

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE**

*Faculté de science de la nature*

*Institut de science de la nature et de la vie*

N° = 251 / Mag / 2007

Série 011/SN/2007

**Mémoire**

**Présenté pour l'obtention du Diplôme de Magister**

**Option : Biodiversité et Production Végétale**

**THEME :**

***Etudes de caractères morphophysiologiques liés au rendement en condition de sécheresse sur quelques variétés de blés cultivées dans le Constantinois***

**Présentée par :**  
***Zoghmar Meriem***

**Soutenu, le: 03/10/2007**

**Devant le jury:**

<b>M. BENLARIBI Mostapha</b>	<b>Prof.</b>	<b>Université Mentouri Constantine</b>	<b>Président</b>
<b>M. KARA Youcef</b>	<b>M.C.</b>	<b>Université Mentouri Constantine</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>M<sup>d</sup> YAKHLEF Nadia</b>	<b>M.C.</b>	<b>Université Mentouri Constantine</b>	<b>Examineur</b>
<b>M. BAKA Mebarek</b>	<b>M.C.</b>	<b>Université Mentouri Constantine</b>	<b>Examineur</b>

***L'année Universitaire: 2006/2007***

## ***Dédicace***

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma mère pour tous les sacrifices et les encouragements dont elle a fait preuve à mon égard.*

*A Mon frère Zohir et sa femme Samira.*

*A mes frères et sœurs pour leur compréhension.*

*A mes amies pour leur soutien.*

*A Toutes je dédie les fruits de mes efforts et la fleur du savoir*

## **Remerciement**

Ce travail a été effectué au laboratoire d'amélioration des plantes de l'université Mentouri Constantine.

Mes vifs remerciement vont à Monsieur Kara Youcef, rapporteur de ce mémoire qui m'a permet de réalisée ce travail, je tient à lui exprimer ma profond gratitude pour ses encouragements, sont aide inconditionnelle et enfin pour la confiance qui m'a constamment témoignée. Ses encouragements et ses conseils sont d'un apport précieux et considérable pour l'aboutissement de ce travail.

Mes vifs remerciements vont également à Monsieur Benlaribi Moustafa Professeur à l'Université de Constantine pour avoir bien voulu jugé ce travail en tant que président de jury.

Ma gratitude va tous spécialement à Madame Yheklef Nadia, maître de conférence à l'université de Constantine pour son aide matérielle et pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes vifs remerciements vont également à Monsieur Baka mébarek maître de conférence à l'Université de Constantine pour avoir accepter d'examiner ce travail.

Ma gratitude va également à Monsieur Benbelkacem Abd El kader, ex directeur de la station expérimentale (I.T.G.C) D'elkhroub, Constantine pour ses dispositions à mon aide durant tout le déroulement de l'expérimentation, sons oublié également de remercier vivement tous les cadres et les ouvriers de (I.T.G.C). Pour leur contribution à la réalisation de l'expérimentation aux niveaux de leurs structure.

J'exprime également ma vive gratitude à Melle Chaib Ghania , Mme Bousbaa, R., Monsieur hazmoun Tahar et M. Kellou K, pour leurs aide précieuse et leurs disponibilité.

Je remercie Monsieur Belbakri N, ingénieur de laboratoire d'Amélioration des plantes de l'Université de Constantine pour son aide et sa disponibilité.

