



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI  
BORDJ BOU ARRERIDJ

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI  
BORDJ BOU ARRERIDJ

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

## Thème

**Evaluation de la tolérance a la sécheresse chez le blé dur  
(*Triticum durum* Desf) dans deux régions (BBA, Sétif)  
par l'étude des paramètres morpho-physiologiques.**

Présenté par : Bendahmane Amel

Hernouf Zohra

Fareh Nedjouda

Devant le jury :

**Président :** Mr GUISSOUS M. MAA (Univ: Bordj Bou Arreridj)

**Encadrant :** Mme KELALECH H. MAA (Univ: Bordj Bou Arreridj)

**Examineur :** Mme TABTI D. MAA (Univ: Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2018/2019

# Sommaire

<b>Résumé</b>	
<b>Liste des Abréviations</b>	
<b>Liste des Tableaux</b>	
<b>Liste des Figures</b>	
<b>Liste des Annexes</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Revue bibliographique</b>	
<b>I.1. Le blé dur .....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.1. Historique et origine .....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.2.Phylogénie et positionnement taxonomique.....</b>	<b>04</b>
<b>I.1.3. Classification Botanique de blé dur :.....</b>	<b>05</b>
<b>I.1.4.Importance du blé.....</b>	<b>05</b>
<b>I.1. 5. Le cycle biologique du blé.....</b>	<b>05</b>
<b>I.1. 5.1. Période végétative.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1. 5.1.1. Phase germination-levée.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1. 5.1.2. Le tallage.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1. 5.2. Période reproductrice.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1. 5.2. 1. Montaison-floraison.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1. 5.3. Période remplissage et maturité du grain.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.5.3.1. Floraison-maturité.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.6. Caractéristiques morphologiques .....</b>	<b>08</b>
<b>    a. Le grain.....</b>	<b>08</b>
<b>    b. Appareil végétatif .....</b>	<b>08</b>
<b>    c. Appareil reproducteur .....</b>	<b>09</b>
<b>I.1.8.Exigences du blé dur.....</b>	<b>09</b>
<b>    a-LA température.....</b>	<b>09</b>
<b>        a-1- Les fortes températures.....</b>	<b>09</b>
<b>    b-Eau.....</b>	<b>10</b>
<b>    c- Lumière.....</b>	<b>10</b>
<b>    d- Sol.....</b>	<b>10</b>

<b>I.2.Le stress hydrique.....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.1.Effet du stress hydrique sur la photosynthèse.....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.2.Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.3.Les mécanismes d'adaptation des plantes vis à vis d'un déficit hydrique.....</b>	<b>12</b>
<b>I.2.3.1. Adaptations phénologiques.....</b>	<b>12</b>
<b>I.2.3.2. Adaptations morphologiques.....</b>	<b>12</b>
<b>a. Système racinaire.....</b>	<b>12</b>
<b>b. Surface foliaire.....</b>	<b>13</b>
<b>c. L'épi.....</b>	<b>13</b>
<b>d. Longueur des barbes.....</b>	<b>14</b>
<b>I.2.3.3.Adaptation physiologique.....</b>	<b>14</b>
<b>a- Maintien de l'état hydrique de la plante.....</b>	<b>14</b>
<b>b- Le fonctionnement stomatique.....</b>	<b>14</b>
<b>c. La teneur en chlorophylle.....</b>	<b>15</b>
<b>d-La teneur relative en eau de la feuille.....</b>	<b>15</b>
<b>e-Le maintien de l'intégrité membranaire.....</b>	<b>15</b>
<b>Chapitre II: Matériels et méthodes</b>	
<b>II.1. Description du site expérimental.....</b>	<b>17</b>
<b>II.1.1. Situation géographique.....</b>	<b>17</b>
<b>II.1.2. Le sol.....</b>	<b>18</b>
<b>II.1.3. Le climat.....</b>	<b>18</b>
<b>II.1.3.1. Caractéristiques du climat de la campagne d'étude 2018/2019.....</b>	<b>19</b>
• <b>Précipitations et températures.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2. Mise en place de l'expérimentation.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2.1. Matériel végétal.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2.2. Le dispositif expérimental.....</b>	<b>20</b>
<b>II.2.3. Conduite de la culture.....</b>	<b>21</b>
• <b>Le semis .....</b>	<b>21</b>
• <b>Fertilisation.....</b>	<b>21</b>
• <b>Désherbage .....</b>	<b>22</b>
<b>II.3. Paramètres mesurés.....</b>	<b>22</b>

<b>II.3.1. Caractères morphologiques .....</b>	<b>22</b>
• <b>La surface foliaire de la feuille étendard (SFE).....</b>	<b>22</b>
• <b>La longueur de l'épi (LE).....</b>	<b>23</b>
• <b>La longueur des barbes (LB).....</b>	<b>23</b>
• <b>La longueur de l'épi avec barbe (LEB).....</b>	<b>23</b>
• <b>La longueur de tige(LT).....</b>	<b>24</b>
<b>II.3.2. Paramètres physiologiques.....</b>	<b>24</b>
• <b>La teneur relative en eau (TRE %).....</b>	<b>24</b>
• <b>Dosage des Pigments Chlorophylliens.....</b>	<b>27</b>
• <b>L'intégrité cellulaire (IC %).....</b>	<b>28</b>
<b>II.4. Analyse des données.....</b>	<b>29</b>

### **Chapitre III: Résultats et discussions**

<b>III.1. Condition climatiques de l'année d'expérimentation 2018 /2019.....</b>	<b>30</b>
<b>III.2. Variation des caractères morphologique.....</b>	<b>31</b>
<b>III .3. Variation des paramètres physiologique.....</b>	<b>37</b>
<b>III.4. Caractérisation des génotypes.....</b>	<b>43</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>45</b>

#### **Références bibliographiques**

#### **Annexes**

#### **Résumé**

# *Remerciement*

Tout d'abord, grâce à *Allah* qui nous a créé, nous a protégé, qui nous a donné le courage qui est toujours avec nous qu'il ne nous laisse jamais seule.

Nous voudrions remercier du fond du cœur à *M<sup>me</sup> KLELECHE* professeur à l'université de BBA qui a encadré cette étude au quotidien. Pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse, sa confiance et ses encouragements. et pour ses appréciations sur ce travail

Nous tenons à remercier les membres de jury :  
*GUISSOUS MOKHTAR* professeur à l'université de BBA pour avoir bien voulu présider le jury.

*TABTI DAHBIA* Professeur à l'université de BBA pour examiner et juger ce travail

Mes sincères remerciements vont à *M<sup>me</sup> BOUREHLA* professeur à l'université de BBA, qui a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail.



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents :*

*Sources de mes joies, secrets de ma force.*

*Vous serez toujours le modèle.*

*Papa, dans ta détermination, ta force et ton  
honnêteté.*

*Maman dans ta bonté, ta patience et ton  
dévouement pour Nous.*

*Merci d'être tout simplement mes parents.*

*À mes frères: Abd arrasak et son épouse  
Houda, Ismail, Hamza, Youssef.*

*À mes adorables sœurs : Zineb, Nadjia,  
Nadjat.*

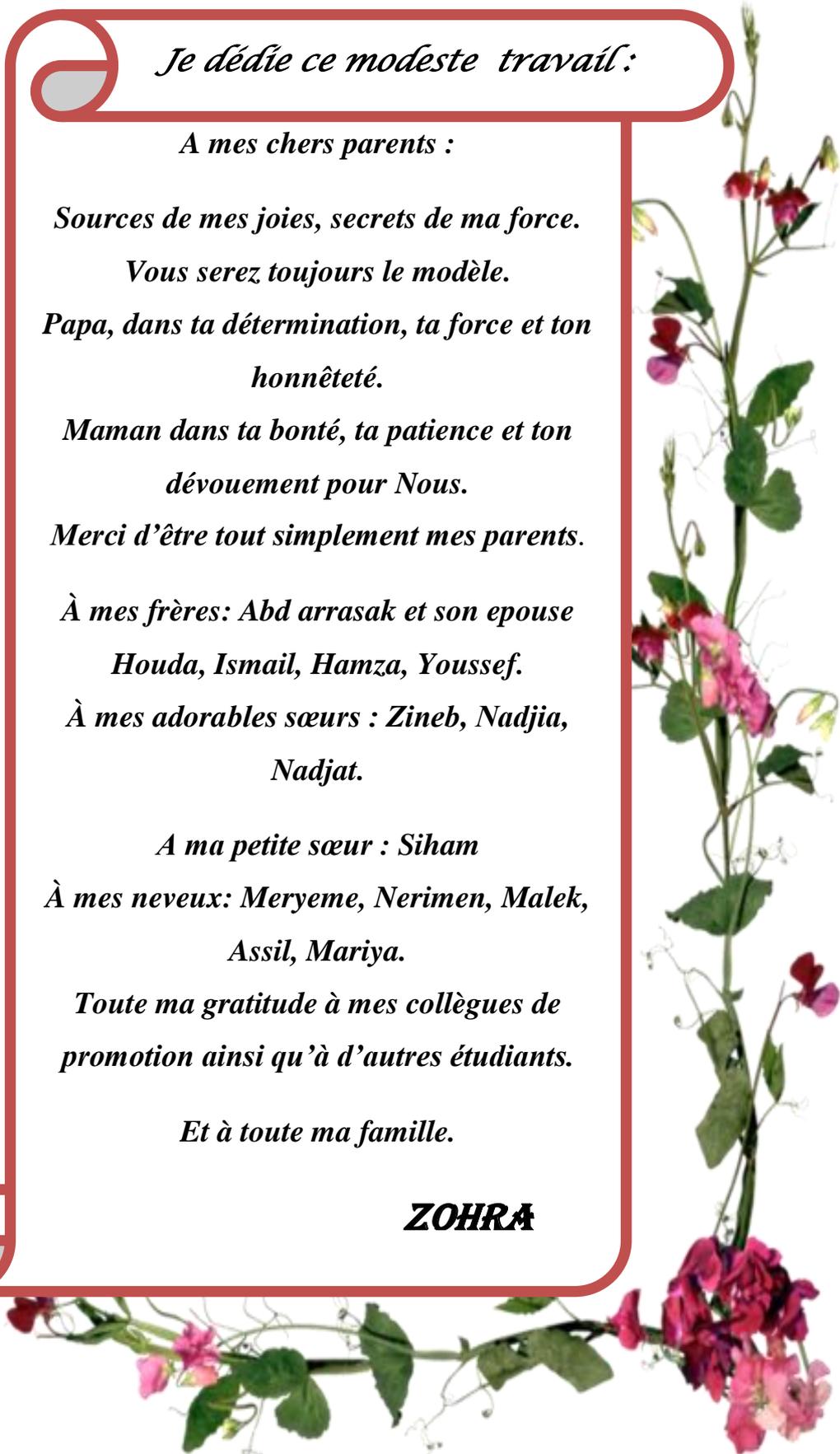
*A ma petite sœur : Siham*

*À mes neveux: Meryeme, Nerimen, Malek,  
Assil, Mariya.*

*Toute ma gratitude à mes collègues de  
promotion ainsi qu'à d'autres étudiants.*

*Et à toute ma famille.*

**ZOHRA**



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents :*

*Sources de mes joies, secrets de ma force.*

*Vous serez toujours le modèle.*

*Papa, dans ta détermination, ta force et ton  
honnêteté.*

*Maman dans ta bonté, ta patience et ton  
dévouement pour Nous.*

*Merci d'être tout simplement mes parents.*

*À mon frère: Ameer et son épouse Dalel.*

*À mes adorables sœurs*

*A ma petite sœur : Fouzia*

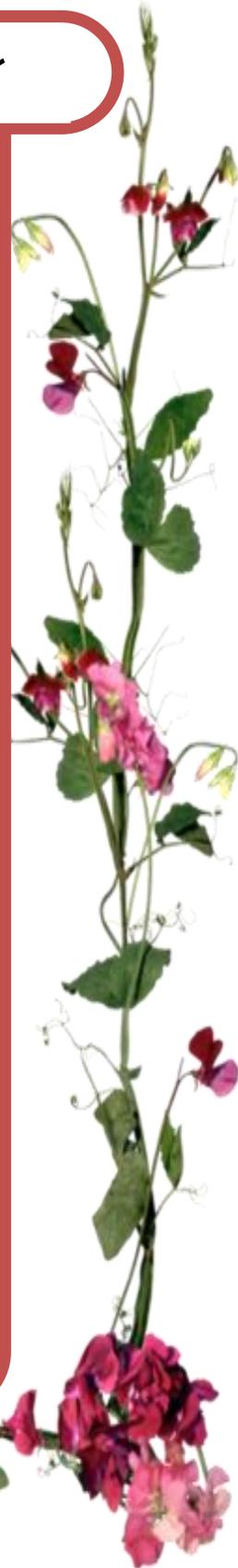
*À mes neveux: Sirine, Abderrahmane*

*À mes chères amies: Habiba, Bahia,  
Amoula, Nawel.*

*Toute ma gratitude à mes collègues de  
promotion ainsi qu'à d'autres étudiants.*

*Et à toute ma famille.*

**NADJWA**



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents :*

*Sources de mes joies, secrets de ma force.*

*Vous serez toujours le modèle.*

*Papa, dans ta détermination, ta force et ton  
honnêteté.*

*Maman dans ta bonté, ta patience et ton  
dévouement pour Nous.*

*Merci d'être tout simplement mes parents.*

*À mes frères: Rida, Fouad et son épouse  
Amoula.*

*À mes adorables sœurs : Sonia et son epoux  
El aïd*

*A ma petite sœur : Chira.*

*À mes neveux: Mimicha , Malek.*

*À mes chères amies: Khawla, Fulla*

*Toute ma gratitude à mes collègues de  
promotion ainsi qu'à d'autres étudiants.*

*Et à toute ma famille.*

**AMEL**



# Liste des abréviations

<b>%</b>	Percentage.
<b>A</b>	Argile.
<b>A</b>	Avril.
<b>BBA</b>	Bordj-Bou-Argeridj.
<b>Chlr a</b>	Chlorophylle a.
<b>Chlr b</b>	Chlorophylle b.
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centimètre carré.
<b>D</b>	Décembre.
<b>Do</b>	Densité Optique.
<b>F</b>	Février.
<b>Fig</b>	Figure.
<b>G</b>	Gramme.
<b>H</b>	Heure.
<b>HT</b>	Hauteur de tige.
<b>IC</b>	Intégrité cellulaire.
<b>J</b>	Janvier.
<b>Km</b>	kilomètre.
<b>l</b>	Largeur moyenne de la feuille étendard.
<b>L</b>	Longueur moyenne de la feuille étendard.
<b>LB</b>	longueur des barbes.
<b>LE</b>	Longueur d'épi.
<b>LEB</b>	Longueur d'épi avec barbes.
<b>LF</b>	Limon fin.
<b>LG</b>	Limon gros.
<b>M</b>	Mai.
<b>M</b>	Mars.
<b>m</b>	Mètre.

<b>m<sup>2</sup></b>	Mètre carrée.
<b>ml</b>	Millilitre.
<b>mm</b>	Millimètre.
<b>N</b>	Novembre.
<b>P</b>	Pluie.
<b>PF</b>	Poids frais.
<b>PS</b>	Poids sec.
<b>PT</b>	Poids de turgescence.
<b>RN</b>	Route nationale.
<b>SF</b>	Sable fin.
<b>SFE</b>	Surface de la feuille étendard.
<b>SG</b>	Sable gros.
<b>T</b>	Température.
<b>TRE</b>	Teneur relative en eau.

# LISTE DES FIGURES

Figure	Page
<b>Fig.01:</b> Phylogénie du blé dur.	03
<b>Fig.02:</b> Relations phylogénétiques entre les principaux groupes d'espèces monocotylédones.	04
<b>Fig.03 :</b> Les différents stades de développement du blé.	07
<b>Fig.04 :</b> Coupe d'un grain de blé.	08
<b>Fig.05 :</b> Le site de l'essai Sétif (Université de Sétif).	17
<b>Fig.06 :</b> Le site de l'essai BBA (el Hamadia).	18
<b>Fig.07 :</b> Le dispositif de l'essai.	20
<b>Fig.08 :</b> Micro-parcelle (parcelle élémentaire).	21
<b>Fig.9 :</b> La longueur de l'épi.	23
<b>Fig.10 :</b> La longueur de barbe.	23
<b>Fig.11 :</b> La longueur de l'épi avec barbe.	24
<b>Fig.12 :</b> La hauteur de tige.	24
<b>Fig.13 :</b> Les principales étapes à suivre pour déterminer la teneur en eau.	25
<b>Fig. 14 :</b> Etapes à suivre pour le dosage des pigments chlorophylliens.	27
<b>Fig.15 :</b> Etapes à suivre pour déterminer l'intégrité cellulaire.	28
<b>Fig.16 :</b> Diagramme Ombrothermique de la campagne 2018/2019 Sétif.	30
<b>Fig.17 :</b> Diagramme Ombrothermique de la campagne 2018/2019 d'El Hammadia.	30
<b>Fig.18 :</b> L'évaluation de la surface foliaire de feuille étendard chez les quatre variétés de blé dur étudiées en condition irriguée et pluvial	31
<b>Fig.19 :</b> Variation de l'hauteur de Tige chez les quatre variétés de blé dur étudiées en condition pluvial et irriguée.	32
<b>Fig.20 :</b> Variation de la longueur d'épi chez les quatre variétés de blé	34

dur étudiées en condition pluvial et irriguée.	
<b>Fig.21</b> : Variation de la longueur de barbe chez les quatre variétés de blé dur étudiées en condition pluvial et irriguée.	35
<b>Fig.22</b> : Variation de la longueur de l'épi avec barbe chez les quatre variétés de blé dur étudiées en conditions condition pluvial et irriguée.	36
<b>Fig.23</b> : Variation de teneur relative en eau chez quatre variétés étudiées en condition pluvial et irriguée.	38
<b>Fig.24</b> : variation de teneur en chlorophylle (a) (b) (a+b) des feuilles étendards des quatre variétés étudiées dans les deux conditions dans la région de Sétif.	39
<b>Fig.25</b> : Variation de teneur en chlorophylle (a) (b) (a+b) des feuilles étendards des quatre variétés étudiées dans les deux conditions dans la région de BBA.	40
<b>Fig.26</b> : Transgressions de l'intégrité cellulaire chez quatre variétés étudiées en condition pluvial et irriguée.	43
<b>Fig.27</b> : Valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des variables mesurés chez les quatre variétés dans la région de Sétif.	44
<b>Fig.28</b> : Valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des variables mesurés chez les quatre variétés dans la région de BBA.	45

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
<b>Tableau 01:</b> Les exigences en température pour les différents stades de vie du blé.	11
<b>Tableau 02:</b> Résultats des analyses granulométriques des sols étudiés (Sétif, BBA).	20
<b>Tableau 03:</b> Données climatiques de Sétif (2018/2019).	21
<b>Tableau 04:</b> Données climatiques de BBA (2018/2019).	21
<b>Tableau 05:</b> Nom et origine des variétés étudiées	21
<b>Tableau 06:</b> Les caractéristiques et les paramètres agronomiques des variétés étudiées	22
<b>Tableau 07:</b> La date et la dose d'engrais utilisé (Sétif).	23
<b>Tableau 08:</b> La date et la dose d'engrais utilisé (BBA).	23

# LISTES ANNEXES

<b>Annexe 01</b>	Parcelle de l'essai dans la région de BBA.
<b>Annexe02</b>	Parcelle de l'essai dans la région de Sétif.
<b>Annexe 03</b>	Résultats de mesure des caractères morphologiques, physiologiques dans la région de BBA.
<b>Annexe 04</b>	Résultats de mesure des caractères morphologiques, physiologiques et biochimique dans la région de Sétif.
<b>Annexe 05</b>	Valeurs moyennes des paramètres mesurés pour les traitements
<b>Annexe 06</b>	Analyse de signification des variables mesurées dans la région de BBA.
<b>Annexe 07</b>	Analyse de signification des variables mesurées dans la région de Sétif.

# Introduction

### Introduction

En Algérie, les céréales sont les principales cultures, cultivées sur une superficie annuelle d'environ 3,6 millions d'hectares (**MADR, 2012**). Parmi les céréales, le blé dur occupe une place de choix dans l'alimentation des populations algériennes (**Megherbi et al., 2012**).

Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat des régions arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe, elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (**Abeledo et al., 2008**).

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au Monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (Anonyme., 2006). Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (**Chellali., 2007**). En effet une production très insuffisante de 2.7 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (**FAO., 2019**).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (**Chaise et al., 2005**).

La seule observation des variations pluriannuelles des rendements observés chez l'espèce ne permet pas de déterminer précisément les formes de réactions qu'elle développe (**Baker et al 2007**).

L'analyse doit alors être complétée par une meilleure compréhension des mécanismes de fonctionnement de la plante dans le but de déterminer les réponses physiologiques et morphologiques d'adaptation à la sécheresse (**Bajji., 1999**). Cette adaptation variétale s'exprime selon (**Bajji., 1999**), comme une réponse à la contrainte imposée par une succession de modifications au niveau cellulaire, subcellulaire et moléculaire qui sont dépendants des potentialités génétiques.

## Introduction

---

La transgressivité de certains caractères intéressants pour les traits de tolérance au stress hydrique notamment a été rapportée par **(Baker et al 2007)**, où certains génotypes ont des réponses spécifiques à l'égard du stress hydrique par une adaptation ou une accommodation transitoire exprimée à travers un trait morpho-physiologique. **(Baker et al 2007)** montrent qu'il est possible de mettre le milieu de son côté en localisant et en intensifiant les céréales dans les seules régions où les potentialités sont vite valorisées.

Ce travail a pour objectif de comparer le comportement de quatre variétés de blé dur sous stress hydrique dans deux régions différentes (BBA et Sétif), ceci par l'étude de quelques paramètres morphologiques et physiologiques.

Notre mémoire est présenté en trois chapitres : Le chapitre (I), est une synthèse bibliographique sur le blé dur, le stress hydrique et les mécanismes morpho physiologiques, biochimiques de la tolérance des plantes au stress hydrique.

Dans le chapitre (II), nous verrons successivement la description du matériel végétal, des conditions de culture et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.

Le troisième (III) chapitre fait l'objet de la présentation des résultats obtenus dans ce travail et leur discussion.

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

# Chapitre I

## Revu bibliographique

## I.1. Le blé dur

## I.1.1. Historique et origine

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 in Khelil *et* Hammouche, 2017). 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 in Khelil *et* Hammouche, 2017).

Le blé dur est une 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 maysL.*) 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 Mackey, (1968 in Khelil *et* Hammouche, 2017), l'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom d'*Aegilops speltaoides*. Le blé dur (*Triticum durum*) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, possède  $2n=4x=28$  chromosomes. D'après Feillet, (2000), le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A)  $\times$  *Aegilops speltaoides* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) ( Fig01).

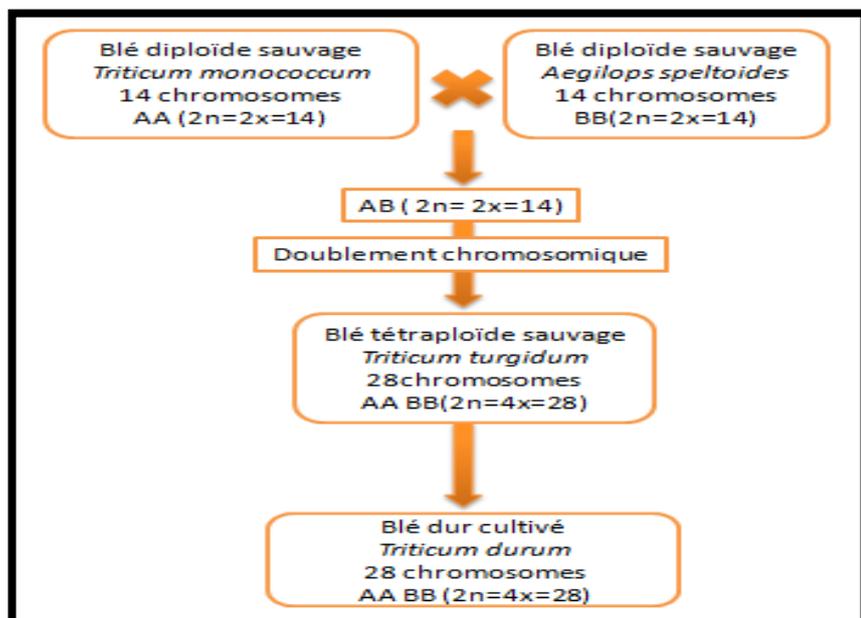


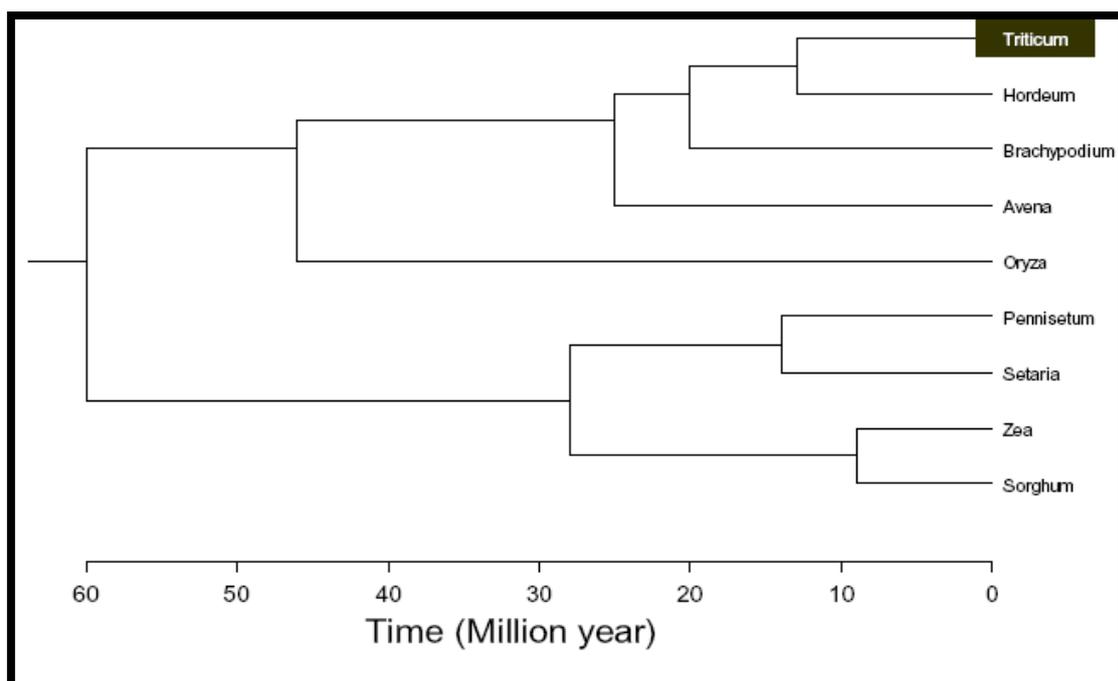
Fig.01: Phylogénie du blé dur (Débitons. 2010).

L'espèce *Triticum durum* est propagée dans trois centres secondaires différents qui sont le bassin occidental de la Méditerranée, le sud de la Russie et le Proche Orient. Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variétés botaniques aux caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques particulières (**Monneveux, 1991 in Khelil et Hammouche, 2017**).

Cette diversification morphologique a été mise à profit en sélection, notamment dans la recherche de gènes intéressants tels ceux qui contrôlent la résistance aux basses températures, plus présents chez les pôles Européens, ceux qui contrôlent la durée du cycle (précocité aux stades épiaison et maturité), chez les pôles Syriens et Jordaniens et ceux contrôlant la grosseur et la vitrosité du grain, chez les pôles Méditerranéens (**Monneveux, 1991 in Khelil et Hammouche, 2017**).

### I.1.2. Phylogénie et positionnement taxonomique

Selon **Charles (2010)**, le genre *Triticum* appartient à la tribu des Triticées, la sous-famille des *Pooideae* au sein de la famille des Poacées et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones. Les espèces cultivées les plus proches des Triticées sont le maïs (*Zea mays*), le sorgho (*Sorghum bicolor*) et le riz (*Oryza sp.*). Les blés sont couramment regroupés parmi les céréales, un groupe polyphylétique comprenant des Poacées (blé, orge, avoine, maïs) mais aussi une Polygonacée (Sarrasin), une Chénopodiacée (Quinoa) et une Pédaliacée (Sésame). Les Poacées comptent plus de 600 genres et 10 000 espèces, poussant sous des latitudes et des climats diversifiés (**Kellogg, 2001**) (Fig02).



**Fig.02:** Relations phylogénétiques entre les principaux groupes d'espèces monocotylédones. D'après (**Bolot et al., 2009**).

Le genre *Triticum* regroupe de nombreuses espèces présentant une large gamme de diversité morphologique et agroécologique. Notamment, ce genre regroupe des espèces de ploïdies variées : des espèces diploïdes telles que l'Engrain (*Triticum monococcum*), des espèces tétraploïdes avec l'Amidonnier (*Triticum dicoccum*) ou le blé dur (*Triticum durum*) et enfin des espèces hexaploïdes telles que le blé tendre (*Triticum aestivum*). Il apparaît que la polyploïdisation a joué un rôle majeur dans l'évolution de la famille des Poacées (**Salse et al., 2008 ; Bolot et al., 2009**).

## **I.1.4. Importance du blé**

Le blé est la source de protéines la plus importante au monde après les légumineuses et la deuxième source de calories après le riz. D'ici 2050, une augmentation de 60 % de la production mondiale de blé sera nécessaire pour répondre à la demande d'une population croissante. Les actions prioritaires à engager pour relever ce défi viennent d'être présentées par la Wheat Initiative (**Hamadache, 2013**).

## **I.1.5. Le cycle biologique du blé**

De graine à graine, le cycle biologique du blé se divise en trois périodes successives, chacune comporte des phases et des stades. La réalisation des différents stades est sous le contrôle de la somme des températures journalières (degré-jour) subie par la plante. La somme des températures, base zéro pour le blé, se calcule ainsi :

Somme degré-jour =  $(T^{\circ}\text{C min} + T^{\circ}\text{C max}) / 2$  Il ne faut prendre en considération que les valeurs positives ( $>0$ ) (**Hamadache, 2013**).

### **I.1.5.1. Période végétative**

#### **I.1.5.1.1. Phase germination-levée**

Cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m<sup>2</sup>. Le sol est percé par la coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille (**Hamadache, 2013**). La levée est notée quand 50% des plantes sont sorties de la terre. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque le déchaussage (**Karou et al., 1998 in Salmi, 2015**).

#### **I.1.5.1.2. Le tallage**

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. La formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire (maitre-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> talle apparaissent à l'aisselle de la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> feuille (**Hamadache, 2013**). Le fin tallage est 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 in Salmi, 2015**). Cependant, **Longnecker et al., 1993 in Salmi, 2015**) suggèrent que le tallage ne s'arrête pas à n'importe

quel stade de développement du blé, mais il est plutôt contrôlée par un certain nombre de facteurs génétiques et environnementaux. Le nombre de talles productives dépend du génotype, de l'environnement et est fortement influencée par la densité de peuplement (Acevedo *et al.*, 2002).

### I.1.5.2. Période reproductrice

#### I.1.5.2. 1. Montaison-floraison

La montaison débute lorsque les entrenœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage (Belaid, 1987 in Salmi, 2015). Selon Baldy (1984 in Salmi, 2015) la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface.

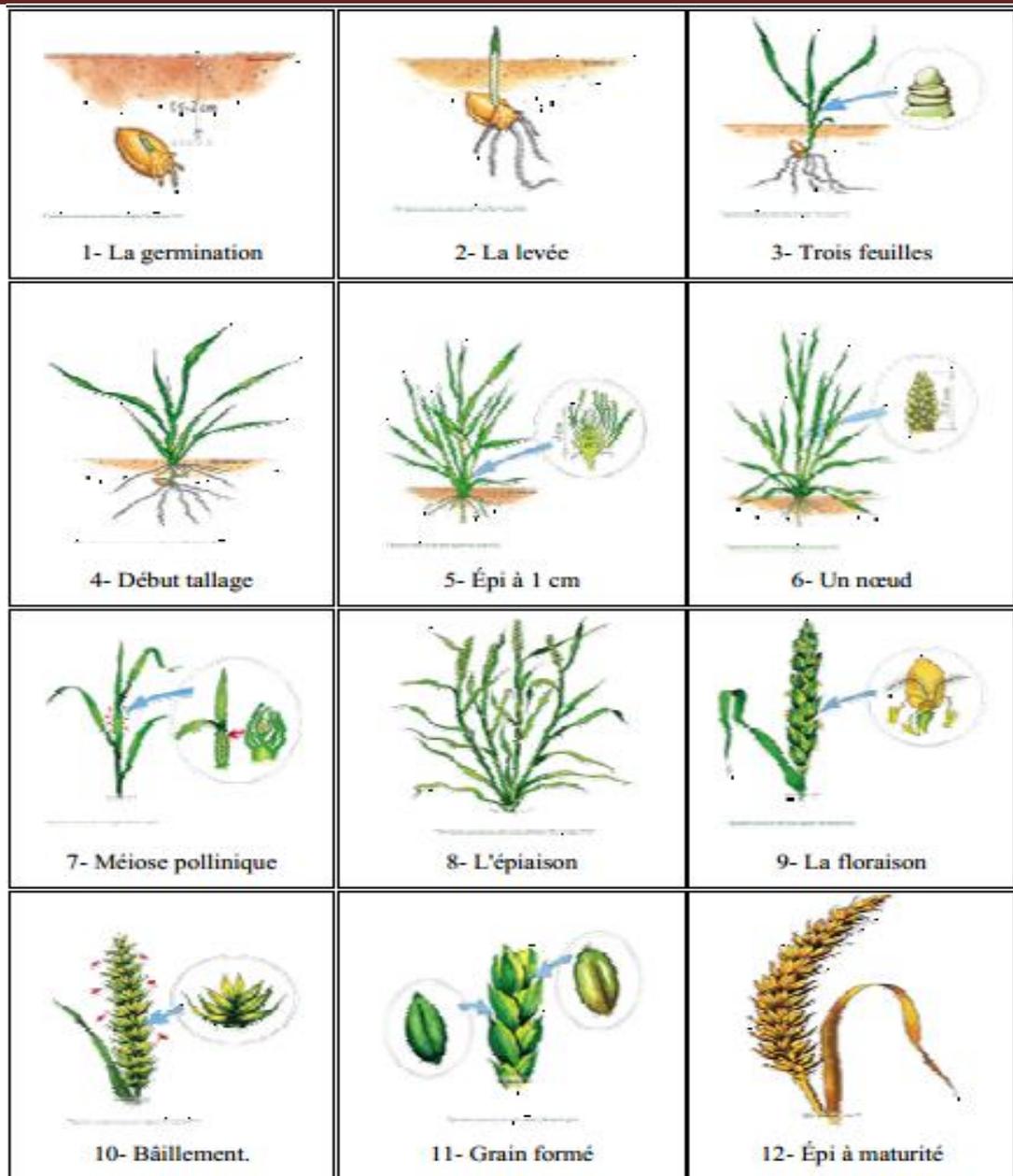
A l'épiaison, l'épi sort de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement après quelques jours (moins de 7 jours) après l'épiaison. Les températures élevées et la sécheresse au cours de l'épiaison et de la floraison peuvent réduire la viabilité du pollen et ainsi réduire le nombre de grain (Herbek *et Lee*, 2009).

### I.1.5.3. Période remplissage et maturité du grain

#### I.1.5.3.1. Floraison-maturité

La période floraison-maturité correspond à l'accumulation des hydrates de carbone et de l'azote dans le grain (Gallais *et Bannerot*, 1992 in Salmi, 2015). Cette période correspond à la formation de la dernière composante constitutive du rendement qui est le poids de 1000 grains (Robert *et al.*, 1993 in Salmi, 2015). Le remplissage du grain, après la floraison, se fait de deux façons :

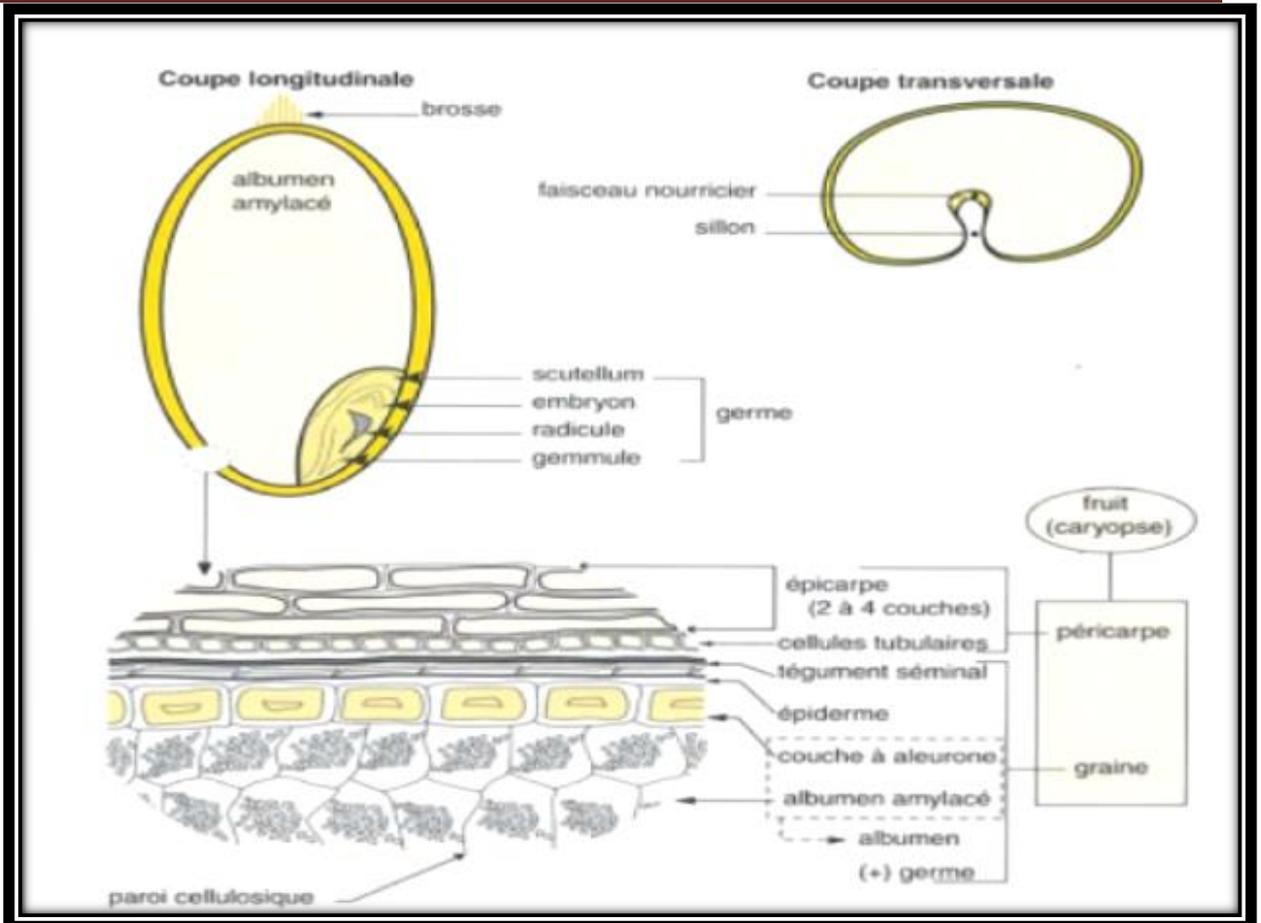
- Par la migration d'une partie des réserves de la tige.
- Par la photosynthèse des parties de la plante encore vertes (feuilles, épis, barbes) (Hamadache, 2013). Le rendement en grains, sous système de culture pluviale et sous environnement contraignant, est la résultante de la durée, de la vitesse de remplissage et de la capacité de translocation des assimilats stockés dans la tige (Abbassenne *et al.*, 1997 in Salmi, 2015). Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain (échaudage du grain). Puis suit le dessèchement du grain, pour atteindre son poids sec final (Wardlow, 2002).



