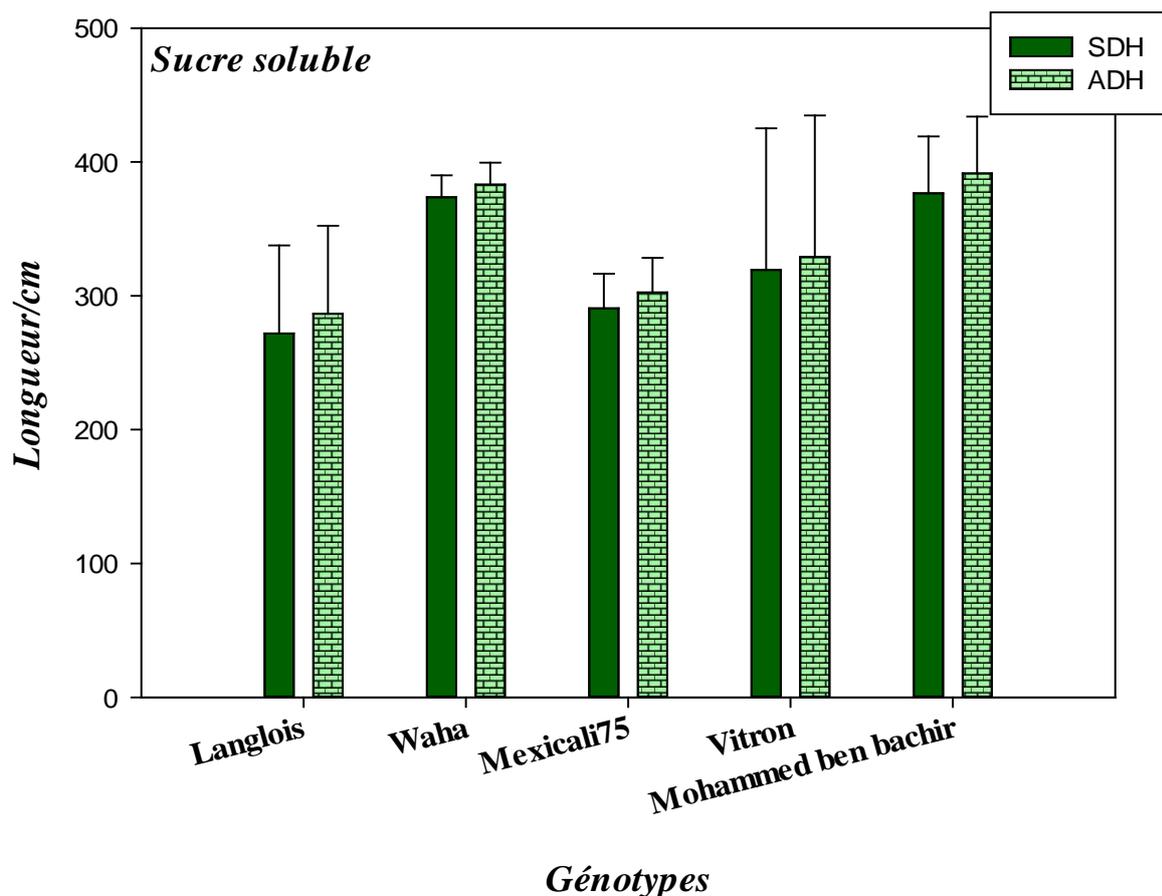
Les résultats obtenus montrent que la situation hydrique est stressée que la teneur en sucres solubles deviennent plus marquées ; cette augmentation dépend de deux facteurs : l'application et la durée du stress et le génotype.

La teneur en sucres solubles est aussi faible dans les feuilles des génotypes irrigués (Figure 14), la valeur maximale est marquée chez Mohammed ben bachir (398,89  $\mu\text{mol}/\text{mg MS}$ ) et la valeur minimale chez

Langlois (223,05  $\mu\text{mol}/\text{mg MS}$ ). Elle augmente respectivement de 4 à 5 fois la valeur initiale chez Langlois et Mexicali75 qui atteinte les valeurs 1193,57  $\mu\text{mol}/\text{mg MS}$  et 1020,15  $\mu\text{mol}/\text{mg MS}$  dans les conditions stressés.