Je remercie tous ceux qui à titre divers m'on apporté leur sympathie

## Sommaire

<b>Abréviations</b>	
<b>Liste des tableaux</b> .....	I
<b>Liste des figures</b> .....	III
<b>Introduction générale</b> .....	01
<b>Partie I : Etude bibliographique</b>	
<b>I. La culture du blé</b>	03
I.1. Le blé dur <i>Triticum durum</i> DESF	03
I.2. Le blé tendre <i>Triticum aestivum</i> L	05
I.3 Origine du blé	05
<b>II. Effets du déficit hydrique sur les plantes</b>	08
II.1. Effets du déficit hydrique sur les différents organes de la plante	08
II.2. Effets du déficit hydrique sur les différentes phases de développement	10
II.2.1. La période végétative	10
II.2.2. La période reproductrice	10
II.2.3. La période de maturation	12
<b>III. L'adaptation à La Sécheresse</b>	13
III.1. Paramètres d'état hydrique	13
III.2. Notion d'adaptation	17
<b>IV. Les stratégies d'adaptation de la plante à la contrainte hydrique</b>	17
IV.1. Evitement	17
IV.2. Esquive ou Echappement	18
IV.3. Tolérance à la déshydratation	18
IV.3.1. Tolérance avec potentiel hydrique élevé	18
IV.3.1.1. Réduction des pertes en eau	19
IV.3.1.2. Augmentation de l'absorption racinaire de l'eau	19
IV.3.2. Tolérance avec potentiel hydrique bas	19
IV.3.2.1. Maintien de la turgescence cellulaire	19
IV.3.2.2. Tolérance à la dessiccation ou résistance	20
<b>V. Caractères morphophysiologiques d'adaptation à la sécheresse</b>	21
V.1. Système racinaire	21
V.2. Réductions des pertes en eau	22
V.2.1. Réduction de la surface foliaire	22
V.3. Glaucescence, pilosité et cires	22
V.4. Taux de déperdition d'eau ou transpiration épidermique	23

## Sommaire

<b>Abréviations</b>	
<b>Liste des tableaux</b> .....	I
<b>Liste des figures</b> .....	III
<b>Introduction générale</b> .....	01
<b>Partie I : Etude bibliographique</b>	
<b>I. La culture du blé</b>	03
I.1. Le blé dur <i>Triticum durum</i> DESF	03
I.2. Le blé tendre <i>Triticum aestivum</i> L	05
I.3 Origine du blé	05
<b>II. Effets du déficit hydrique sur les plantes</b>	08
II.1. Effets du déficit hydrique sur les différents organes de la plante	08
II.2. Effets du déficit hydrique sur les différentes phases de développement	10
II.2.1. La période végétative	10
II.2.2. La période reproductrice	10
II.2.3. La période de maturation	12
<b>III. L'adaptation à La Sécheresse</b>	13
III.1 Paramètres d'état hydrique	13
III.2. Notion d'adaptation	17
<b>IV. Les stratégies d'adaptation de la plante à la contrainte hydrique</b>	17
IV.1. Evitement	17
IV.2. Esquive ou Echappement	18
IV.3. Tolérance à la déshydratation	18
IV.3.1. Tolérance avec potentiel hydrique élevé	18
IV.3.1.1. Réduction des pertes en eau	19
IV.3.1.2. Augmentation de l'absorption racinaire de l'eau	19
IV.3.2. Tolérance avec potentiel hydrique bas	19
IV.3.2.1. Maintien de la turgescence cellulaire	19
IV.3.2.2. Tolérance à la dessiccation ou résistance	20
<b>V. Caractères morphophysologiques d'adaptation à la sécheresse</b>	21
V.1. Système racinaire	21
V.2. Réductions des pertes en eau	22
V.2.1. Réduction de la surface foliaire	22
V.3. Glaucescence, pilosité et cires	22
V.4. Taux de déperdition d'eau ou transpiration épidermique	23

	<i>Sommaire</i>
I.1.1. Effets du stress hydrique sur le rendement	45
A. Cas du blé dur	45
B. Cas du blé tendre	51
I.1.2. Effets du stress hydrique sur le poids de mille grains (PMG)	56
A. Cas de blé dur	56
B. Cas du blé tendre	60
I.1.3. Les paramètres agronomiques et morphologiques de l'essai au champ	64
A. Cas de blé dur	64
B. Cas du blé tendre	68
I.1.4. Indice de sensibilité	72
I.2. Essais aux conditions semi contrôlés (paramètres hydriques et biochimiques)	75
I.2.1. Effet du stress hydrique sur la teneur relative en eau (TRE)	75
A. Cas du blé dur	75
B. Cas du blé tendre	77
I.2.2. Effets du déficit hydrique sur l'accumulation des sucres à 15% de la capacité au champ	81
A. Cas du blé dur	81
B. Cas du blé tendre	83
I.2.3. Les paramètres d'état hydrique et biochimique et tolérance à la sécheresse	86
A. Cas du blé dur	86
B. Cas du blé tendre	90
<b>II. Discussion</b>	
II.1. Essai au champ	95
II.1.1. Effet du stress hydrique sur le rendement (avec et sans barbes)	95
II.1.2. effet du stress hydrique sur le poids de mille grains	97
II.1.3. Les paramètres agronomiques et morphologiques de l'essai au champ	98
II.1.4. L'indice de sensibilité	100
II.2. Essai aux conditions semi contrôlées	102
II.2.1. Effets du stress hydrique sur la teneur relative en eau	102
II.2.2. Effet de stress hydrique sur la teneur en sucres solubles	103
II.2.3. Les paramètres d'état hydrique et biochimiques et tolérance à la sécheresse	104
<b>Conclusion générale</b>	107
<b>Références bibliographiques</b>	110
<b>Annexes</b>	

## Abréviations

$\Delta \Psi \pi, AO$  : Ajustement osmotique.