**Fig.03:** Les différents stades de développement du blé (Soltner, 2005).

**I.1.6. Caractéristiques morphologiques**

- a. **Le grain** : Le fruit des graminées est un caryopse sec indéhiscent à maturité. (in Khelil et Hammouche, 2017)(Fig.04).



**Fig.04:** Coupe d'un grain de blé (Feillet, 2000).

### b. Appareil végétatif :

Le système aérien de la plante se développe en produisant un certain nombre de tiges, qui se développent en tiges cylindriques formées par des nœuds séparés par des entre-nœuds. Chaque tige porte à son extrémité une inflorescence.

Deux systèmes racinaires se forment au cours de développement :

- Un système primaire : ce sont des racines séminales qui fonctionnent de la germination au tallage.
- Un système secondaire : de type fasciculé, les racines partent des nœuds les plus bas et sont presque toutes au même niveau (plateau de tallage) (in Khelil et Hammouche, 2017).

### c. Appareil reproducteur :

Les fleurs sont groupées en inflorescence. Chacune est composée d'unités morphologiques de base : les épillets. Le blé dur, le blé tendre et l'orge sont des plantes autogames ou à autofécondation (in Khelil et Hammouche, 2017).

## I.1.7. Exigences du blé dur :

Un bon comportement de la culture durant tout son cycle de développement exige la réunion de certains facteurs qui conduisent à l'observation d'un meilleur rendement. Les facteurs climatiques ont une action prépondérante sur les différentes périodes de la vie du blé (Soltner, 1988).

### a- La température

Conditionne à tout moment la physiologie de blé selon le zéro de végétation et de germination c'est à dire la température à partir de laquelle un blé germe et pousse, est de 0°C cependant l'optimum se situe entre 20 et 22 °C entre ces deux extrêmes, une température élevée sera favorable au développement et à la croissance (Bensaadi, 2011).

Il est généralement admis que la température agit de manière positive sur la croissance optimale (Gate et Giban, 2003).

#### a-1- Les fortes températures

Provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine : Les températures entre 25 et 32 °C défavorisent l'allongement racinaire l'optimum se situe entre 5 et 12 °C (Baldy 1992). (Tableau 01).

**Tableau 01:** les exigences en température pour les différents stades de vie de blé (Mekhlouf *et al.*, 2001)

Stade	La somme des températures
Levée	=120°C.
Tallage	=450°C.
plein tallage	=500°C.
épi 1cm	= 600°C.

- Elle détermine la rapidité de la germination et du début du développement de la jeune plante.
- Elle intervient au moment de la montaison dans l'élaboration de la quantité de matière sèche, mais elle a un effet défavorable sur l'évolution des talles vers l'épiaison (conditions de déficit hydrique).
- En excès et au cours de la maturation du grain, elle peut conduire à l'échaudage (Mekhlouf *et al.*, 2001).

**b-L'eau**

L'eau a une grande importance dans la croissance de la plante (**Heller et al., 2004**). En plus de l'eau de constitution des cellules et de celle qui entre dans les synthèses glucidiques catalysées par la chlorophylle, l'eau est le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute (**Bensaadi, 2011**).

**c- La lumière**

La lumière est le facteur qui réagit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (**Soltner, 1988 in Bachirbey et Soumatia, 2015**).

**d- Le sol**

Le blé est une plante herbacée qui se développe dans les meilleures conditions dans des sols à texture limono-argileuse fine stable constitué d'une richesse suffisante en colloïdes et nécessite une bonne profondeur (**Chellali B., 2007**). Une profondeur de 12 à 25 cm pour les terres patentes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres (**Laib., 2011**).

**I.2. Le stress hydrique**

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (**Laberche, 2004**). 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 in Khelil et Hammouche, 2017**).

**I.2.1. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse**

La diminution de la photosynthèse, liée à la diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est due essentiellement, à la réduction de la pénétration du CO<sub>2</sub>, limitée par une fermeture des stomates (**Plaut et Federman, 1991 in Salmi, 2015**). En effet, l'effet dépressif d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse des végétaux résulte non seulement d'une baisse de la conductance stomatique, mais également d'une altération de

l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire (**Kaiser, 1987 in Salmi, 2015**).

Différents auteurs, ont noté une diminution significative de la photosynthèse en cas de sécheresse (**Nouri, 2011**). A titre d'exemple, La culture du mil en condition difficile d'alimentation en eau, conduit à une diminution de la capacité maximale de photosynthèse d'environ 37% (**Radhouane, 2009**). Ils ont montré aussi, chez d'autres espèces du genre *Triticum*, que la photosynthèse devient nulle lorsque le potentiel hydrique foliaire atteint -26 à -27 bars.

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**). Selon **Tahri et al., (1997 in Salmi, 2015)**, une baisse dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b) a été enregistrée chez trois variétés de blé dur sous l'effet du stress. Cela peut être due à la fermeture partielle des stomates qui limite la photosynthèse ou peut être le résultat de la dégradation de la chlorophylle (**Fahmi et al., 2011**).

### **I.2.2.Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé**

Le stress hydrique se concrétise, chez la plupart des espèces, par un ralentissement de la mise en place de nouveaux organes aériens, c'est -à- dire des feuilles et des tiges, et par une réduction de la croissance des organes préexistants (**Gaufichon et al., 2010**).

Ces modifications résultent d'une diminution de la vitesse de division des cellules constituant les tissus végétaux (**Granier et al., 2000**).

L'un des premiers effets provoqués par le déficit hydrique est une réduction de la croissance végétative. La croissance de la partie aérienne, et surtout celle des feuilles, est généralement plus sensible que celle des racines (**Hopkins, 2003**).

Pour les céréales, la période de sensibilité la plus élevée est celle qui va de la formation du grain de pollen (stade fin gonflement) à la fécondation. Tout déficit hydrique à ce moment affecte le nombre de grain/ épillet (**Gate et al., 1990 in Khelil et Hammouche, 2017**). Le stress hydrique a deux conséquences quasi simultanées sur le tallage du blé (**Casals, 1996 in Khelil et Hammouche, 2017**). La première est l'arrêt du processus de tallage qui se traduit par un arrêt de la croissance des bourgeons axillaires. Une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit donc le nombre et la taille des talles chez le blé (**Blum et al., 1990 in Khelil et Hammouche, 2017**). La seconde est la réduction de la vitesse de croissance des talles les plus jeunes.

**I.2.3. Les mécanismes d'adaptation des plantes vis à vis d'un déficit hydrique**

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles. La résistance globale d'une plante à la sécheresse apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production ( **Xue et al., 2006**).

**I.2.3.1. Adaptations phénologiques**

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle ( **Ben Naceur et al., 1999 in Nadjem, 2012**). Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales ( **Ben Naceur et al., 1999 in Nadjem, 2012**).

La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs ( **Bajji, 1999 in Nadjem, 2012**). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison ( **Gonzalez et al., 1999 in Nadjem, 2012**).

**I.2.3.2. Adaptations morphologiques**

L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilât. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de tiges, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire ( **Slama, 1996 in Semcheddine N., 2015**).

**A. Système racinaire**

Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol est un trait essentiel pour la résistance à la sécheresse ( **Subbarao et al., 1995 in Semcheddine N., 2015**). Les cultivars de blé à système racinaire extensif peuvent exploiter un grand volume de sol, absorber une

grande quantité d'eau et avoir un rendement considérable (**Hurd, 1974 in Semcheddine N., 2015**).

### **B. Surface foliaire**

La diminution de la surface de la feuille sous stress hydrique est considérée comme une réaction de résistance moyenne ou d'adaptation au manque d'eau (**Blum, 1996 in Semcheddine N., 2015**). Un autre type d'adaptation foliaire développé par la plante face à un manque d'eau est l'enroulement de la feuille qui peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation (**Amokrane et al., 2002**). **O'toole et Cruz (1980 in Semcheddine N., 2015)** ont montré que l'enroulement des feuilles entraîne une diminution de 40 à 60% de la transpiration. La glaucescence, la pilosité des feuilles ou des tiges, la couleur claire des feuilles et la présence des cires sont des caractères génétiques et qui s'extériorisent en condition de stress (**Gate, 1995 in Semcheddine N., 2015**), induisent tout une augmentation de la réflectance qui conduit à une réduction des pertes en eaux (**Al Hakimi, 1992 in Semcheddine N., 2015**).

### **C. Longueur d'épi**

**Acevedo et al., (1991 in Cherfia R., 2010)** estiment que l'épi des variétés adaptées doit émerger assez tôt pour que le remplissage des grains se fasse avant que les effets des contraintes thermiques et hydriques ne deviennent assez forts pour compromettre le rendement en grain.

D'après **Blum, (1985 in Cherfia R., 2010)**, l'épi joue un rôle dans la photosynthèse et la production d'assimilats nécessaires au remplissage du grain, quand la dernière feuille devient sénescence. Les derniers organes chlorophylliens (glumes et barbes) jouent un rôle prédominant dans la formation du grain.

Les barbes par leur port dressé et leur position au immédiat de la graine, conditionnent la formation du col de l'épi et contribuent dans la translocation des assimilats stockés à son niveau et donc à la photosynthèse (**Gate et al., 1990 in Cherfia R., 2010**) alors que dans certains cas le rendement en grain parait insensible à la longueur de l'épi. Les épis ont une utilisation efficiente de l'eau plus élevée que celles des feuilles et il a été démontré que la contribution des épis est de 40% concernant la fixation du carbone totale en conditions de stress hydrique (**Evans et Rawson, 1975 in Cherfia R., 2010**). Le col de l'épi, à déterminisme génétique plus important que la hauteur de la plante, a été souvent proposé comme critère de sélection des génotypes tolérants au stress hydrique (**Fisher et Maurer, 1978 in Cherfia R., 2010**).

#### D. Longueur des barbes

Les barbes peuvent être prises comme critère de sélection. La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble être étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal, tout au moins chez le blé dur (**Hadjichristodoulou, 1985 in Semcheddine N., 2015**). **Slama (2002)** mentionne que la variété ayant la barbe la plus développée, sous contrainte hydrique présente le meilleur rendement. En plus, la présence des barbes augmente l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation du grain (**Nemmar, 1980 in Semcheddine N., 2015**). Lors de la phase du remplissage des grains, La photosynthèse est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures chez les génotypes barbus comparativement aux génotypes glabres (**Fokar et al., 1998 in Semcheddine N., 2015**).

#### I.2.3.3. Adaptation physiologique

Les outils de physiologie appliqués à la sélection trouvent des difficultés dus à la complexité des mécanismes des plantes et leur comportement vis-à-vis des conditions abiotiques de l'environnement.

Dans les environnements stressés, le rendement dépend largement de l'expression des paramètres physiologiques. Ces derniers jouent un rôle important dans la tolérance aux stress et à l'interaction génotype et environnement (**Annichiarico et Pecetti, 1993 in Cherfia R., 2010**).

##### a- Maintien de l'état hydrique de la plante

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (**Henchi, 1887 in Boudjabi S., 2017**). L'augmentation de la production dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminue la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (**Sorrells et al. 2000**). Le maintien d'un potentiel élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (**Turner, 1986 in Boudjabi S., 2017**).

##### b- Le fonctionnement stomatique

La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes à la sécheresse. Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse **Farineau et Morot-Gaudry 2006 in Attia, 2007**). Ainsi, les génotypes qui ont la capacité intrinsèque la moins affectée par le déficit hydrique présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau (photosynthèse / transpiration) plus élevée et une plus grande capacité de survie (**Araus et al. 1991 in Boudjabi S., 2017**). L'utilisation efficiente de

l'eau est le critère le plus utilisé pour évaluer tout apport d'eau. Ce paramètre est défini par le ratio de la matière sèche produite sur la quantité d'eau consommée (**Bamouh, 2000**).

L'augmentation du nombre de stomates par unité de surface pourrait être un des facteurs de résistance au déficit hydrique chez les céréales si elle est accompagnée par une bonne activité physiologique (**Slama, 2002**).

### **c- La teneur en chlorophylle**

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle (**Slayter ,1974 in Mouellef, 2010**). Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (**Guettouche, 1990 in Mouellef, 2010**).

### **d- La teneur relative en eau de la feuille**

La teneur relative en eau correspond à une signification physiologique directe de l'état hydrique du végétal (**Collinson et al., 1997 in Salmi M., 2015**). C'est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces vis-à-vis d'un stress hydrique (**Berka et Aid, 2009**). Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (**Turner, 1986 in Salmi M., 2015**). Les génotypes qui maintiennent leur TRE élevée lors du stress hydrique seront probablement les plus tolérants et seront les plus productifs (**Sassi et al., 2012**). **Benmahammed et al., (2008)** notent que la corrélation positive entre la teneur relative en eau et la biomasse accumulée indique, qu'en général, l'accumulation de la biomasse sous stress est dépendante du contenu foliaire en eau.

Les variétés de blé dur semblent présenter une meilleure résistance à la déshydratation foliaire que les variétés de blé tendre, et cette supériorité se manifeste essentiellement au stade de l'épiaison où la diminution de la teneur foliaire en eau chez le blé dur est significativement moins importante que celle enregistrée chez le blé tendre (**Alem et al., 2002**). **Clarke et al., (1991 in Salmi M., 2015)** suggèrent que la teneur relative en eau comme critère de criblage pour la sélection de lignées tolérantes à la contrainte hydrique.

### **e- Le maintien de l'intégrité membranaire**

La tolérance des membranes cellulaires face à la contrainte hydrique est l'un des mécanismes de résistance à la sécheresse les plus efficaces chez les plantes. Il a été mis en relation avec la performance au champ des génotypes sur différentes espèces végétales notamment sur des légumineuses (**Dhanda et Sethi, 2002**). Ces différents résultats montrent

bien qu'une appréciation de l'intégrité des membranes en condition de stress constitue une approche indispensable pour l'évaluation de la capacité de tolérance à la sécheresse d'un matériel donné (**Annerose, 1990 in Salmi M., 2015**).

# Chapitre II

## Matériel et méthodes

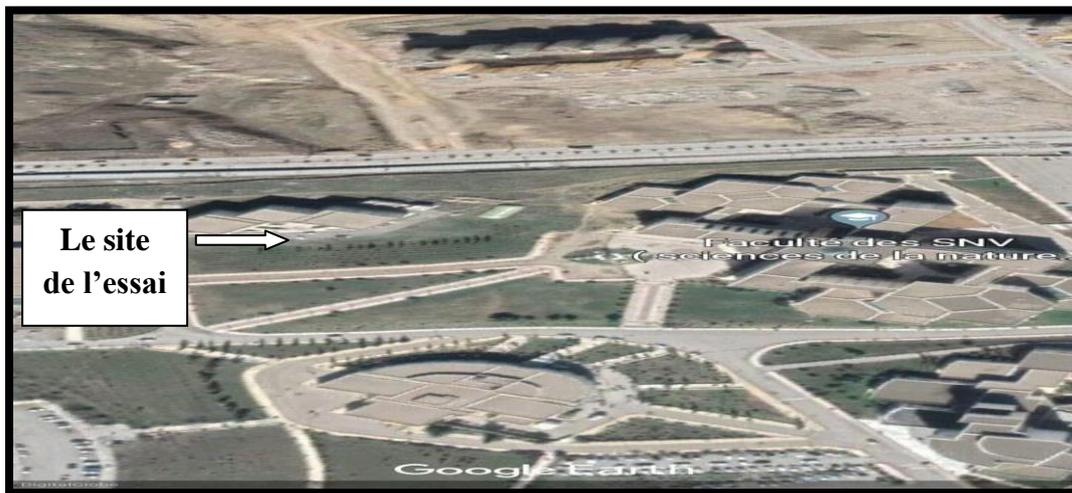
L'objectif de ce travail est l'évaluation de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans deux régions semi-aride (BBA, Sétif), avec l'utilisation de quatre variétés (Waha, Oued el bared, Boutaleb, Bousselem), et deux traitements T1 (pluviale), T2 (irrigué).

## II.1. Description du site expérimental

### II.1.1. Situation géographique

L'étude a été réalisée au niveau de deux sites expérimentaux au cours de la campagne 2018/2019.

Le premier site expérimental (Sétif), au niveau de la station expérimentale de l'université de Sétif 1 (Ferhat Abbas), situé dans l'étage bioclimatique semi-aride à 1081m d'altitude, de coordonnées géographiques (36, 18N et 5,41) de superficie 121m<sup>2</sup> (**Fig.05**).



**Fig. 05:**Le site de l'essai Sétif (Université de Sétif) (Google Earth, 2019).

Le deuxième site expérimental dans la ferme de M<sup>r</sup> Bachir Laabachi à L'oued lakhdare, au lieu dit El Hammadia est une commune de la wilaya de Bordj-Bou-Arredj, est située à 6 km au sud du chef-lieu de la wilaya, au bord de la RN45 sur la route de M'sila, aux coordonnées géographiques 35° 58' 47" N 4° 44' 51" E, à une altitude de 862m. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride (**Fig.06**).



**Fig. 06:**Le site de l'essai BBA (El Hamadia) (Google Earth, 2019).

### II.1.2. Le sol

Pour le sol du premier site expérimental, il à une texture argileuse (**Tableau02**), et une teneur faible en matière organique (3,04), le pH est de valeur moyenne de (7,15).

Le sol de deuxième site expérimental, il à une texture argilo-limoneux (**Tableau02**), et il à une teneur faible en matière organique (1.6%), le pH est de valeur moyenne de (7.71).

**Tableau 02:** Résultats des analyses granulométriques des sols étudiés.

Sols	%A	%LF	%LG	%SF	%SG	Texture
Sétif	88,18	9,44	0,98	1,13	0,27	Argileux
BBA	56	34,75	2,27	6,54	1,62	Argilo-limoneux

(Laboratoire Agronomique Fertial, 2018)

### II.1.3. Le climat

Pour les deux sites expérimentaux (Sétif, BBA), sont situées dans l'étage bioclimatique semi-aride, qui caractérises par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières très fréquentes et des vents chauds et des séchant.

II.1.3.1. Caractéristiques du climat de la campagne d'étude 2018/2019

- Précipitations et températures

Tableau 03: Données climatiques de Sétif (2018/2019).

	N	D	J	F	M	A	M
P (mm)	18,28	13,97	79	14,99	24,38	46,47	56,39
T (°C)	9,3	6,8	3,3	5,3	8,7	11,9	14,3

(Aéroport Sétif, 2019)

Tableau 04: Données climatiques de BBA (2018/2019).

	N	D	J	F	M	A	M
P (mm)	17,27	10,41	5,58	2,29	37,1	32,25	27,60
T (°C)	12,2	10,1	6,1	6,1	15,5	15,5	18,5

(Station météorologie Boumerged BBA, 2019)

II.2. Mise en place de l'expérimentation

II.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué d'une collection qui comporte quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) qui sont : Waha, Oued el bared, Boutaleb, Bousselem.

Tableau 05: Nom et origine des variétés étudiées.