**Tableau 7** : Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles des cinq génotypes testés.

	Teneur en sucres solubles	
	Test F	Probabilité
Génotype	0,408	0.8317ns
Situation hydrique	682,34	0.0000***
Interaction génotype* situation hydrique	1.307ns	0.4429



**Figure 20** : Variations de la teneur en sucres solubles des génotypes expérimentés sous les deux situations hydriques appliqués.

## II. Discussions

Le déficit hydrique par les variations de son intensité affecte différemment, selon la nature du génotype, le déroulement de processus de remplissage des grains, et les conditions d'élaboration de rendement en grain et leur composition finale chez le blé dur.

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 dès le printemps, 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 plus importante chez le génotype Chen's, suggérant que ce génotype est le plus sensible parmi la collection testés.

Une hauteur de paille importante est une caractéristique désirable en zone semi-aride, suite à ses effets bénéfiques lors des années sèches. Le rendement en grains est associé à une grande quantité d'assimilés stockés et transférés des tiges pour le remplissage des grains (**Bahlouli et al., 2008**). Une partie de ces réserves est transférée vers la graine ; la tige exerce alors un rôle de relais pour l'alimentation de la graine (**Gate, 1995**). (**Hanson Et Al 1985**) font remarquer que l'augmentation de la biomasse aérienne au stade épiaison peut venir d'une haute paille. La hauteur associée à une meilleure répartition de la matière sèche produite conduit le plus souvent à l'amélioration du nombre de grains produits/m<sup>2</sup> et du rendement.

La diminution de la longueur du col de l'épi s'avère très importante sous les conditions du stress hydrique chez l'ensemble des génotypes étudiés, Les résultats de (**Fellah et al. 2002**), démontre que le col de l'épi par sa photosynthèse courante et le stockage des substrats carbonés contribuent à un meilleur remplissage du grain chez le blé dur.

On note la présence d'une corrélation positive et significative entre la hauteur de la plante, la longueur du col de l'épi ( $r=0.61^{**}$ ) et la longueur du dernier entre-nœud ( $r=0.74^{**}$ ). Ce résultat indique que d'une manière générale, l'accroissement de la masse végétative concerne l'ensemble des paramètres caulinaires mesurés. Ceci se confirme par de fortes relations positives qui lient ces deux paramètres et la hauteur de la paille.

Dans notre résultats, nous avons obtenus que la fertilité épi et le poids de mille grains sont négativement corrélés chez l'ensemble des génotypes ( $r = -0.81$ ). Ces résultats corroborent avec celle de (**Calderini, 1999**), qui montrent que le nombre de grains par épi et par conséquent l'unité de surface est

la composante la plus liée aux variations du rendement grain du blé et par conséquent, le poids moyen du grain peut être une importante source de variation du rendement grain particulièrement dans les régions caractérisées par des stress (**Acevedo et al., 1999**).

Les composantes du rendement tel que le nombre de grains/épis et le nombre d'épillets par épi et le PMG sont très affecté par le stress hydrique. On observe une corrélation positive entre la situation hydrique et le PMG ( $r = 2,79$ ) et une corrélation négative entre la situation hydrique et le nombre du grain par épi ( $r = -0,37$ ).

Ces résultats sont en accord avec d'autres études réalisées sur des collections de génotypes de céréales cultivées, sous régime pluvial ou irrigué (**Condon, 2002**), en région méditerranéenne (**Araus, 2003**) et même dans d'autres régions (**Sayre, 1995 ; Fischer, 1998**).

Sur le plan physiologique, les résultats de la teneur en sucre soluble, montrent que les valeurs enregistrées sont similaires avec une légère augmentation notée chez les génotypes Mohammed ben Bachir et Waha. La différence de taux d'accumulation entre les cinq génotypes testés reflète les réponses d'adaptation des génotypes avec la situation du stress hydrique. Nos résultats concordent avec ceux de (**Mefti, 2000**) qui ont confirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles. Les plantes stressées ont réagi par une augmentation de quantité des sucres au niveau de leurs cellules. Cette augmentation est, en réalité, un paramètre d'adaptation aux conditions de stress hydrique.