$\Psi \pi 100$  : Potentiel osmotique à turgescence maximale.

$\Psi \pi, PO$  : Potentiel osmotique.

ACP : Analyse en composante principale.

BIO : La biomasse végétative.

CE : col de l'épi.

CYMMYT : Centro International de Mejoramiento de Maiz Y. Trigo .

DE : Date d'épiaison.

F.A.O : Food and Agricultural Organisation of the United Nations (Bulletin Statistique des productions Mondiales des céréales).

HP : hauteur de la plante.

LT.G.C : Institut Technique Des Grandes Cultures.

IS : indice de sensibilité.

LB : Longueur des barbes.

LE : Longueur de l'épi.

NE/ M<sup>2</sup> : nombre d'épi par mètre carré.

NG/E : Nombre de grain par épi.

NP/ M<sup>2</sup> : Nombre de plante par mètre carré.

NT/ M<sup>2</sup> : Nombre de talles par mètre carré.

PMG : Poids de mille grains.

RDT : rendement en grains

S : Plante stressé.

SF : Surface foliaire.

SUCR : teneur en sucres solubles.

**T** : Plantes Témoins.

**TRE** : Teneur relative en eau.

**Liste des tableaux**

<b>Tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau (01) :</b> Production, Consommation et Importation de Blé Dur en Afrique du Nord (En Milliers de Tonnes)	04
<b>Tableau (02) :</b> Evolution de la Superficie, Production et Rendement du blé dur et du blé tendre en Algérie (1990-1999)	06
<b>Tableau 03 :</b> Correspondance entre les différentes échelles du développement du blé	11
<b>Tableau 04 :</b> Présentation le mode de calcul de l'indice de sensibilité à la Sécheresse »	27
<b>Tableau 05 :</b> Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le rendement chez les cinq variétés testées de blé dur	46
<b>Tableau 06 :</b> Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé dur pour le rendement avec barbes	47
<b>Tableau 07 :</b> Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé dur pour le rendement sans barbes	49
<b>Tableau 08 :</b> Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le rendement chez les cinq variétés testées de blé tendre	51
<b>Tableau 09 :</b> Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMANKEULS, pour les cinq génotypes testés de blé tendre, pour le rendement avec barbes	52
<b>Tableau 10 :</b> Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé tendre pour le rendement sans barbes	54
<b>Tableau 11 :</b> Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le poids de mille grains chez les cinq génotypes testés de blé dur.	56
<b>Tableau 12 :</b> Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé dur pour le PMG avec barbes	57
<b>Tableau 13 :</b> Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé dur pour le PMG sans barbes.	58
<b>Tableau 14 :</b> Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le poids de mille grains chez les cinq variétés testées de blé tendre.	60
<b>Tableau 15 :</b> Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé tendre pour le PMG avec barbes.	61

Tableaux	Page
<b>Tableau 16</b> : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes de blé tendre testés pour le PMG sans barbes.	62
<b>Tableau 17</b> : Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ pour les cinq génotypes de blé dur.	75
<b>Tableau 18</b> : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS ( $\alpha=5\%$ ), pour les cinq génotypes testés de blé dur pour la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ.	77
<b>Tableau 19</b> : Carré moyen de l'analyse de variance effectué sur la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ pour les cinq génotypes testés de blé tendre.	77
<b>Tableau 20</b> : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS pour les cinq génotypes testés du blé tendre (TRE à 15% de la capacité au champ)	79
<b>Tableau 21</b> : Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ, chez les cinq génotypes de blé dur.	81
<b>Tableau 22</b> : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés du blé dur pour la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ.	82
<b>Tableau 23</b> : Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ, chez les cinq génotypes de blé tendre.	83
<b>Tableau 24</b> : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés du blé tendre pour la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ.	84