Nom	Origine
Waha	ICARDA/CLMMYT
Bousselem	Algérie
Oued el bared	Algérie
Boutalab	Algérie

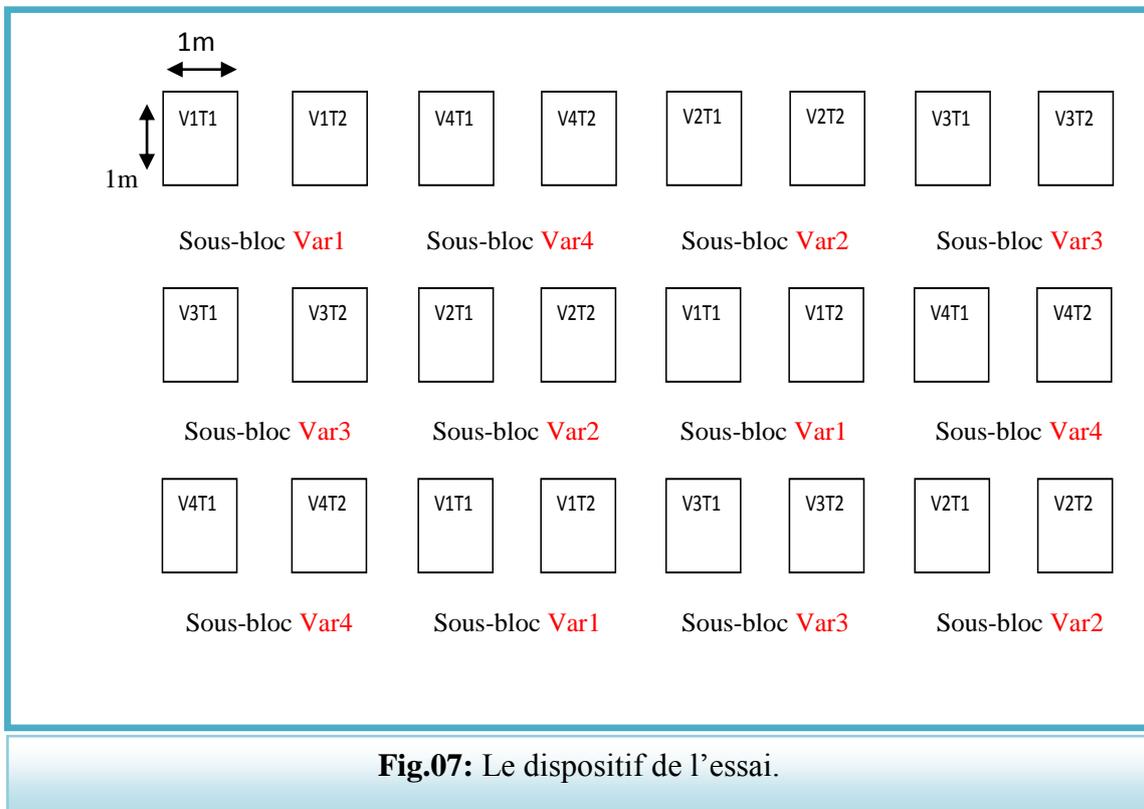
Tableau 06: Les caractéristiques et les paramètres agronomiques des variétés étudiées.

Variétés	Caractéristiques
Waha	Précoce, sensible au gel tardif, très productive avec un rendement stable et élevée, tolérante a la sécheresse.
Bousselem	Haute de paille, résistante aux maladies cryptogamiques, résistante au froid, a la verse, a la sécheresse

<b>Oued el bared</b>	Hauteur de plante élevée, Moyen de compacité de l'épi, rendement en grain optimal 50,1qx/ha, tolérante aux maladies, au froid, a la sécheresse
<b>Boutaleb</b>	Précoce, Hauteur de la plante Moyenne, compacité d'épi moyenne. Tolérance au froid, à la sécheresse,

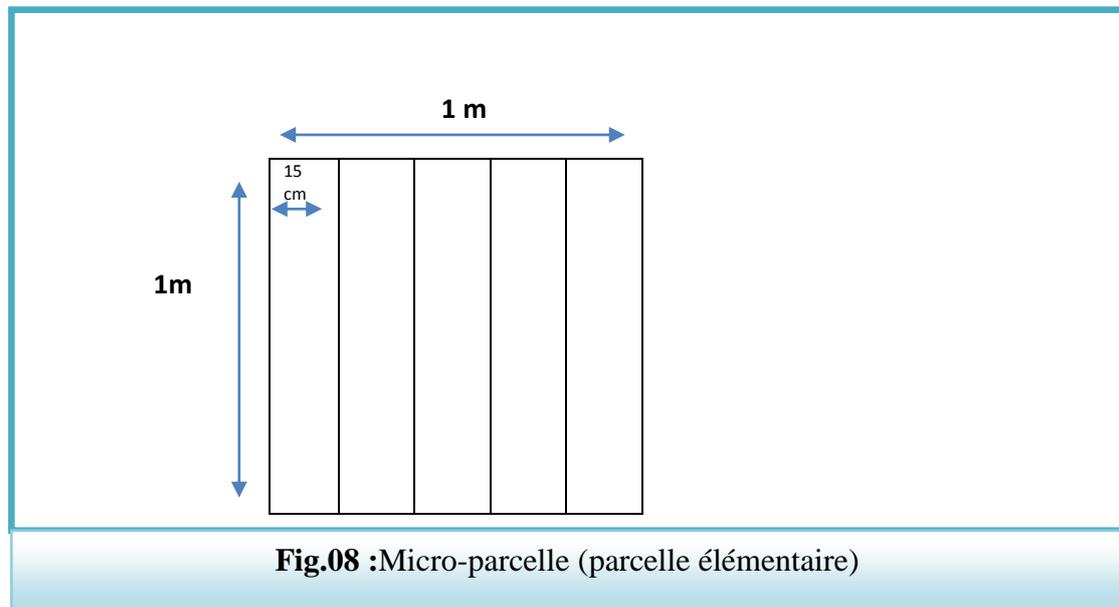
**II.2.2. Le dispositif expérimental**

Notre dispositif expérimental est de type split-plot il s'agit au départ d'un dispositif classique de bloc de Fischer où l'on répartit un des facteurs (la variété) de manière aléatoire dans chaque bloc. Puis chacune des parcelles est redivisée avec l'autre facteur (irrigation ou pluviale), toujours de manière aléatoire. Donc notre dispositif comporte plusieurs ensembles de parcelles de 1m<sup>2</sup>, de 2 traitements d'irrigation, T1 une conduite en culture pluvial sans irrigation (témoin sec) et T2 une conduite sans restriction hydrique durant tout le cycle la dose d'irrigation sera déterminer par l'humidité du sol, et le logiciel climwat for cropwat (témoin ETM) sur 4 variétés de blé dur (Waha, Oued el bared et Boutaleb et Bousselem) avec 3 répétitions a raison de 300 grain par parcelle élémentaire. La surface de l'essai est de 24m<sup>2</sup> (120 lignes) (**Fig.07**).



**Fig.07:** Le dispositif de l'essai.

La parcelle élémentaire est de 1m<sup>2</sup>, chaque parcelle contient 6 lignes. Distance entre les lignes 15cm (**Fig.08**).



**Fig.08** :Micro-parcelle (parcelle élémentaire)

### II.2.3. Conduite de la culture

- **Le semis**

Différentes techniques culturales ont été effectuées sur cet essai il s'agit de :

- ✓ Un labour a été réalisé à l'aide d'une pioche. Son but est de travailler profondément le sol, d'éliminer les obstacles structuraux et d'assurer une bonne infiltration des eaux de pluies et un meilleur développement du système racinaire. Suivi d'un passage du râteau pour éviter la formation des mottes dures.
- ✓ Trace de la parcelle et les blocs du lit de semence.
- ✓ Le semis a été effectué à la main en 6 lignes de 1m de longueur chacune avec un inter ligne de 15cm, à une profondeur comprise entre 3 et 4 cm, Vu que les graines sont relativement grosses.
- ✓ Le semis a été réalisé à la volée le 13/11/2018 avec une densité de 300 grains par mètre carré.

- **Fertilisation**

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Ces éléments peuvent être de deux types, les engrais et les amendements (**Tableau 07**), (**Tableau 08**).

Tableau 07: La date et la dose d'engrais utilisé (Sétif).

Engrais	Date	dose (g/m <sup>2</sup> )	Observations
Phosphactyle	13/11/2018	30	engrais de fond
azote (urée 46%)	10/01/2019	35	4 feuilles
azote (urée 46%)	26/03/2019	35	Plein tallage

Tableau 08 : La date et la dose d'engrais utilisé (BBA).

Engrais	Date	dose (g/m <sup>2</sup> )	Observations
Phosphactyle	12/11/2018	30	engrais de fond
azote (urée 46%)	05/01/2019	35	4 feuilles
azote (urée 46%)	10/02/2019	35	Plein tallage

- **Désherbage :**

Cette opération consiste à réduire au maximum la présence des mauvaises herbes spécialement, la folle avoine entre et sur les rangs, manuellement ou à l'aide de binette.

### II.3. Paramètres mesurés

#### II.3.1. Caractères morphologiques

- **La surface foliaire de la feuille étendard (SFE)**

La surface foliaire de la feuille étendard est estimée à partir d'un échantillon de trois répétitions, dont on mesure la longueur totale et la largeur moyenne. La surface foliaire est déduite par la formule :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = 0.606(L \times l)$$

Où :

**SF**= surface moyenne de la feuille étendard (cm<sup>2</sup>).

**L**= longueur moyenne de la feuille étendard (cm).

**l**= largeur moyenne de la feuille étendard (cm).

**0,606**= coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit (L x l) (**Belkhrchouche et al., 2009**).

- **La longueur de l'épi (LE)**

Cette mesure a été effectuée après le stade de remplissage du grain (pris au hasard), la longueur de l'épi a été mesurée à partir de la base d'épi jusqu'à son extrémité, les barbes ne sont pas incluses (**Fig.09**).



**Fig.09:** La longueur de l'épi (**Originale, 2019**).

- **La longueur des barbes (LB)**

Nous avons mesuré cette longueur depuis le sommet de l'épillet terminale jusqu'à l'extrémité des barbes (**Fig. 10**).



**Fig.10 :** La longueur des barbes (**Originale, 2019**).

- **La longueur de l'épi avec barbe (LEB)**

C'est la somme de (LE+LB) Nous avons mesuré cette longueur depuis la base de l'épi jusqu'à la fin des barbes (**Fig.11**).



**Fig. 11:** La longueur de l'épi avec barbe (Originale, 2019).

- **La hauteur de la tige (HT)**

Nous avons mesuré cette longueur depuis la base de la plante jusqu'à la base de l'épi (Fig.12).



**Fig. 12:** La hauteur de tige (Originale, 2019).

### II.3.2. Caractères physiologiques

- **La teneur relative en eau (TRE %)**

C'est l'un des principaux paramètres qui indique le niveau hydrique de la plante ou encore la turgescence cellulaire. La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par **Barrs (1968) (Fig.13)**. Selon cette méthode, des boîtes pétries remplies d'eau distillée (un poids connue), sont préparés à l'avance. Les feuilles étendard sont coupées

à la base du limbe par un sécateur. Ces feuilles sont mises par la suite dans les boîtes préparées (il faut les fermer très bien pour éviter l'évaporation de l'eau) et placées à l'obscurité dans un endroit frais, après 24h, les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées à nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve réglée à 80°C et pesés pour avoir leurs poids sec (PS) (Clark et Mac-Caig, 1982). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante :

$$\text{TRE (\%)} = \frac{(\text{PF} - \text{PS})}{(\text{PT} - \text{PS})} \times 100$$



**Fig. 13:** Les principales étapes à suivre pour déterminer la teneur en eau (Originale, 2019).

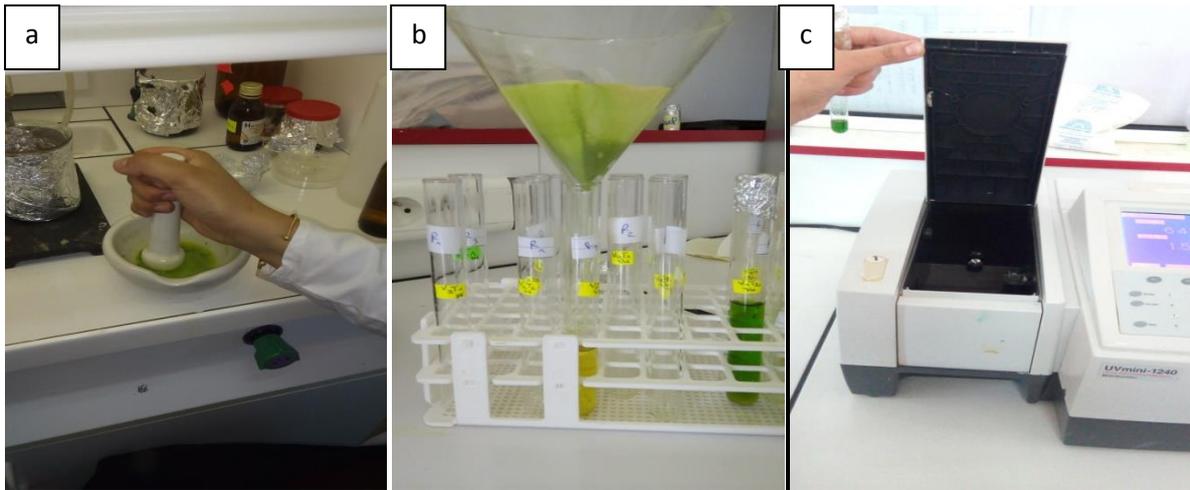
**a:** Les feuilles mises les boîtes préparées le contenant de l'eau distillée. **b:** Placer les feuilles à l'obscurité dans un endroit frais. **c:** Lecture avec une balance.

- **Dosage des Pigments Chlorophylliens**

Les teneurs moyennes en chlorophylle a et b sont déterminées par la méthode de **Rao et le blanc (1965) (Figure 14)**. L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 0.5g de matière fraîche de la feuille de chaque échantillon qui est additionnée de carbonate de calcium et d'acétone (20ml à 80%). La solution obtenue est filtrée à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques (JENWAY 6300) à deux longueurs d'onde ( $\lambda_1 = 645$  et  $\lambda_2 = 663\text{nm}$ ). (**Bouchelaghem., 2012**).

Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante :

- ✓ **Chl a:** 12, 7 (DO 663) - 2, 69 (DO 645).
- ✓ **Chl b:** 22, 9 (DO 645) - 4, 86 (DO663).
- ✓ **Chl a+b:** 8,02 (DO645) +20, 20 (DO663).



**Fig. 14:** Etapes à suivre pour le dosage des pigments chlorophylliens (Originale, 2019).

**a :** Broyage de la matière fraîche.    **b:** Filtration de la chlorophylle.    **c:** Lecture sur le spectrophotomètre.

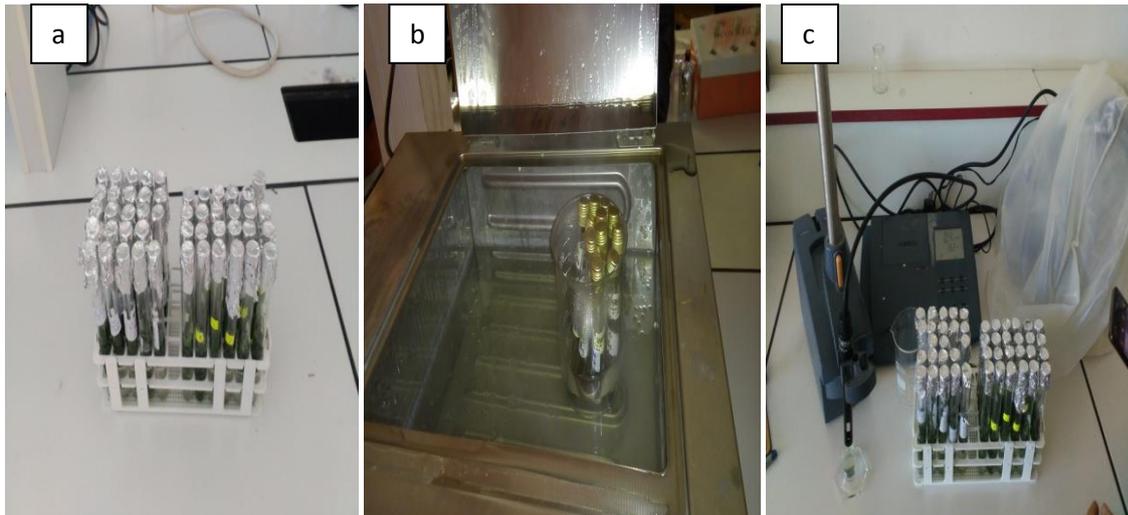
- **L'intégrité cellulaire (IC %)**

Le test de l'intégrité cellulaire (IC) est effectué sur les deux dernières feuilles entièrement développées, prises au hasard par génotype et traitement. Ces échantillons sont lavés à l'eau courante. Les feuilles sont découpées en segments de 1 cm de long. Un échantillon de 10 segments du limbe foliaire est mis dans un tube à essai et lavé par trois avec de l'eau distillée pour enlever les poussières adhérentes qui influent sur les résultats du test.

A chaque tube on ajoute 10 ml d'eau distillée déminéralisée. Les tubes, ainsi traités, sont périodiquement agités manuellement et laissés à la température ambiante du laboratoire. Une première lecture est faite (EC1) avec le conductimètre 24 heures après. Les tubes sont ensuite mis au bain marie, dont la température est portée à 100°C, pendant 60 minutes. Une deuxième lecture de la conductivité est faite 24 heures après le passage des échantillons dans le bain marie (EC2). Le pourcentage de cellules endommagées par le stress hydrique est estimée, selon la procédure décrite par (Bajji *et al.*, 2001), comme suit :

$$\% \text{ IC} = 100 (\text{EC1} / \text{EC2})$$

Où % IC est le % de cellules endommagées par le déficit hydrique, EC1, et EC2 sont respectivement les conductivités du traitement avant et après passage au bain marie.



**Fig. 15:** Etapes à suivre pour déterminer l'intégrité cellulaire (Originale, 2019).

**a:** Les tubes laissés à la température ambiante. **b:** Les tubes sont mis au bain marie. **c:** Lecture avec le conductimètre.

#### II.4. Analyse des données

La signification statistique des résultats obtenus au cours de cette expérimentation a été testée par :

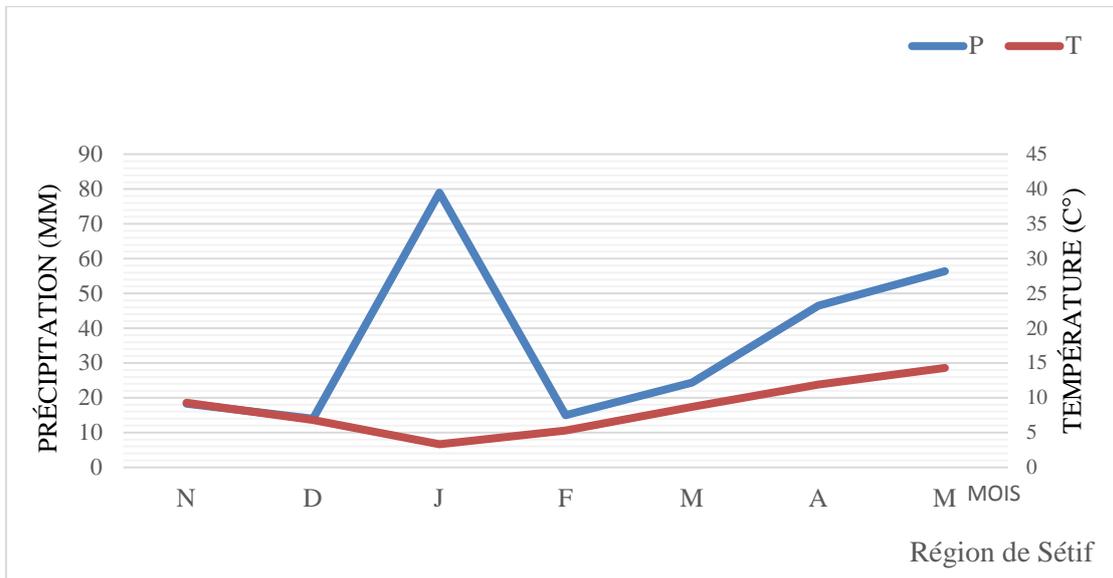
- ✓ L'analyse de la variance est réalisée à l'aide de la procédure GLM (general linear model) du logiciel SAS (Statistical Analysis System), version 9.00 (SAS Institute, 2002, Cary, Etats-Unis).
- ✓ Excel 2007, SAS 9.00 pour établir les courbes, graphes et quelques figures.