# CONCLUSION GENERALE

### III. Conclusion

Les effets de la sécheresse sur le comportement des plantes, dépendent de l'intensité de ce stress et les époques de sa déclaration au cours de leur développement. La phase de remplissage du grain constitue une étape primordiale dans la détermination du poids final et le rendement. Pour la culture du blé, cette étape conditionne différentes composantes du rendement aussi importantes, que toute variation dans leur élaboration, affectent grandement la formation du rendement final.

Le déficit hydrique constitue l'un des principaux facteurs responsables des faibles rendements chez le blé dur. Cependant, l'impact de ce stress abiotique sur la productivité de cette espèce, dépende de son intensité et le temps de sa déclaration.

Les résultats obtenus par la réalisation du présent travail informent que les génotypes testés influent sur le rendement en grain du blé dur et l'élaboration de sa qualité dépendent étroitement des conditions d'alimentation hydrique de la plante.

Une première constatation indique que sous les conditions hydriques déficientes, le remplissage du grain repose essentiellement sur le phénomène de la translocation des réserves contenues dans les différentes Parties de la plante.

Le poids de mille grains (PMG) est une caractéristique variétale. Les résultats obtenus montrent une diversité importante chez le blé, cette différence est marquée parce que les essais sont menés en plein champ dans des conditions climatiques naturelles de pluviométrie et de température, et sous deux régimes hydriques et ne peuvent faire l'objet de comparaison.

Le piégeage des sucres simples servirait à l'ajustement du potentiel osmotique des graines et induirait certainement une inhibition de perte d'eau des cellules (plasmolyse). Une augmentation de la teneur en sucres réducteurs assure un rôle osmo-protecteur contre la déshydratation des cellules par maintien de l'équilibre de la force osmotique en gardant la turgescence et le volume cytologique aussi élevé que possible et par une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés (**Darbyshire, 1974**).

L'accumulation de ces osmolytes (sucres et proline) n'est qu'un phénomène d'adaptation à la sécheresse. Ces osmolytes permettent déprotéger la plante à maintenir la turgescence de la cellule et l'intégrité des membranes cellulaires, afin d'assurer ses fonctions physiologiques.

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

- Anonyme, 1993** : ITGC, Analyse des contraintes liées à la céréaliculture. Programme de développement de la filière céréale, pp 8-10.
- Anonyme, 1987**
- 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.
- Amigues J.P., P. B. Seguin, F. Tardieu, A. Thomas (Etiteurs), 2006** : Sécheresse et agriculture .Réduire la vulnérabilité de l’agriculture à un risque accru de manque d’eau .Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA(France).
- Amokrane A., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Djekoun A., 2002**. Caractérisation des variétés locales, Syriennes et européennes de blé dur évaluées Constantine, numéro spécial D. 33 – 38.
- 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.
- Austin R.B. Et Jones H.G. (1975)**: The physiology of wheat–Annual Report-Plant breeds inst. Cambridge inst. England, pp: 327-355.
- Baba Sidi-Kaci S, 2010** : Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l’Atriplex en vue d’une valorisation agronomique. Thèse MAGISTER UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA p10.

- 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 semi-arid 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.
- Belaid D. (1987) :** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Edition OPU. Alger, p 207.
- Benseddik B., Benabdelli K., 2000.** Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) En zone semi-aride: approche éco-phy.
- Bernard R. 2006.** L'eau et la vie. (éd). *Dauphin*. Paris: 13- 59 p.
- Blum A., 1996:** Drought resistance in CRC, Press Ed, plant Breeding for stress environment, BocaRaton, Florida, USA, 223p.
- Bonjean A., 2001:** Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, N°21 :29-37.
- Boujnah, M., Abecassis, J., Bakhella, M., Amri, A., Ouassou, A., Nachit M., Chaurand, M., et Jaouhari, A. (2004).** Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. *AL AWAMIA* 111. Vol. 1 N. 3. Eté 2004.
- Boulal H., Zaghouane O., El mourid M et Rezgui S. 2007 :** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Coéditions ITGC/INRA/ICARDA. 176 p.
- Boulelouah N. (2002):** Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.
- 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.
- CDP, 2008.** Convention de la diversité biologique.
- Chehat, F. (2005).** Les politiques céréalières en Algérie. Rapport Annuel. Agri-Med. Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région Méditerranéenne, CIHEAM, 2006.
- Chenaffi et al, 2006.**
- Clement Grancourt Et Prats. (1971) :** Les céréales. Ed.J.B. Bailliers et Fils, 360p.
- 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.
- Couvreur Et Al, 1985 :** Formation du rendement du blé et risque climatiques. Perspectives agricoles N°95.PP 12-19.
- Couvreur 1981 :** La culture du blé se raisonne .perspectives agricoles 91,28-32.
- Croston R. P. Et Williams J.T. (1981):** A world survey of wheat genetic resources.IBRGR. Bulletin / 80/59, 37 p.
- Darbyshire B., 1974.** The function of the carbohydrate units of tree fungal enzymes in their resistance to dehydration. *Plant Physiol.*, 54: 717-721.
- Dahlgren, R. M. T., Clifford, H. T. & Yeo, P. F. 1985:** The Families of the Monocotyledons. Structure, Evolution and Taxonomy.
- Donmez, E., R.G. Sears, J.P. Shroyer Et G.M. Paulsen. (2000):** Evaluation of Winter Durum Wheat for Kansas. Kansas State University Agricultural Experiment Station, and Cooperative Extension Service. Publication, 1:172-180.

- Eliard J.L. (1979) :** Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Baillière, Paris, 344 p.
- Evans L.T. Et Rawson H.M. (1975) :** Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of ear during grain development in wheat. Aust.J. Biol. pp: 223-245.
- FAO (2012).** Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde – ampleur, causes et prevention. Rome. <http://www.fao.org/land-water/en/> .Date de consultation: 09/06/2018.
- Fellah A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Djekoun.2002.** Sélection pour améliorer la tolerance aux stress abiotiques chez le blé dur (T. durum Desf.). Actes de l'IAVHII, 64: 35-42.
- Ferhati M., 2007:** Comportement du chêne liège (Quercus suber L.) aux températures extrêmes. Thèse magistère. Université MENTOURI CONSTANTINE p16.
- 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.
- Fontaubert C.A., Downes D.R. et Agardy T.S., 1996 - Biodiversity in the sea:** Implementing the convention on biological diversity in marine and coastal habitats. UICN. Environmental policy and law paper N° 32. A Marin Conservation and Development Report. 82p.
- Gate P. (1995).** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier,Paris, 419 p.
- Gate P. Écophysiologie du blé.** Paris : Tec & Doc-Lavoisier, 1995.
- Gate P., 1995 :** Ecophysiologie du blé, Ed. Lavoisier, Paris, pp72-289.

- Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé, edit. lavoisier, paris, techniques et documentations, 429.
- GNIS, 2006.** Création- réalisation. Semences et biodiversité. Semences et biodiversité. Préservation et enrichissement de la biodiversité par la filière semences. E.P.C- Février 2006- Réf: D0615.
- Grignac P.H., 1984 :** La culture et l'amélioration génétique du blé dur .Guide national de l'agriculture T.III.
- Harlan J.R. (1975) :** Our vanishing genetics resources. Science, 188: 618-621.
- Hamadache, A, (2011).** Effets de quelques facteurs agro-techniques sur la qualité du grain du blé pluvial. Impact de la fertilisation azotée et de la protection phytosanitaire. Céréaliculture, 56 1er semestre, pp : 57-62.
- Hanson Ad., May Am., Grumet R., Bode J., Jamiesson Gc., Rhodes D., 1985.** Betaine synthesis in chenopods: localization in chloroplast. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 82, 3678-3682.
- Hermez F., 1996:** Etude du comportement de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et l'orge (*Hordeum vulgare* L) vis-à-vis du stress hydrique. INA. El-Harrach, Alger. Pp5 21.
- Heller R., Esnault R. Et Lance C., 1998:** Physiologie végétale, Tome 1 Nutrition. Ed. DUNOD, France, pp 323.
- Hervieu B., R.Capone, S. Abis. 2006.** The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. Ciheam analytical note, N°9: 14 pages.
- Hopkins W.G., 2003 :** Physiologie Végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par Serge.R , Ed. de Boeck, p. 66-8.