# Chapitre III

## Résultats et discussion

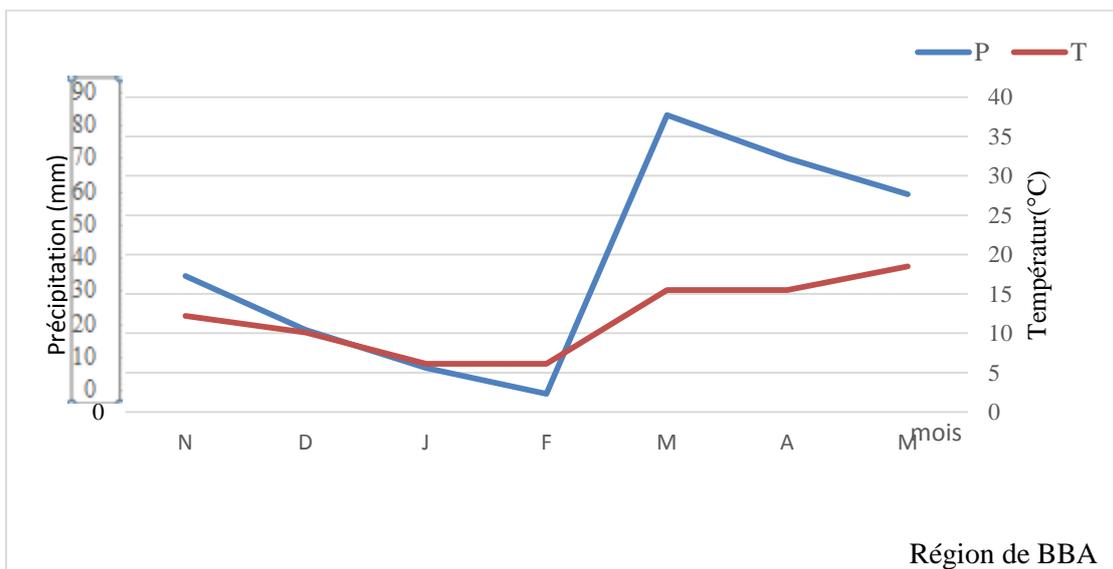
**III.1. Condition climatiques de l'année d'expérimentation 2018 /2019**

La campagne agricole 2018/2019 pour la région de Sétif a été caractérisé par un période humides débute de décembre 2018 et s'étale jusqu'à la fin de cycle cultural 2019 (**Fig.16**).



**Fig. 16:** Diagramme Ombrothermique de la campagne 2018/2019 de Sétif.

Région de BBA : La campagne agricole 2018/2019 a été caractérisé par un période humides débute de Février 2019 et s'étale jusqu'à la fin de cycle cultural (**Fig.17**).

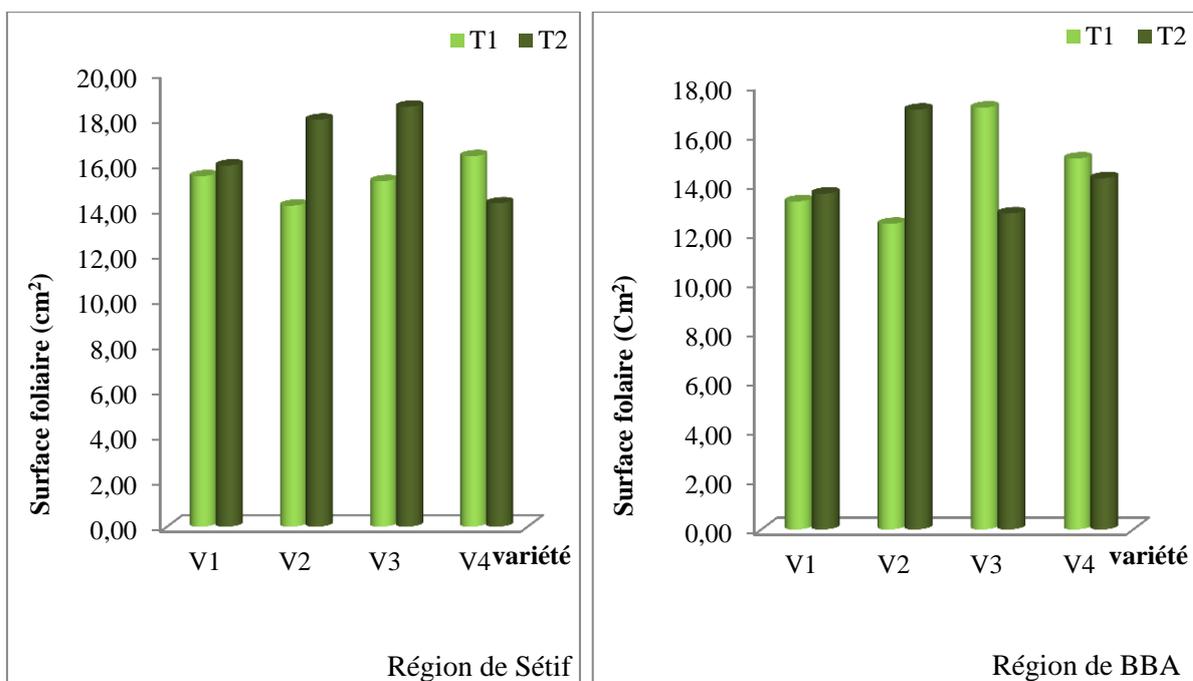


**Fig. 17:** Diagramme Ombrothermique de la campagne 2018/2019 d'El Hammadia

## III.2. Variation des caractères morphologique

- Surface foliaire de la feuille étandard (SF)

L'analyse de la variance de la surface de la feuille étandard indique une différence non significative entre les quatre génotypes étudiés dans les deux conditions et régions. Alors que, le stress hydrique n'est pas influencé (**annexe 06**) (**annexe 07**).



**Fig. 18:** Variation de surface foliaire chez les quatre variétés du blé dur étudiées en condition irriguée et pluvial

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

Les résultats obtenus montrent que, en région de Sétif, les valeurs moyennes de la surface de la feuille étandard varient entre, une valeur maximale  $17,94 \text{ cm}^2$ ,  $18,51 \text{ cm}^2$  chez les génotypes Oued el bared, Boutaleb respectivement en condition irriguée et une valeur minimale  $14,15 \text{ cm}^2$ ,  $15,28 \text{ cm}^2$  respectivement en condition pluviale. Alors que chez les génotypes Waha, Bousselem marquent les valeurs convergentes dans les deux conditions à cause de climat de campagne 2018/2019 qui ne contient pas une période sèche **Fig.18**.

En région de BBA, les valeurs moyennes de la surface de la feuille étandard présente une valeur maximale chez le génotype Oued el bared en conditions irriguée avec  $17,01 \text{ cm}^2$  et en revanche elle a enregistré une valeur minimale de  $12,38 \text{ cm}^2$  en condition pluviale. Par contre chez le génotype Boutaleb, la valeur de surface foliaire la plus faible avec  $12,80 \text{ cm}^2$  en condition irriguée et une valeur plus importante avec  $17,92 \text{ cm}^2$  en condition pluviale **Fig.18**.

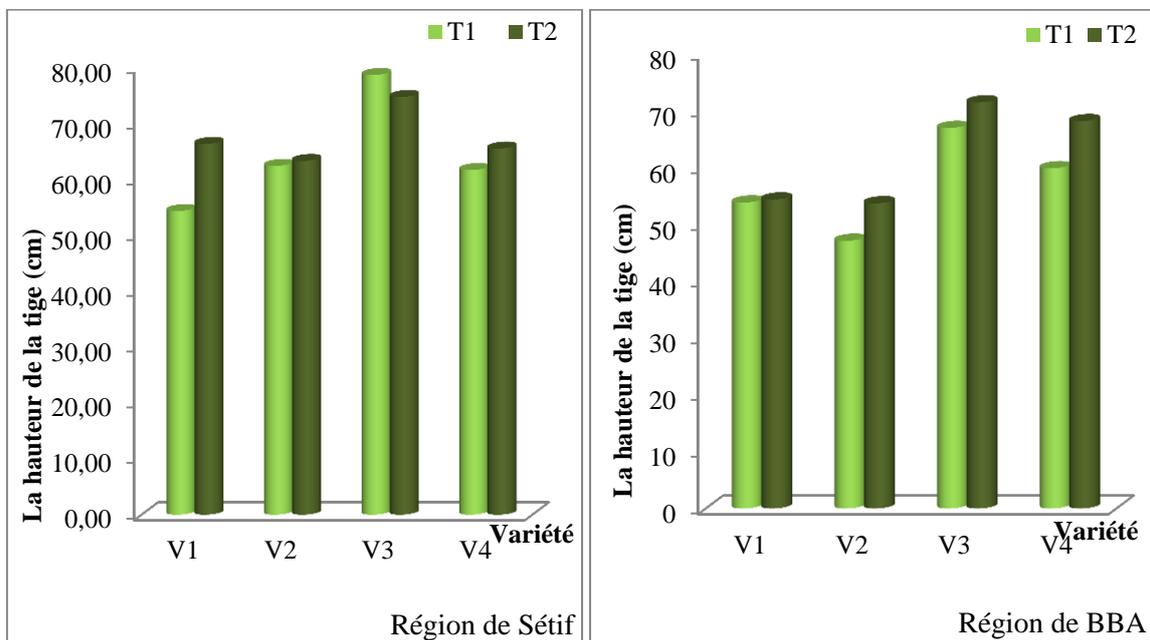
On note aussi, chez les variétés Waha, Bousselem les valeurs moyennes de la surface de la feuille étandard sont convergentes dans chaque condition (pluviale, irriguée).

Parmi les deux régions (Sétif, BBA), on note que le génotype Boutaleb a enregistré une valeur maximale en condition irriguée dans la région de Sétif, par contre dans la région de BBA, il a noté une valeur minimale. Tandis que chez les génotypes Waha, Oued el bared, Bousselem restent convergentes dans les deux régions et dans les deux conditions a cause d'une période humide.

La diminution de la surface de la feuille sous stress hydrique est considérée comme une réaction de résistance moyenne ou d'adaptation au manque d'eau (Salmi2015). Un autre type d'adaptation foliaire développé par la plante face à un manque d'eau est l'enroulement de la feuille qui peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation (Amokrane *et al.*, 2002). De ce fait, la sélection pour cette caractéristique privilégie la variété Boutaleb.

- **La hauteur de la tige (HT)**

L'analyse de la variance de la hauteur de la tige indique une différence hautement significative entre les quatre génotypes testés dans les deux régions et condition (annexe 06), (annexe 07).



**Fig.19** : Variation de l'hauteur de tige chez les quatre variétés de blé dur étudiées en condition irriguée et pluvial.

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

Selon l'histogramme ci-dessus on note que, dans la région de Sétif la variété Boutaleb a enregistré la valeur moyenne la plus élevée de la hauteur de la tige avec (78,67cm, 74,73cm) dans les deux conditions (pluvial, irriguée) respectivement. Par contre la variété Waha marque

la valeur moyenne de l'hauteur de tige la plus court dans les deux conditions (pluvial, irriguée) avec (54,33cm, 66,33cm) respectivement. On note aussi des valeurs moyennes de l'hauteur de tige presque constante chez les variétés Bousselem, Oued el bared dans les deux conditions, donc le stress n'a pas affecté la hauteur **Fig.19**.

Selon l'histogramme ci-dessus **Fig.19** on note que dans la région de BBA la variété Boutaleb a enregistré la valeur moyenne la plus élevée de la hauteur de la tige avec (67cm, 71,5cm) dans les deux conditions (pluvial, irriguée) respectivement. Tandis que la variété Oued el bared marque la valeur moyenne de l'hauteur de tige la plus court dans les deux conditions (pluvial, irriguée) avec (47,13 cm, 53,73cm) respectivement.

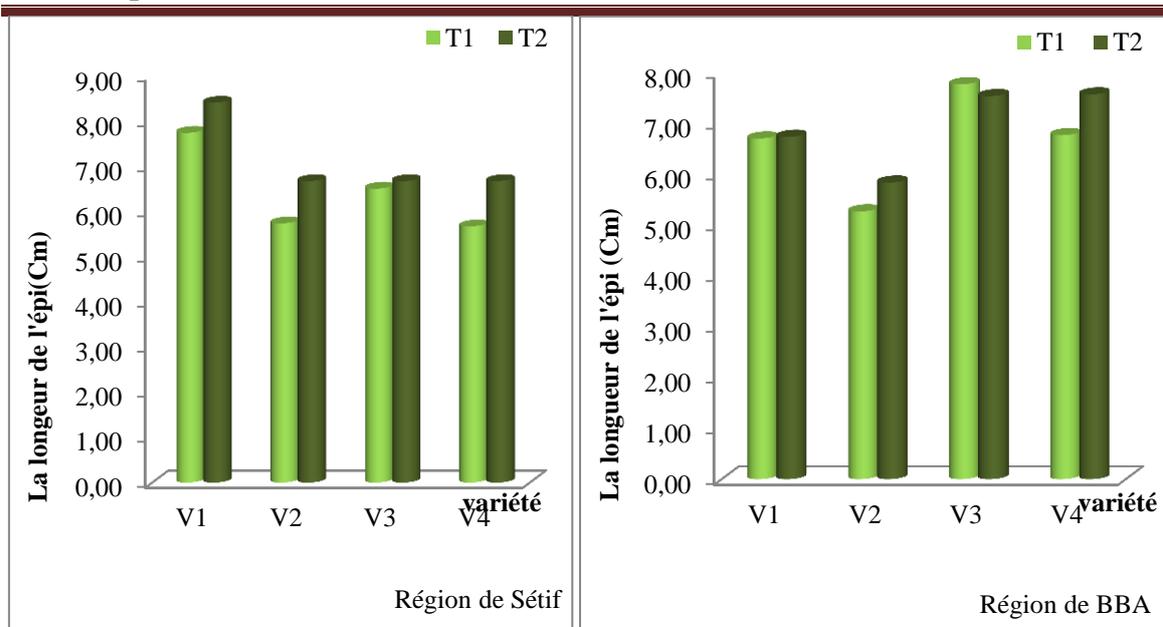
Par la comparaison de deux régions, En note que, le génotype Boutaleb a enregistré une valeur maximale dans les deux sites (Sétif, BBA) et pour les deux conditions (pluvial et irriguée). Les valeurs enregistrées pour les variétés Waha et Bousselem sont convergentes dans les deux sites. A l'opposé la variété Oued el bared enregistrée une valeur élevée dans la région de Sétif et une valeur faible dans la région de BBA pour les deux conditions (pluvial, irriguée).

La hauteur de la plante apparaît comme un critère important pour la sélection. **Meklich-Hanifi, (1983 in BoucennaF., Belkhiri C., 2017)** trouve une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Les variétés hautes répondent mieux aux concurrences vis-à-vis la lumière et les adventices. Les variétés courtes tolèrent mieux aux conditions de stress.

Le déficit hydrique arrivant au stade jeune (tallage) réduit en même temps la croissance en hauteur et le nombre d'épis par unité de surface et limite tous les processus physiologiques (**Bennaceur et al., 1999 in BoucennaF., Belkhiri C., 2017**).

- **La longueur des épis (LE)**

L'analyse de la variance de la longueur des épis indique une différence hautement significative entre les quatre génotypes dans les deux régions et conditions (**annexe 06**), (**annexe 07**).



**Fig.20** : Variation de la longueur d'épi chez les quatre variétés de blé dur étudiées en condition irriguée et pluvial

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

Les résultats obtenus montrent que, en région de Sétif, la longueur de l'épi chez la variété Waha exprimé la valeur moyenne la plus élevée avec (8,40 cm, 7,73cm) dans les deux conditions (irriguée, pluvial) respectivement par contre la valeur moyenne la plus faible est exprimée par Oued el bared, Boutaleb, Bousselem dans les deux conditions et les deux régions **Fig.20**.

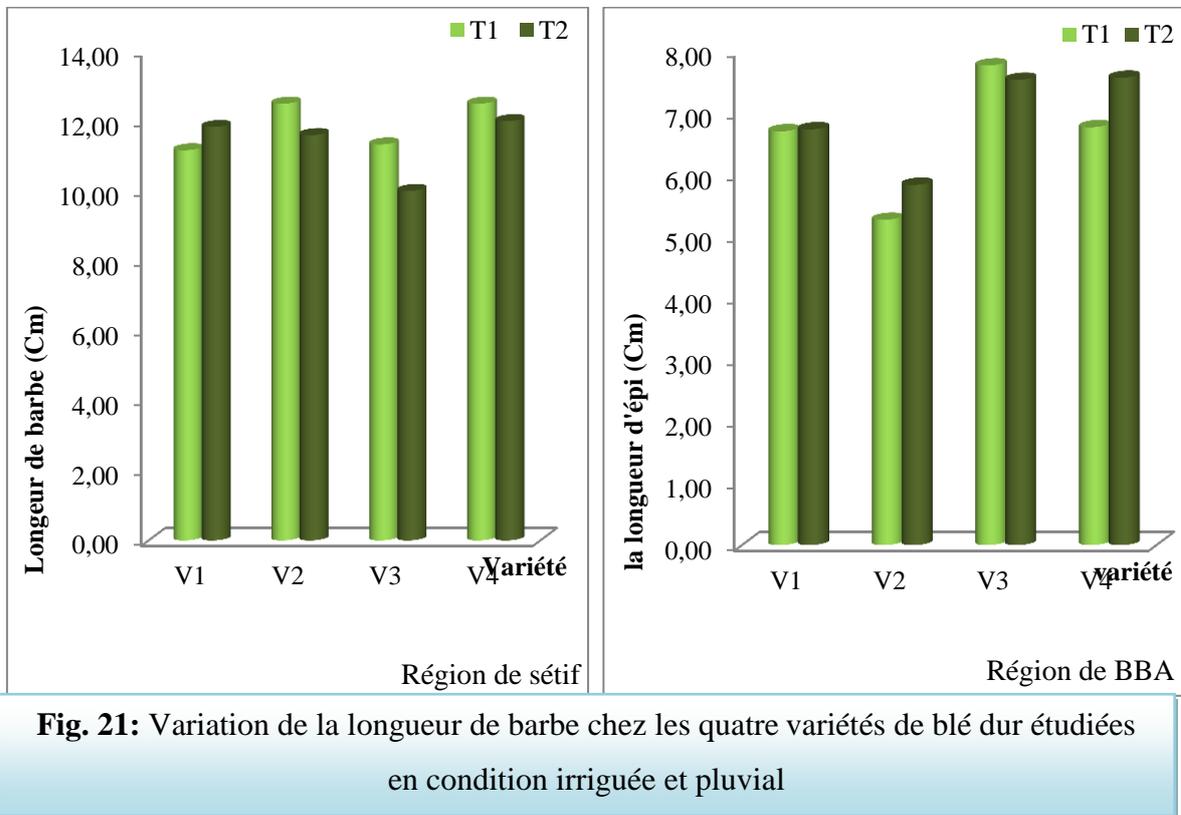
En région de BBA les valeurs moyennes de longueur d'épi varient entre une valeur maximale chez les génotypes Waha, Boutaleb, Bousselem dans les deux conditions (pluvial, irrigué), alors que le génotype Oued el bared a montré la valeur minimale dans les deux conditions (pluviale, irrigué) avec (5,83cm, 5,27cm) respectivement **Fig.20**.

Selon les deux régions, on note que les variétés Waha, Boutaleb représentent les plus longues épis dans les deux conditions (pluviale, irriguée). On confirme nos résultats avec (**Bammoun, 1997 in BoucennaF., Belkhiri C., 2017**) qui montrent que, En cas de stress hydrique, la photosynthèse de l'épi participe relativement plus au remplissage que la feuille étendard. De ce fait, une augmentation de la longueur de l'épi contribue à une augmentation de la capacité photosynthétique (**Salmi, 2015**).

L'étude des résultats démontre que, les variétés les plus tolérants au stress sont Waha, Boutaleb.

- **Longueur de barbe (LB)**

L'analyse de la variance de la longueur de barbe indique une différence hautement significative entre les quatre génotypes dans la région de BBA et non significative entre les quatre génotypes dans la région de Sétif (**annexe 06**), (**annexe 07**).



**Fig. 21:** Variation de la longueur de barbe chez les quatre variétés de blé dur étudiées en condition irriguée et pluvial

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

Les résultats obtenus montrent qu'en région de Sétif, la valeur moyenne de longueur de barbe est plus élevée chez les génotypes Waha, Oued el bared, Bousselem dans les deux conditions. Par contre chez le génotype Boutaleb a exprimé une valeur plus diminuée avec (9,5cm, 10,8 cm) dans les deux conditions (irriguée, pluvial) respectivement **Fig. 21**.

En région de BBA les génotypes Waha, Boutaleb, Bousselem montrent les plus grandes valeurs moyennes de longueur de barbe dans les deux conditions. En revanche la variété Oued el bared marque la valeur de longueur de barbe la plus faible avec (15,07cm, 15,63cm) dans les deux conditions (pluviale, irriguée) respectivement **Fig. 21**.