- Kellou Rym (2008).** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. (Master of Science, IAMM, 2008, Série Thèses & Masters n°93).
- INA, 2007/2008:** sécurité alimentaire de blé dur dans le monde et en Algérie., Botanique et écophysiologie des céréales à paille. Céréales, pp 17-27. (En ligne)
- ITGC 1999:** Analyse des contraintes liées à la céréaliculture. Programme de développement de la filière céréale, pp 8-10).
- ITGC 2003:** Le blé dur : qualité, importance et utilisation dans la région des hauts plateaux (Tiaret et Tissemsilt).: ITGC. 7p
- ITGC 2009:** céréaliculture, revue n°52-volume1-1er semestre 2009, p18-19.
- Laberche J-C. 2004:** La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: 154 -163 p.
- Lahmar R., A. Ruellan. 2007.** Dégradation des sols et stratégies coopératives en Mediterranean: la pression sur les ressources naturelles et les stratégies de développement durable. Cahiers Agricultures16: 318-323.
- Leclerc J.C. 1999 :** Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint Etienne. Paris : 283 p.
- Legret, 1985.**
- Loue A., 1982 :** Le potassium et les céréales.
- Maachi L., 2005 :** Etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : Evaluation de l'efficience de l'irrigation et de la fertilisation azotée,Thèse., Ing, agro, Sah. ITAS, Ouargla, 91p.

- Madr. 2011:** Bulletin statistiques de la campagne 2009-2010. Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural. 23 pages.
- Masle-Meynard J. (1980) :** L’elaboration du nombre d’épis chez le blé d’hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l’utilisation de l’azote et de la lumière. Thèse de Docteur- Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- Mefti M., Abdel guerfi A., Chebouti A.** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques Populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn..In : Delgado I. (ed.), Lloveras J. (ed.). Quality in Lucerne and medics for animal production. Zaragoza : CIHEAM, 2001. p. 173-176 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 45).
- Meghrebi A., Mehdadi Z., Toumi F., Moueddene K., Bouadjra B., 2013.**tolérence à la sécheresse du blé dur (*Triticum Durum* desf.) et identification des paramètres morpho-physiologiques d’adaptation dans la région de sidi bel-abbé (Algérie occidentales). Marchell University, 1072954:37-41.
- Monneveux P., Rekika D., Acevedoe. 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: 867–872.
- Moule C. (1971) :** Céréales 2. phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236p.
- Mouellef ,2010.**
- Mouhouche B. & Boulassel A., 1997 :** Gestion rationnelle des irrigations de compléments des cultures de légumineuses alimentaires et céréales *.Recherche agronomique .INRA.1:21-31p.*
- Picard E, 1988 :** Sélection du blé, intégration des biotechnologies. Revue n°68, p28-38.
- Prats j., 1966:** les céréales. ED. Bailliere.332p.
- Remy Et Viaux, 1980.**

**-Samir 1991.**

**-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.

**-Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid ED. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62.

**-Soltner D, 1990 :** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies 16ème Ed, collection sciences techniques agricoles.464p.

**-Soltner D., 2003 :** les bases de la production végétale. Ed.

**-Tardieu F., Karteji N Et Bethenod O., 1990 :** Relations entre l'état hydrique du sol, le potentiel de base et d'autres indicateurs de la contrainte hydrique chez le Maïs. *Agronomie* **10**, 617 – 626.

**-UPOV, 1994.** Principes directeurs pour la conduite de l'examen des caractères distinctifs, de l'homogénéité et de la stabilité. Blé tendre (*Triticum aestivum* L.). 55p.

**-Viaux, 1980.**

**-Vilain M., 1999 :** Méthodes expérimentales en agronomie, Ed. Technique et Documentation, Paris, 337p.

**-Yves H. Et De Buyser J. (2000) :** L'origine des blés. *Pour la science*, **26**: 60-62.