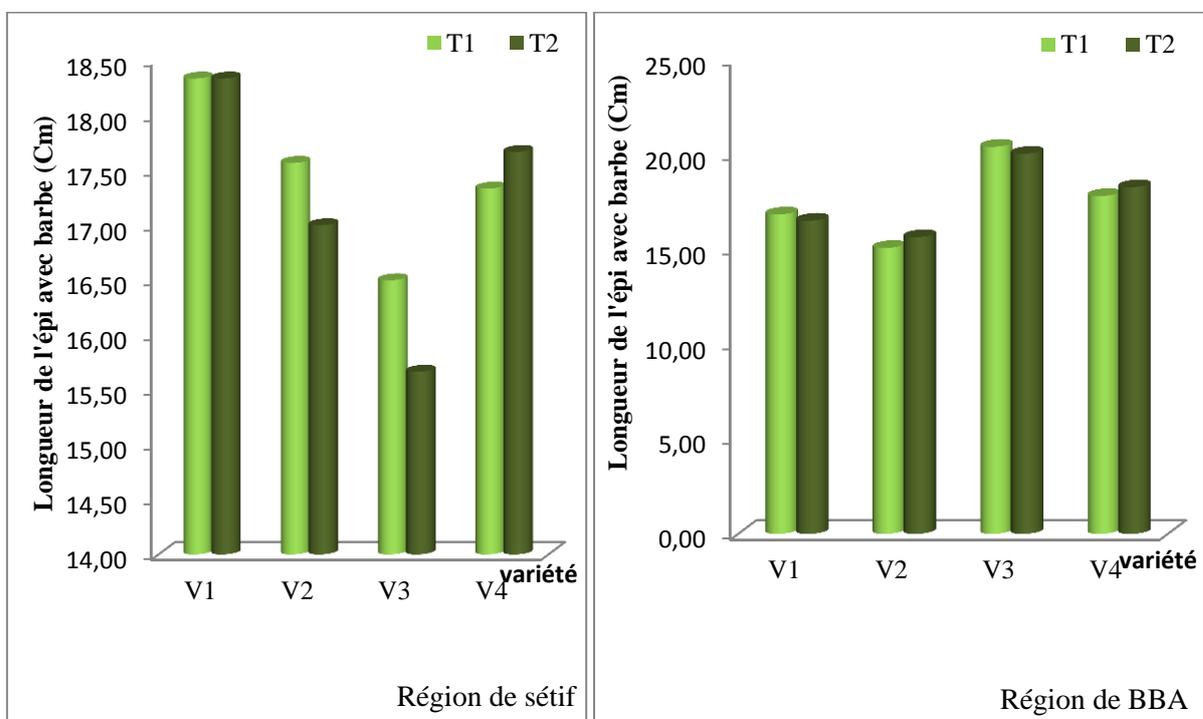
Selon la comparaison des deux régions, on résume que le génotype Oued el bared est plus important chez la région de Sétif. Par contre dans la région de BBA qui exprime la valeur la plus faible. **Slama (2002)** mentionne que la variété ayant la barbe la plus développée, sous contrainte hydrique présente le meilleur rendement.

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé dur (Touabet, 2013) dans le cas de Waha.

Pour cette raison, les variétés Waha, Oued el bared présente une LB plus élevée par rapport aux autres variétés, ce dernier a contribué à l'adaptation au stress.

- **La longueur de l'épi avec barbe (LEB)**

L'analyse de la variance de la longueur de l'épi avec barbe indique une différence non significative entre les quatre génotypes dans la région de Sétif, et une différence très hautement significative entre les quatre génotypes dans la région de BBA (annexe 06), (annexe 07).



**Fig. 22:** Variation de la longueur d'épi avec barbe chez les quatre variétés de blé dur étudiées en condition irriguée et pluvial.

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

Selon l'histogramme ci-dessus on note que dans la région de Sétif, la variété Waha a enregistré la valeur moyenne la plus élevée de longueur de l'épi avec barbe, dans les deux conditions. Tandis que la variété Boutaleb marque la valeur moyenne de l'épi avec barbe la plus courte dans les deux conditions (pluvial, irriguée) avec (16,5 cm, 15,66 cm) respectivement. On note aussi les variétés Oued el bared, Bousselem marquent des valeurs

convergentes dans les deux conditions (pluvial, irriguée) donc le stress hydrique n'est pas influencé sur cette variété **Fig.22**.

Pour la région de BBA on note que la variété Boutaleb a enregistré la valeur moyenne la plus élevée de longueur d'épis avec barbe variée de (20,4 cm, 20,03cm) dans les deux conditions (pluvial, irriguée) respectivement. Tandis que la variété Boutaleb marque la valeur moyenne de longueur d'épis avec barbe la plus courte dans les deux conditions (pluvial, irriguée) avec (15,06 cm, 15,63 cm) respectivement. On note aussi Waha, Boussellam représentés des valeurs convergentes dans les deux conditions **Fig. 22**.

Par la comparaison de deux régions, on remarque que les variétés Waha et Oued el bared enregistrés des valeurs augmentées dans la région de Sétif et diminuées dans la région de BBA pour les deux conditions. A l'opposé la variété Boutaleb a enregistré une valeur élevée dans la région de BBA et une valeur faible dans la région de Sétif pour les deux conditions (pluvial, irriguée), tandis que la variété Boussellam a enregistré des valeurs similaires dans les deux régions et pour les deux conditions.

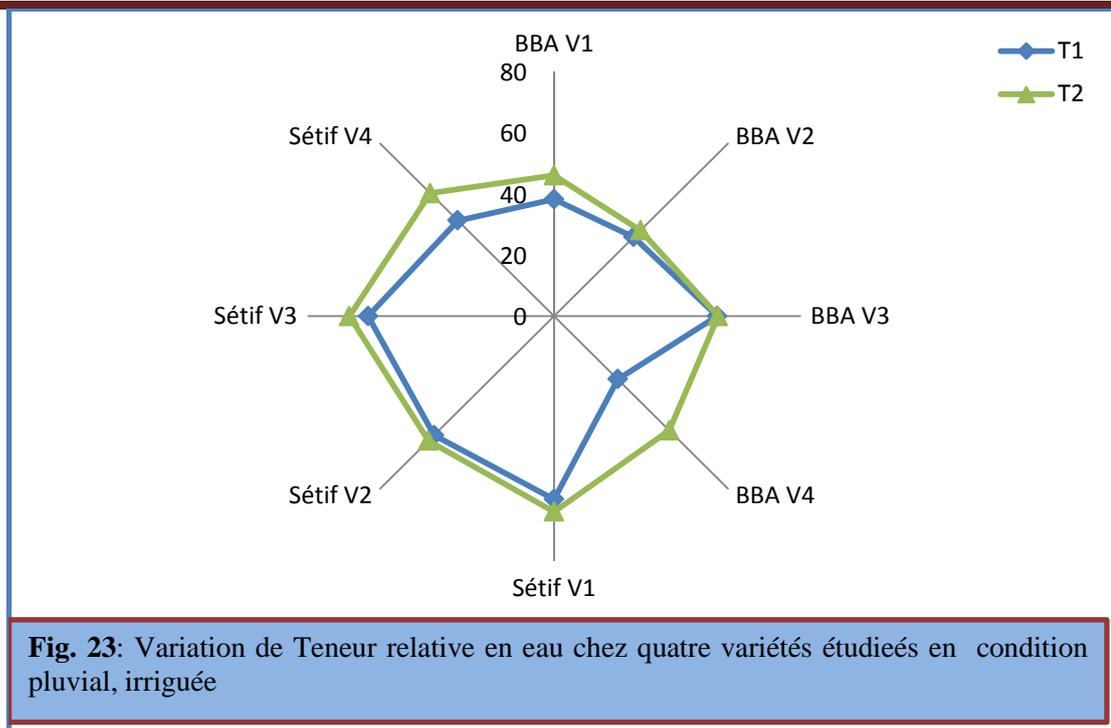
Ces résultats semblent concorder avec les travaux de **Slama (2002)** qui mentionne que la variété ayant la barbe la plus développée, sous contrainte hydrique présente le meilleur rendement. En plus, la présence des barbes augmente l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation du grain (**Nemmar, 1980**).

L'étude des résultats démontre que, les variétés les plus tolérants au stress son Waha, Oued el bared dans la région de Sétif, et la variété Boutaleb dans la région de BBA.

### **III .3. Variation des paramètres physiologique**

- **Effet du Stress Hydrique Sur la Teneur Relative en eau (TRE)**

L'analyse de la variance de la teneur relative en eau indique une différence non significative entre les quatre génotypes testés dans les deux régions. Alors que le stress hydrique n'est pas affecté. (**Annexe 06**),(**Annexe 07**).



**Fig. 23:** Variation de Teneur relative en eau chez quatre variétés étudiées en condition pluvial, irriguée

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

**La figure 23**, Indique que, la valeur moyenne de la teneur relative en eau en condition irriguée est plus élevée par rapport en condition pluvial dans les deux régions (Sétif, Bordj) et chez toutes les variétés. Ce qui est expliqué par l'augmentation de Précipitation.

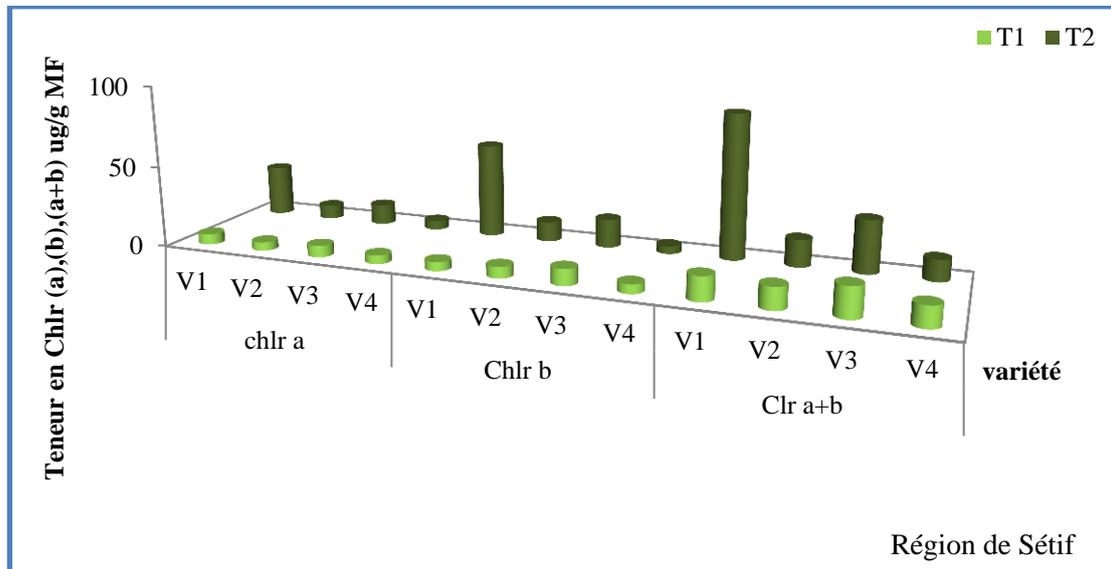
On note que, la variété Boutaleb est enregistré la valeur de Teneur relative en eau la plus importante chez les deux conditions (pluvial, irriguée), avec (66,36%, 66,43%) dans la région de Sétif, et avec une valeur de (52,94%, 53,20%) dans la région de Bordj, et dans les deux conditions (Stressé, irriguée) respectivement. A l'opposé, la variété Bousselem est enregistrée la valeur de teneur relative en eau la plus faible en condition stressé avec (44,20%, 29,18%) dans les deux régions (Sétif, BBA) respectivement. Chez les variétés Waha, oued el bared représentées les valeurs moyennes de teneur relative en eau le moins convergentes dans chaque condition (Pluvial, Irrigué), et régions (Sétif, BBA). Alors que le stress hydrique n'est pas affecté.

La teneur relative en eau, c'est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces vis-à-vis d'un stress hydrique. Les espèces végétales qui maintiennent des teneurs foliaires relatives en eau élevées sont considérées comme étant des espèces résistantes à la sécheresse (**Berka et Aïd, 2009**).

Donc, les variétés de blé qui ont une teneur relative en eau importante sont plus tolérantes à la sécheresse.

- **Effet de stress hydrique sur la teneur moyenne en chlorophylle (a) (b) et (a+b) au niveau de feuille étendard :**

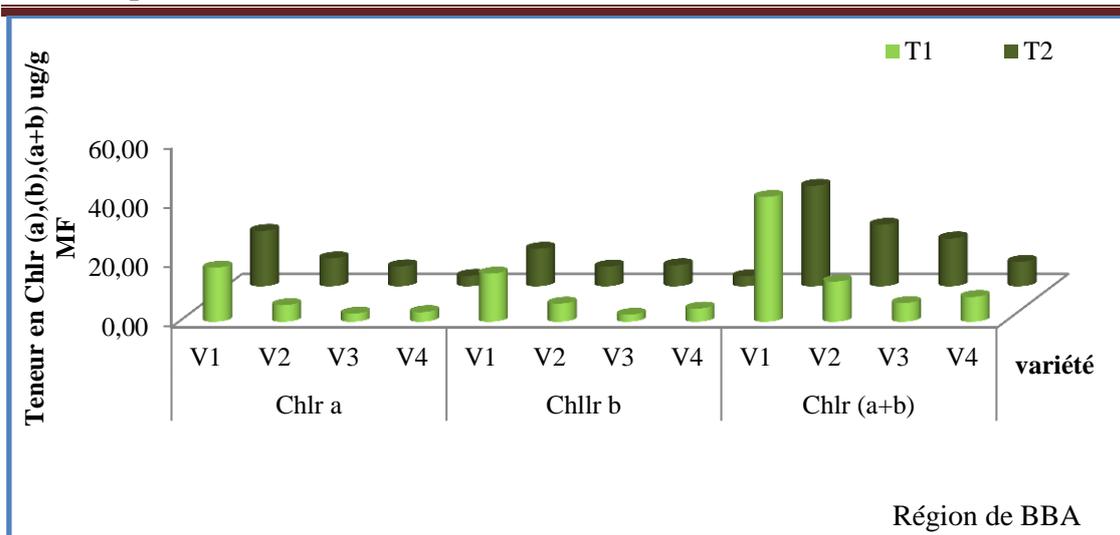
L'analyse de la variance de la teneur de chlorophylles(a) (b) (a+b) indique une différence très hautement significative entre les quatre génotypes testés dans les deux régions (Annexe 06), (Annexe 07).



**Fig.24 :** Teneur en chlorophylle (a) (b) (a+b) au niveau des Feuilles étendards sur quatre variétés étudiées en condition pluvial, irriguée

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

L'observation de la **fig.24** précise clairement que, en région de BBA les valeurs moyennes de contenu en chlorophylle(a), (b), (a+b) marquent les valeurs maximale, chez la variété Waha dans les deux conditions (pluvial, irriguée). Par contre la variété Bousselem enregistrée la valeur minimale de contenu en chlorophylle(a), (b), (a+b) dans les deux conditions (Pluvial, Irriguée). En revanche, les variétés Oued el bared, Boutaleb sont variables avec des valeurs moyennes augmentées dans la condition irriguée, et valeur moyenne diminuée en condition pluvial.



**Fig.25** : Variation de la Teneur en chlorophylle (a) (b) (a+b) chez les quatre variétés étudiées en conditions pluvial et irriguée.

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

L'observation de la **Fig.25** précise clairement que, en région de Sétif les valeurs moyennes de contenu en chlorophylle(a), (b), (a+b) marquent les valeurs la plus important, chez la variété Waha dans les deux conditions (pluvial, irriguée). Par contre la variété Bousselem a enregistré la valeur la plus faible de contenu en chlorophylle(a), (b), (a+b) dans les deux conditions (Pluvial, Irriguée). En revanche, les variétés Oued el bared ,Boutaleb sont variables avec un valeur moyenne élevée dans la condition irriguée, et valeur moyenne diminuée en condition pluvial.

Parmi les deux régions, on ne marque que la variété waha produit la quantité de chlorophylle (a), (b), (a+b) la plus augmentée dans les deux (régions, conditions). Tandis que, chez la variété Bousselem produit la quantité en chlorophylle la plus faible dans les deux (régions, conditions).

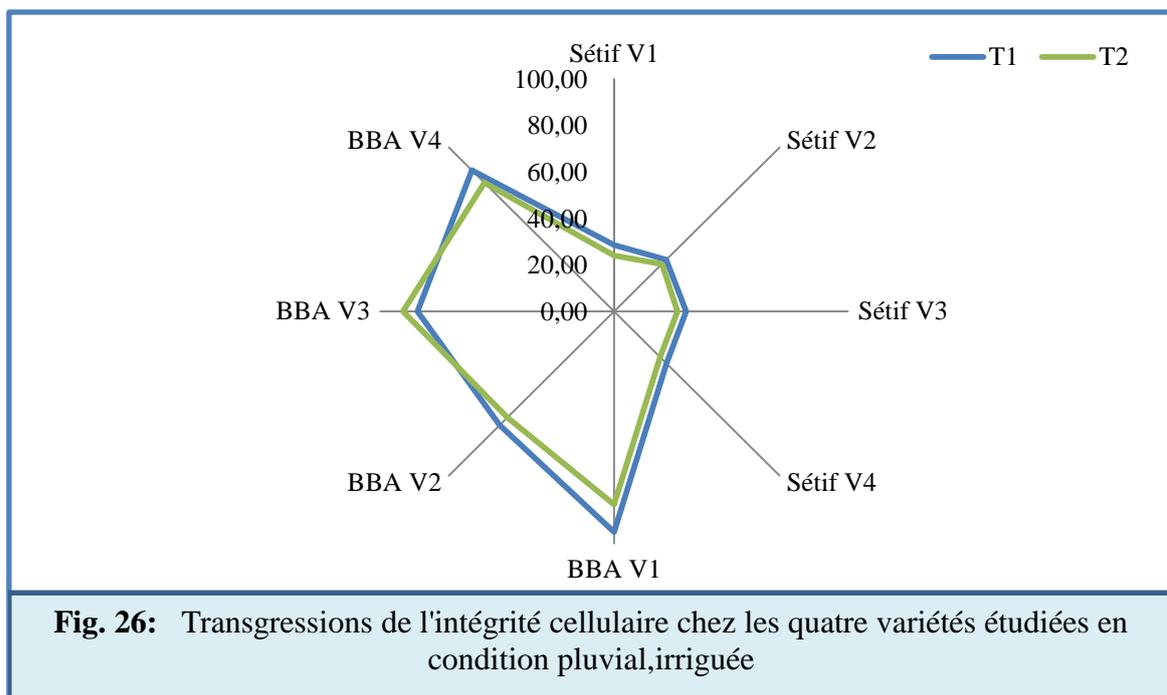
Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (**Guettouche, 1990 in Mouellef, 2010**).

La chute des teneurs en chlorophylle chez la variété Bousselem est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (**Bousba et al., 2009**). D'autre part nos résultats ont mis en évidence une augmentation de la teneur moyenne en chlorophylle a, b et par conséquent a+b chez la variété Waha,

la stabilité de la chlorophylle est une autre caractéristique qui est utilisée en sélection pour la tolérance et l'adaptation au stress thermique (Acevedo *et al.*, 1999 ; Bahlouli *et al.*, 2005).

- **L'intégrité cellulaire (IC)**

L'analyse de la variance de l'intégrité cellulaire indique une différence non significative entre les quatre génotypes testés dans la région de Sétif, et une différence hautement significative entre les quatre génotypes testés dans la région de BBA (**Annexe 06**), (**Annexe 07**).



**Fig. 26:** Transgressions de l'intégrité cellulaire chez les quatre variétés étudiées en condition pluvial, irriguée

V1: Waha, V2: oued el bared, V3: boutaleb, V4: Bousselem.

Le maintien de l'intégrité des membranes cellulaires en cas de stress hydrique est un des caractères universellement reconnus dans l'explication de la tolérance des plantes à la sécheresse. **La figure 26.** Présenté la valeur moyenne du dommage cellulaire dans les deux conditions (irriguée, stressé) et dans une deux régions (Sétif, BBA), qui obtenu des valeurs plus élevés chez la région de BBA par rapport la région de Sétif.

On note que, dans les deux conditions (pluvial, irriguée) la variété waha a enregistré la valeur maximal en région de BBA, et la valeur minimale en région de Sétif, avec un taux de (94,79%, 83 %), (31,40%, 28,84%) respectivement. Tandis que, la variétés Oued el bared enregistrée la valeur minimale en région de BBA avec un taux de (69,03%, 64,47%), et la valeur maximale en région de Sétif avec un taux de ( 28,59 %, 23,99 %), en condition (stressé, irrigué) respectivement. Les variétés Boutaleb, Bousselem représentées les valeurs

---

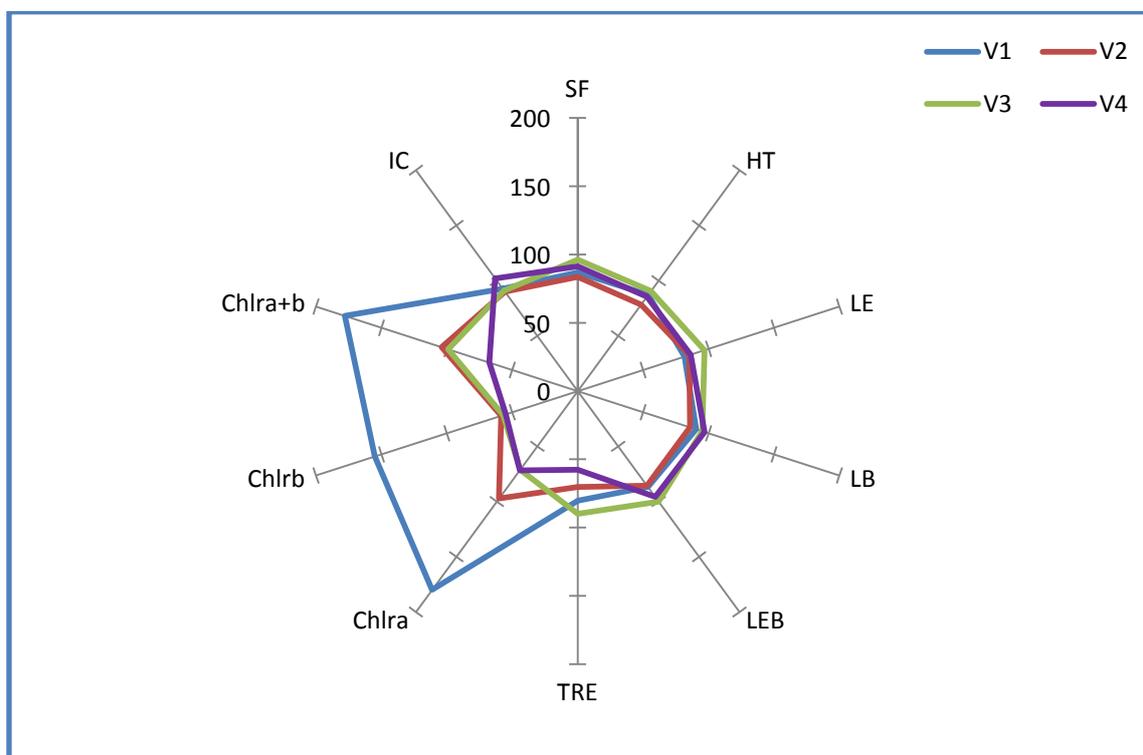
moyennes du dommage cellulaire les plus convergentes dans chaque condition et chaque région.

Selon **Lefebvre et al., (2009)**, parmi les mécanismes qui peuvent intervenir dans le maintien de la turgescence cellulaire figure la résistance protoplasmique qui dépende de la capacité des cellules à résister à un dommage mécanique et à la dénaturation des protéines au niveau membranaire ou cytoplasmique. **Reynolds et al., (1994 in Khelil B. et Hammouche I., 2017)**, trouvent une forte corrélation entre le pourcentage de dégâts cellulaires causés par le choc thermique et la réduction de la productivité des génotypes testés. Ceci suggère que la sélection sur la base d'un faible dommage cellulaire améliore significativement le rendement grain. De ce fait, la sélection pour cette caractéristique privilégie les variétés Waha dans la région de Sétif et Oued el bered dans la région de BBA.

### III.4. Caractérisation des géotypes

L'étude des valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale permet de faire une caractérisation des quatre variétés semées dans deux régions (Sétif, BBA) et deux condition (Pluvial, irriguée).

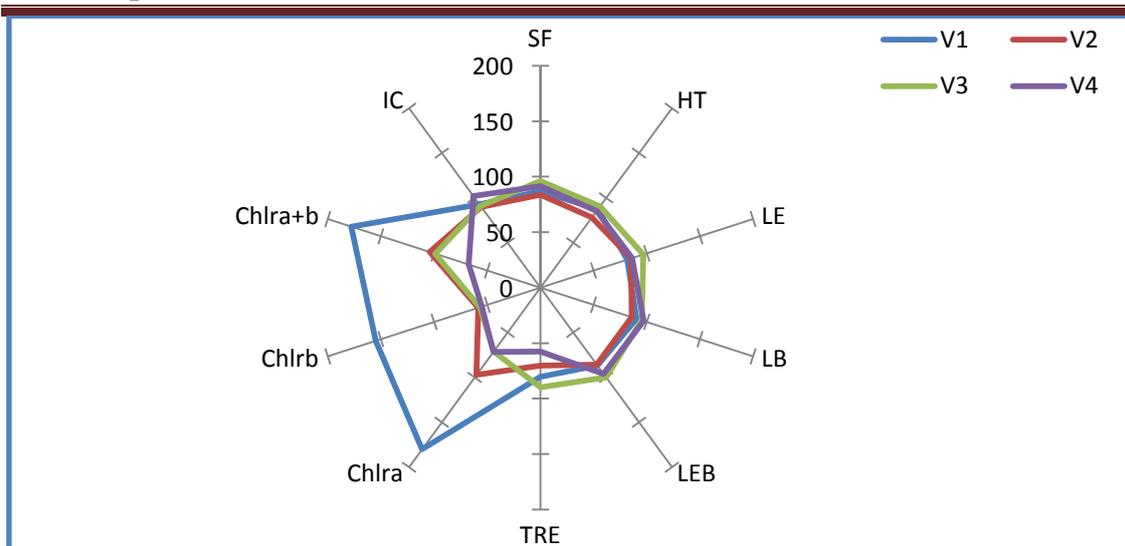
Les résultats de **figure 27** montrent que, la variété Bousselem marque les valeurs moyennes des paramètres mesurés les plus faibles. Par contre la variété Boutalbe marque les valeurs moyennes les plus élevés presque pour tous les paramètres.



**Fig. 27 :** Valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des variables mesurés chez les quatre variétés du blé dur étudié (région de Sétif).

SF=Surface foliaire de la feuille étendard, HT= Hauteur de la plante, LE= Longueur de l'épi, LB= longueur de barbe, LEB= longueur de l'épi avec barbe, TRE= Teneur relative en eau (%), CHL= Contenu en chlorophylle, IC= Intégrité cellulaire(%), V1= Waha, V2= oued el bared, V3= boutaleb, V4= Bousselem.

Les résultats de **figure 28** montrent que, les variétés Bousselem, Waha marquent les valeurs moyennes des paramètres mesurés les plus faibles. Sauf que, ce dernier enregistrée les valeurs maximales pour la teneur relative en eau et teneur en Chlr. En revanche la variété Boutalbe marque les valeurs moyennes les plus élevés presque pour tous les paramètres.



**Fig. 28 :** Valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des variables mesurés chez les quatre variétés du blé dur étudié (région de BBA).

SF=Surface foliaire de la feuille étandard, HT= Hauteur de la plante, LE= Longueur de l'épi, LB= longueur de barbe, LEB= longueur de l'épi avec barbe, TRE= Teneur relative en eau (%), CHL= Contenu en chlorophylle, IC= Intégrité cellulaire(%), V1= Waha, V2= oued el bared, V3= boutaleb, V4= Bousselem.

Parmi les deux résultats, En synthétise que, la variété la plus important est Boutaleb qui se distingue par des valeurs moyennes élevées pour plusieurs caractères, dont la longueur de l'épi, hauteur de tige, et la longueur de l'épi avec barbe, la teneur relative en eau dans les deux régions et deux conditions. Les résultats de ces figures confirment les difficultés de trouver une variété qui se distingue par des valeurs élevées pour l'ensemble des variables mesurées (**Figure27**) (**Figure28**).

Peu de différences apparaissent, en moyenne, entre les quatre variétés étudiées pour la longueur de barbe, l'intégrité cellulaire. Tandis que la teneur en chlorophylle montre que la plus grande variabilité entre les différentes variétés suivie par la surface de la feuille étandard. Cette variabilité mérite d'être exploitée en sélection pour améliorer le rendement du blé dur dans les zones à forte variabilité climatique.

Conclusion

# Conclusion

---

## Conclusion

La culture du blé dur au niveau de la zone des hautes plaines est confrontée à plusieurs contraintes abiotiques qui sont les causes principales de la faiblesse des rendements et l'irrégularité de la production.

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

Dans le cadre de ce travail, que nous avons mené durant la campagne 2018-2019, le comportement de quatre variétés de blé dur est analysé dans deux régions Sétif et Bordj Bou Arreridj.

Les résultats de ce travail montrent que le stress hydrique n'a affecté pas tous les génotypes étudiés. Ceci est confirmé par les résultats des données climatiques pour chaque région qui caractérisée par une longue période humide.

A travers les résultats obtenus dans cette étude on peut constater que, l'application de défavorables conditions (Pluvial et irriguée) se manifeste chez l'ensemble des variétés de blé étudiées par des traits généraux communs, il s'agit, d'une modification morphologique et physiologique en réponse à la condition.

Les résultats qui peuvent être tirés sont regroupés dans les points suivants :

- La variété la plus importante dans les deux régions et dans les deux conditions est Boutaleb, qui se distingue par des valeurs moyennes élevées pour plusieurs caractères, dont la LE, HT, et TRE. D'autre part, cette variété présente la valeur élevée de LEB, dans la région de BBA et faible dans la région de Sétif.
- La variété Boutaleb est caractérisée par des valeurs variables de la SF dans les deux régions et dans les deux conditions. Par contre la variété Oued el bared marque la valeur moyenne de SF la plus importante dans les deux régions en condition irriguée, et faible en condition pluvial.
- La variété Oued el bared présente des valeurs plus importantes de l'intégrité cellulaire et la longueur d'épis avec barbe dans la région de BBA et la longueur de barbe dans la région de Sétif.
- La variété Waha est marquée une valeur maximale dans la teneur relative en eau, la teneur en chlorophylle et longueur d'épis dans les deux régions. Elle marque aussi

une valeur maximale de l'intégrité cellulaire et la longueur de lépis dans la région de BBA.

- Les valeurs les plus faibles des paramètres morphologiques et physiologiques représentées chez la variété Boussellem. Sauf que ce dernier a enregistré la valeur moyenne de longueur de barbe la plus élevée dans les deux régions.

Finalement nous pouvons dire qu'il y a des variétés locales qui seraient bien adapté à la zone semi-aride.

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- D'appliquer cette étude sur plusieurs stades de cycle de vie.
- Utiliser plusieurs variétés.
- De compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables.
- D'étudier la résistance aux stress biotiques et abiotiques.

# références bibliographiques

## Référence bibliographique

---

### Référence bibliographique

1. **Acevedo, E., 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 in yield determination. *Food products press, an imprint of the Hayworth press, Binghamton, N. Y.*: 141-159 p.
2. **Acevedo, E., Silva, P., & Silva, H. 2002.** Wheat growth and physiology, In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Macpherson, G. H., Bread wheat. Improvement and Production, Eds. *Food and Agriculture Organization, Rome, 30*: 34 - 70 p.
3. **Ainaoui S. Lafala Z., 2016 :** Etude comparative de l'effet du stress hydrique sur le Comportement de quatre génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Master. Univ. des Frères Mentouri Constantine.
4. **Alem, C., Labhilili, M., Brahmi, K., Jlibene, M., Nasrallah, N., & Filali-Maltouf, A. 2002.** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin, *C. R. Biologies 325 : 1097–1109* p.
5. **Amokrane, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Djekoun, A. 2002.** Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. *Sciences et Technologie, numéro spécial D, 33-38* p.
6. **Annerose, D. J. M., 1990.** Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea L.*) cultivée au Sénégal. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Université Paris VII, 282p.
7. **Annichiarico P. et Pecetti L., 1993.** Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in dry Mediterranean region of northern Syria. *Agro., 13*: 25-124 p.
8. **Araus, J. L., Amaro, T., Voltas, J., Nakkoul, H., & Nachit, M. M., 1998.** Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Field Crop Research, 55*: 209-223 p.
9. **Araus, J.L., Villegas, D., Aparicio, N., Garcia del Moral, .JF., 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*p.
10. **Attia, F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement éco physiologique et la maturité phénologique de la vigne *Vitis vinefera L.* Etude de cinq espèces autochtones de Midi pyreneés : Thèse de doctorat Institut national polytechnique de Toulouse. France.194 p.
11. **Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., & Hassous, K. L., 2005.** Selection of high yielding of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under semi arid conditions. *Journal of Agronomy, 4* (4): 360-365 p.
12. **Bajji M., Lutts S. & Kinet J-M. 2001 .**Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci. 160* : 669 -681p.
13. **Bajji, M., Lutts, S., & Kinet, J. M., 2000.** La résistance au stress hydrique chez le blé dur : Comparaison des comportements au niveau cellulaire et au niveau de la plante entière. Zaragoza : ciheam. Options Méditerranéennes : série A. séminaires méditerranéens, 40 : 227- 231 p.
14. **Bamouh, A., 2000.** Gestion de la contrainte pluviométrique pour l'amélioration de la production végétale et de l'efficacité d'utilisation de l'eau. Bulletin de liaison du programme national de transfert de technologie en Agriculture.85- 90 p.
15. **Barrs., 1968:** Determination of water deficit in plant tissues. Dans : Water Deficit and Plant Growth, Koslowski, T. (éd.). *Academy Press, New York, . 235-368*p.
16. **Belkharchouche H, Fellah S ,Bouzerzour H ,Benmahammed A ,Chellal N.,2009.**vigueur de croissance translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous condition semi-aride.courrier du savoir N°09. 17-24 p.
17. **Benmahammed, A., Bouzerzour, H., Mekhlouf, A., & Benbelkacem, A. 2008.** Variation de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la biomasse et l'efficacité d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum L. var durum*) conduites sous contraintes hydrique. *Recherche Agronomique, INRA, 21*: 37-47 p.
18. **Bensaadi N., 2011.** Effet de stress Salin sur l'activité des  $\alpha$ -amylases et la remobilisation des réserves des graines d'haricot (*haseolusuvulgaris L.*) en germination. Mémoire de Magistère. Univ d'Oran.
19. **Berka, S., & Aïd, F. 2009.** Réponses physiologiques des plants d'*Argania spinosa (L.)* Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse, 20* (3) : 296-302 p.

## Référence bibliographique

---

20. **Berka, S., & Aïd, F., 2009.** Réponses physiologiques des plants d'*Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse*, 20 (3) : 296-302 p.
21. **Blum, A., Ebercom, A., 1981.** Cell membrane stability as a mesure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci*, 21 : 43-7 p.
22. **Bolot, S., Abrouk, M., Masood-Quraishi, U., Stein, N., Messing, J., Feuillet, C., Salse, J. 2009.** The "inner circle" of the cereal genomes. *Current opinion in plant biology*, 12(2) :119–125 p.
23. **Boucenna F., Belkhiri C.2017.** L'effet de l'irrigation de complément sur quelques paramètres morpho-physiologiques et biochimiques de sept variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf) cultivées en BBA (El Hamadia).mémoire de Master. Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 37-38-39-40p.
24. **Bouchelaghem S., 2012.**cntribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en Algérie (NPK) sur la croissance le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétale blé dur. Thèse de doctorat. Univ. Constantine.
25. **Boudjabi S., 2017 :** Réponses physiologiques et biochimiques de quelques variétés de blé dur sous contraintes hydriques à l'apport de boues résiduaies. *Doctorat*. Univ. Hadj Lakhdar De Batna.
26. **Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun A., 2009:**Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in
27. **Bousba, R. 2012.** Caractérisation de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Analyse de la physiologie et de la capacité en production. Thèse de doctorat Es Science en biologie végétale, option, Bases génétique de la production végétale. Université Constantine. 1226 p.
28. **Bousba, R., Ykhlef, N., & Djekoun, A., 2009.** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.
29. **Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R., 2005 :** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. *ENPC*.
30. **Charles, M. 2010.** Évolution des génomes du blé (genres *Aegilops* et *Triticum*) au sein des *Poaceae*. Dynamique rapide de l'espace occupé par les éléments transposables et conservation relative des gènes. Thèse de Doctorat en sciences de l'université d'Évry-Val d'Essonne. France 149 p.
31. **Chellali B., 2007.**Marché mondial des céréales : l'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemagreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.
32. **Cherfia R., 2010 :** Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Magistère . Univ.Mentouri, Constantine.
33. **CIC., 2007.** International Grains Council; *World Grains Statistics*, 13-17 p.
34. **Clarck J.M. et Mac-Caig T.N., 1982 :** Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *triticum* genotypes. *Canada Journal P lant science* 62, 571-576p
35. **Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R. et Buckley T.W. 2002.** Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie*,composantes chez des populations F3 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sous conditions consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants. Constantine. **82:** 27- 33 p.
36. **Djaidjaa Z., 2013.** Influence des systèmes de cultures et des rotations sur le sol et le végétal en zone semiarides. Mémoire de Magister : Université Saad Dahlab de Blida. 124 p.
37. **Fahmi, F., Tahrouch, S., Bouzoubâa, Z., & Hatimi, A. 2011.** Effet de l'aridité sur la biochimie et la physiologie d'*argania spinosa*. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir, 299-308 p.
38. **Feillet P. 2000.** Le grain du blé. Composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, pp : 17-18.
39. **Gaff, D. F., 1980.** Protoplasmic tolerance of extreme water stress. In : Turner N. C., & Kramer P. J eds. *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. Wiley, NY, 207-230 p.
40. **Gate et Giban, 2003.**Stades du blé. Ed. Paris, ITCF 68p.
41. **Gaufichon, L., Prioul, J. L., & Bachelier, B. 2010.** Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse? *In. Etude de la foundation FARM*.
42. **Granier, C., Inzé, D., & Tardieu, F. 2000.** Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature and water status. *Plant Physiol*. 124:1393-1402 p.
43. **Hamadache, A. 2013.** Eléments de phytotechnie générale : Grandes Culture- Tom I : Le blé. 1ère édition. Mohamed Amrani. 49-69 p.
44. **Heller R, Esnault R et al., 2004.**Physiologie végétale II, développement. Ed., Dunod, Paris.64-240p.

## Référence bibliographique

---

45. **Herbek, J., & Lee, C. 2009.** Growth and development. In: A comprehensive guide to wheat management in Kentucky. The Univ. of Kentucky. edu/Ag/GrainCrops/ID125 Section2.html (accessed 29 Nov. 2012).
46. **Hervieu, B., Capone, R., Abis, S. 2006.** L'enjeu céréalier en méditerranée. Les notes d'analyse du CIHEAM N°9, 1-13 p.
47. **Hikosaka K., Ishikawa K., Borjigidai A., Muller O. & Onoda Y., 2006.** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* **57**: 291-302 p.
48. **Hopkins, W. G., 2003 :** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476 p.
49. **Karima K., Louhichi B., 2012.** Réponse Physiologique au Stress Hydrique de Variétés de Blé Tendre (*Triticum Aestivum L.*) Cultivées en Algérie.
50. **Kellogg, EA. 2001.** Evolutionary history of the grasses. *PlantPhysiol.* **125**:1198–1205.
51. **Khelil B. et Hammouche I., 2017 :** Etude de variabilité morpho-physiologique et biochimique de sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en condition climatique semi-aride. Master.Univ. Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A.3-4-6-10-30-33-36-38.
52. **Laib S., 2011.** contribution a l'étude de l'influence des types et doses d'engrais phosphaté sur le prélèvement de potassium par une culture de blé dans la région d'El Goléa. Thèse de Diplôme D'ingénieur d'état en Agronomie Saharienne. Université kasdi merbah. Ourgla. 104 p.
53. **Lefebvre, V., Poormohammad Kiani, S., & Durant-Tardif, M., 2009.** A focus on natural variation for abiotic constraints response in a model species *Arabidopsis thaliana*. *International Journal of molecular sciences*, **10**: 3547-3582 p.
54. **Louali Y., 2016 :** Production de génotypes mutants chez le blé dur (*Triticum durum*) : une source de variabilité génétique pour la tolérance à la sécheresse. Doctorat. Univ.des Frères Mentouri Constantine1p.
55. **Madr., 2012.** Statistiques agricoles. Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Sétif.
56. **Madr., 2012.** Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Série B.
57. **Mouellef A., 2010 :** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mém. Magister. Univ. Mantouri. Constantine. 10.29p.
58. **Nachit M., Nachit G., Keteta H., Gauch H.G. et Zobel R.W., 1992.** Use of AMMI and linear regression models to analyse genotype environment interaction in durum wheat. *Theor. Appl. Gent.*, **83**: 597-601 p.
59. **Nadjem k., 2012 :** Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride. Mém. Magister. Univ. Farhat abbas. sétif. 12p.
60. **Nouri, L. 2011.** Identification de marqueurs physiologiques de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. Thèse de Doctorat es Science, spécialité, Biologie et Physiologie végétales, option, Génétique et Amélioration des plantes, Université Constantine. 131 p.
61. **Radhouane, L. 2009.** La photosynthèse du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) en présence de contrainte hydrique et saline. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, **103** (3): 185-200 p.
62. **Rascio, A., 1985.** Water retention capacity of triticum durum cultivars receiving two different water regions. *Gent, Agro*, **39**: 409 – 416 p.  
response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* **5**: 609-616 p.
63. **Salmi M., 2015 :** Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Magister. Univ. Ferhat Abbas Sétif 1. 5-7-10-57p.
64. **Salse, J., Bolot, S., Throude, M., Jouffe, V., Piegu, B., Quraishi, U., Calcagno, T., Cooke, R., Delseny, M., Feuillet, C. 2008.** Identification and characterization of shared duplications between rice and wheat provide new insight into grass genome evolution. *The Plant Cell Online*. **20**(1) :11 p.
65. **Sassi, K., Abid, G., Jemni, L., Dridi-Al Mohandes, B., & Boubaker, M. 2012.** Étude comparative de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis du stress hydrique. *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol.15, Issue 2:2157-2170 p.
66. **Scofield T., Evans J., Cook M. G. et Wardlow I. F., 1988.** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Australian Journal of Plant physiology*. **4**: 785 - 797 p.
67. **Semcheddine N., 2015 :** Evaluation de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) par l'étude du bilan hydrique et des paramètres phéno-morpho-physiologiques. Doctorat. Univ. Ferhat Abbas Sétif 1. 1-22-23p.

## Référence bibliographique

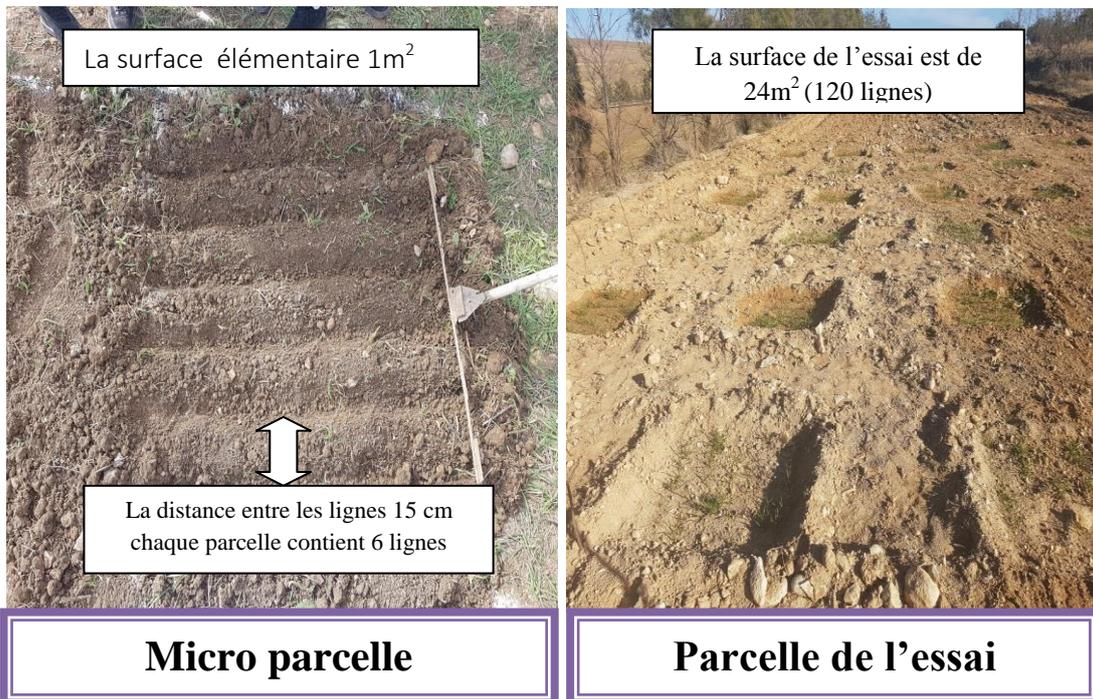
---

68. **Slafer, G.A., Araus, J.L., Royo, C., Del Moral, L.F.G., 2005.** Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Ann. Appl. Biol.* 146 : 61-70 p.
69. **Slama, A. 2002.** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de Tunis.
70. **Soltner, 1988.** Les grandes production végétales. Les collections scientifiques agricoles, Ed.16 éme édition 464p.
71. **Sorrells, ME., Diab,A., Nachit, M., 2000 .** Comparative genetics of drought tolerance .Option méditerranéennes série A (Seminaries Méditerranéens). 191-201 p. Turner, NC., 1986. Adaptation to water deficit: a changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol.* 13,175-90.
72. **Turner, N. C., Wright, G. C., & Siddique, K. H. M. 2001.** Adaptation of grain legume to water-limited environments. *Adv Agron*, 71: 193-231 p.
73. **Tyree, M. T., & Jarvis, P. G. 1982.** Water in tissues and cells. In : Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H, eds. *Encyclopedia of plant physiology*. New Series, Vol. 12B Physiological plant ecology II., Water relations and carbon assimilation. Springer-Verlag, Berlin : 36-77 p.
74. **Vasquez-Tello, A., Zuily-Fodil, Y., Pham Thi, A. T., & Vieira Da Silva, J. B., 1990.** Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in *Phaseolus* and *Vigna* species. *J Exp Bot*, 41 : 827-32 p.
75. **Wardlaw, I. F. 2002.** Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Annals of Botany*, 90: 469-476 p.
76. **Xue, Q., Zhu, Z., Jack, T., Stewart, B.A., 2006.** Physiological mechanisms contributing to the Increased water – use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. *J.plant physiology*. 163,154-164 p.
77. **Yves H. et De Buyser J. 2000.** L'origine des blés. Pour la science, 26: 60-62 p.
78. **Megherbi, A., Mehdadi, Z., Toumi, F., Moueddene, K., & Bouadjra, S. E. B. (2012).** Tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et identification des paramètres morphophysologiques d'adaptation dans la région de Sidi Bel-Abbès (Algérie occidentale), *Acta Botanica Gallica*, 159 (1) : 137-143p.
79. **Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A. & Slafer., 2008.** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *Europ. J. Agronomy*. 28. 541-550p.
80. **Anonyme.,2006.** Les marchés mondiaux du blé. *USDA*. [http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux\\_2006.pdf](http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux_2006.pdf). (25.05.2008/11:37).
81. **Chellali B., 2007.** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.
82. **FAO., 2007.** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/01/0/ah864f/ah864f00.htm>.
83. **Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R., 2005.** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
84. **Bajji M. 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.

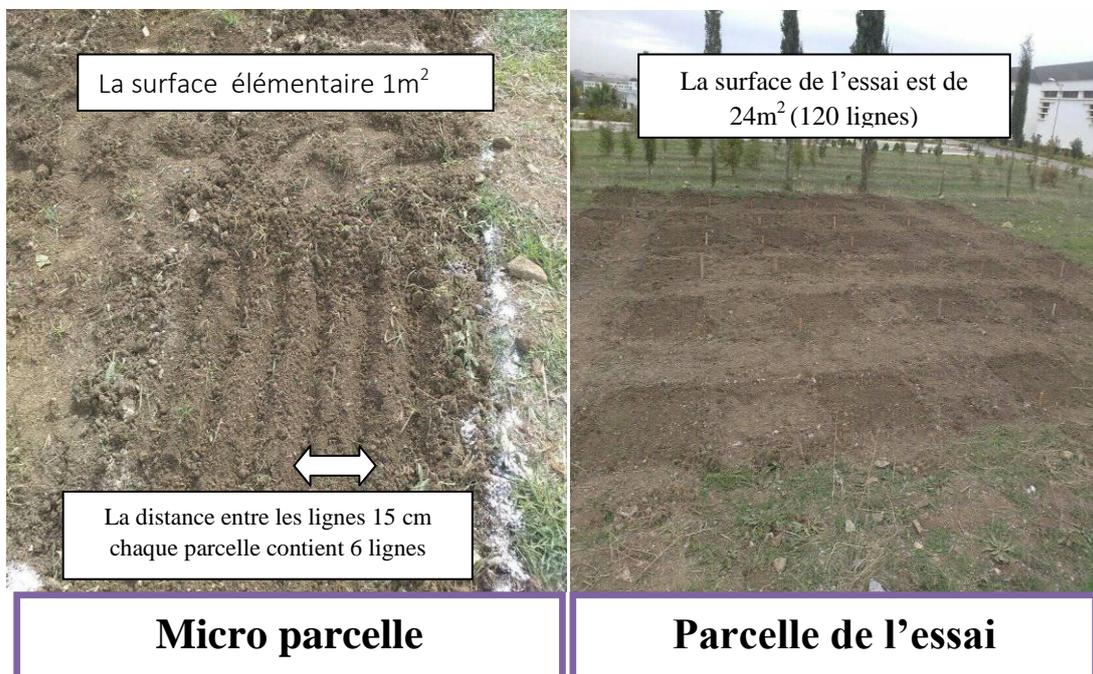
# Annexes

## Annexe

### Annexe 01 : Parcelle de l'essai dans la région de BBA



### Annexe02: Parcelle de l'essai dans la région de Sétif



## Annexe

### Annexe 03: Résultats de mesure des caractères morphologiques, physiologiques dans la région de BBA

<b>Génotype</b>	<b>SF</b>	<b>LT</b>	<b>LB</b>	<b>LE</b>	<b>LEB</b>
<b>V1</b>	13,45	54,13	9,95	6,71	16,66
<b>V2</b>	14,69	20,43	9,8	5,55	15,35
<b>V3</b>	14,94	69,25	12,56	7,65	20,21
<b>V4</b>	14,62	50,43	10,86	7,16	18,03
<b>Moyenne</b>	14,03	48,56	10,79	6,76	17,56
<b>LSD 5%</b>	4,8	9,93	1,49	0,99	1,93

<b>Génotype</b>	<b>TRE</b>	<b>Chlr a</b>	<b>Chlr b</b>	<b>Chlr a+b</b>	<b>IC %</b>
<b>V1</b>	41,11	17,59	16,94	41,29	84,16
<b>V2</b>	38,1	6,43	9,36	16,88	66,75
<b>V3</b>	53,06	4,27	5,67	10,9	86,96
<b>V4</b>	40,99	3,47	3	7,96	82,05
<b>Moyenne</b>	43,31	7,94	8,742	19,25	79,98
<b>LSD 5%</b>	16,38	1,22	3,17	2,42	9,59

### Annexe 04: Résultats de mesure des caractères morphologiques, physiologiques et biochimique dans la région de Sétif

<b>Génotype</b>	<b>SF</b>	<b>LT</b>	<b>LB</b>	<b>LE</b>	<b>LEB</b>
<b>V1</b>	15,68	60,33	11,5	8,06	18,33
<b>V2</b>	16,04	62,85	12,05	6,2	17,28
<b>V3</b>	16,87	76,7	10,66	6,58	16,08
<b>V4</b>	15,29	63,58	12,25	6,1	17,5
<b>Moyenne</b>	15,97	56,86	11,61	6,73	17,29
<b>LSD 5%</b>	2,07	8,05	1,64	1,04	1,60

## Annexe

<b>Géotype</b>	<b>TRE</b>	<b>Chlr a</b>	<b>Chlr b</b>	<b>Chlr a+b</b>	<b>IC %</b>
<b>V1</b>	41,11	18,92	31,83	52,06	61,88
<b>V2</b>	38,1	6,97	9,66	18,02	56,38
<b>V3</b>	53,06	9,83	13,87	25,55	63,39
<b>V4</b>	40,99	6,61	5,24	13,09	50,53
<b>Moyenne</b>	43,31	10,58	15,15	27,18	58,04
<b>LSD 5%</b>	9,77	5,98	9,77	16,13	4,38

### Annexe 05 : Valeurs moyennes des paramètres mesurés pour les traitements

<b>BBA</b>	<b>SF</b>	<b>HT</b>	<b>LE</b>	<b>LB</b>	<b>LEB</b>	<b>TRE</b>	<b>Chlra</b>	<b>Chlrb</b>	<b>Chlra+b</b>	<b>IC</b>
<b>T1</b>	14,44	61,95	6,91	10,9	17,60	47,42	10,07	9,24	23,40	81,03
<b>T2</b>	14,41	56,97	6,62	10,69	17,52	39,21	5,80	8,24	15,12	78,93

<b>Sétif</b>	<b>SF</b>	<b>HT</b>	<b>LE</b>	<b>LB</b>	<b>LEB</b>	<b>TRE</b>	<b>Chlra</b>	<b>Chlrb</b>	<b>Chlra+b</b>	<b>IC</b>
<b>T1</b>	16,65	67,46	7,1	11,87	17,43	61,22	14,61	23,19	39,42	29,86
<b>T2</b>	15,29	64,26	6,40	11,35	17,16	54,87	6,06	7,11	14,94	28,77

## Annexe

### Annexe 06 : Analyse de signification des variables mesurées dans la région de BBA.

Caractère	F calculé	P (probabilité)
SF	0,17	$P \leq 0,9$ ns
HT	7,04 <sup>**</sup>	$P \leq 0.01$
LE	7,47 <sup>**</sup>	$P \leq 0.01$
LB	6,63 <sup>**</sup>	$P \leq 0.01$
LEB	10,66 <sup>***</sup>	$P \leq 0.001$
CHLa	261,53 <sup>***</sup>	$P \leq 0.001$
CHLb	33,51 <sup>***</sup>	$P \leq 0.001$
CHLa+b	360,52 <sup>***</sup>	$P \leq 0.001$
TRE	1,51	$P \leq 0,2$ ns
IC	0,177 <sup>**</sup>	$P \leq 0.01$

### Annexe 07 : Analyse de signification des variables mesurées dans la région de Sétif.

Caractère	F calculé	P (probabilité)
SF	0,96	$P \leq 0.4$ ns
HT	7,6 <sup>**</sup>	$P \leq 0.01$
LE	6,63 <sup>**</sup>	$P \leq 0.01$
LB	1,71	$P \leq 0.2$ ns
LEB	3,08	$P \leq 0.06$ ns
CHLa	9,20 <sup>**</sup>	$P \leq 0.01$
CHLb	13,09 <sup>***</sup>	$P \leq 0.001$
CHLa+b	10,64 <sup>***</sup>	$P \leq 0.001$
TRE	1,75	$P \leq 0,20$ ns
IC	3,05	$P \leq 0.06$ ns

\* : Significative, \*\* : Hautement significative, \*\*\* : Très hautement significative

## Résumé

La sécheresse est le facteur le plus significatif et le plus limitant des cultures en général et du blé dur en particulier, surtout en zone semi-aride. L'objectif de ce travail est l'évaluation de la tolérance à la sécheresse de quelque génotype de blé dur (*Triticum durum*, Desf.). Sur deux sites expérimentaux différents et durant la campagne agricole 2018/2019, quatre génotypes de blé dur ont été testés dans des conditions de culture pluviale et irriguées, sans climat semi-aride (Sétif, BBA). Les mesures ont porté sur des paramètres morphologiques (Surface de la feuille étendards, Hauteur de tige, Longueur de l'épi, Longueur de l'épi avec barbe) et physiologiques (Teneur relative en eau, Taux en chlorophylle, Intégrité cellulaire).

Les résultats ont montré que le stress hydrique n'affecte pas tous les génotypes étudiés. Ceci est confirmé par les résultats des données climatiques pour chaque région qui caractérisent par une longue période humide.

L'étude typologique, basée sur les indices de tolérance à la sécheresse dans les deux régions, identifie Boutaleb comme une variété performante et tolérante à la sécheresse comparativement à Waha, Oued el bared susceptibles au stress par contre la variété Bousselem qui est la plus sensible à la sécheresse.

Notre étude nous a permis de choisir quelques variétés qui semblent être aptes à se développer convenablement dans les zones semi-arides.

### **Mots clés :**

Blé dur (*Triticum durum* Desf.), stress hydrique, les indices de tolérance, sécheresse, région semi aride.

## **Abstract**

Drought is the most significant and limiting factor for crops in general and durum wheat in particular, especially in the semi-arid zone. The objective of this work is the evaluation of the tolerance to drought on some durum wheat genotype (*Triticum durum*, Desf). At two different experimental sites and during the companion agricultural 2018 / 2019, four durum genotypes were tested. Under rain fed and irrigated conditions, without semi-arid climate (Setif, BBA). Measurements were made on morphological parameters (leaf area, stalk height, ear length, ear length). With beard and physiological (Relative water content, Chlorophyll content, Cell integrity).

The results showed that water stress is not affected in all genotypes studied. This is confirmed by the results of climate data for each region that characterized by long wet period.

The typological study, based on the drought tolerance indices in the two regions, identifies Boutaleb as a high-performance and drought-tolerant variety compared to Waha, which is susceptible to stress, whereas the Bousselem variety more sensitive to drought.

Our study allowed us to choose some varieties that seem to be suitable for Sustainably developed in semi-arid areas.

**Keywords :**

Hard wheat, water stress, tolerance indices, semi-arid region.

## ملخص

الجفاف هو العامل الأكثر تأثيراً معنوياً والأكثر تحديداً للمحاصيل عموماً و للقمح الصلب خصوصاً ، خاصة في المناطق شبه الجافة ، الهدف من هذا العمل هو تقييم تحمل الجفاف عند بعض الأنماط الوراثية من القمح الصلب . في محطتين تجريبتين خلال الموسم الزراعي 2018/2019 ، أختبرت أربع أنماط وراثية من القمح الصلب في ظروف زرع جافة و مسقية تحت المناخ شبه الجاف ( سطيف ، برج بوعريريج ) . تم أخذ القياسات من المعايير الشكلية

( مساحة الورقة الأخيرة ، طول الساق ، طول السنبل ، بدون السفا ، طول السفا ، طول السنبل مع السفا ) و الفيزيولوجية (المحتوى المائي النسبي ، نسبة الكلوروفيل ، السلامة الخلوية ) ،النتائج تبين أن الاجتهاد المائي لم يؤثر في كل الأنماط الوراثية المدروسة . هذا ما يؤكد بنتائج المعطيات المناخية لكل منطقة التي تتميز بمرحلة طويلة من الرطوبة.

دلت الدراسة التصنيفية على أساس مؤشرات تحمل الجفاف ، في كلا المنطقتين على أن بوطالب هي الأكثر أداء و تحملاً للجفاف مقارنة بواحة ، واد الباراد التي كانت حساسة بالإجهاد المائي بالمقابل الصنف بوسالم الذي كان الأكثر حساسية للجفاف .

دراستنا سمحت لنا باختيار الأصناف التي يبدو أنها قادرة على النمو و إعطاء مردود حسن في المناطق شبه الجافة.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب ، الإجهاد المائي ، مؤشر التحمل ، الجفاف ، منطقة شبه جافة .