**Liste des figures**

<b>Figure</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1</b> : principaux effets de déficit hydrique sur les composantes de rendement d'après (Gate, 1990)	09
<b>Figure 02</b> : principaux effets physiologiques du déficit hydrique sur la perte de turgescence	15
<b>Figure 03</b> : La pluviométrie enregistrée dans la région d'étude pendant l'année de l'expérimentation	33
<b>Figure 04</b> : Les températures minimales et maximales durant l'année de l'expérimentation	33
<b>Figure 05</b> : schéma du dispositif expérimental	35
<b>Figure 06</b> : Courbe étalant du potentiel osmotique	40
<b>Figure 07</b> : Courbe étalon du dosage des sucres solubles	44
<b>Figure 08</b> : Comparaison du rendement des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées et pluviales	50
<b>Figure 09</b> : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées	50
<b>Figure 10</b> : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions pluviales	50
<b>Figure 11</b> : Comparaison du rendement des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées et pluviales	55
<b>Figure 12</b> : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées	55
<b>Figure 13</b> : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions pluviales	55
<b>Figure 14</b> : Comparaison du PMG des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées et pluviales	59
<b>Figure 15</b> : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées	59
<b>Figure 16</b> : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions pluviales	59
<b>Figure 17</b> : Comparaison du PMG des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées et pluviale	63
<b>Figure 18</b> : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées	63
<b>Figure 19</b> : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées	63
<b>Figure 20</b> : Cercle des corrélations (cas de blé dur), essai au champ	65
<b>Figure 21</b> : Diagramme des individus (cas du blé dur, essai au champ).	67

Figure	Page
Figure 22 : Cercle des corrélations (cas du blé tendre), essai au champ.	69
Figure 23 : Diagramme des individus (cas du blé tendre, essai au champ).	71
Figure 24 : Relation entre le rendement et l'indice de sensibilité (IS) (cas du blé dur)	74
Figure 25 : Relation entre le rendement et l'indice de sensibilité (IS) (cas du blé tendre)	74
Figure 26 : Variation de la teneur relative en eau sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq génotypes de blé dur.	80
Figure 27 : Variation de la teneur relative en eau sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq génotypes de blé tendre	80
Figure 28 : Variation de la teneur en sucres solubles sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq génotypes testés de blé dur	85
Figure 29 : Variation de la teneur en sucres solubles sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq génotypes testés de blé tendre	85
Figure 30 : Cercle des corrélations (paramètres d'état hydrique et biochimique, cas de blé dur)	87
Figure 31 : Diagramme des individus pour les génotypes de blé dur (paramètres d'état hydrique et biochimique).	89
Figure 32 : Cercle des corrélations des paramètres d'état hydrique et biochimique (Cas du blé tendre)	91
Figure 33 : Diagramme des individus pour les génotypes de blé tendre (paramètres d'état hydrique, et biochimique)	93
Figure 34: Relation entre la teneur relative en eau et le potentielle osmotique (Cas du blé dur)	94
Figure 35: Relation entre la teneur relative en eau et le potentiel osmotique (Cas du blé tendre)	94

## Introduction générale

## Introduction générale :

L'eau à un rôle fondamental dans la vie des plantes, elle conditionne leurs activités physiologiques et métaboliques. Sa carence peut affecter le développement ainsi que tous les aspects de croissance des plantes. Elle est de ce fait le principal facteur limitant de la production végétale dans les régions arides et semi-arides. Plus de 60 % des pertes de rendement du blé, principalement en Asie et en Afrique du Nord, sont dues à la sécheresse.

Cependant, les besoins nationaux ne cessent d'augmenter compte tenu de l'accroissement démographique de la population. Afin de satisfaire la demande croissante en ces produits à large consommation, l'Algérie continue d'importer massivement les céréales pour couvrir la totalité des besoins domestiques, car plus de (50 %) du marché mondial est importé par l'Algérie ( Feliachi, 2000; Hunein, 2000).

Les sélectionneurs confrontés au problème de la baisse de rendement due au déficit hydrique s'appuient principalement jusqu'à ce jour sur des approches basées sur les performances agronomiques (essais de rendement). Or il est difficile d'identifier et de caractériser un génotype à travers l'observation d'un caractère aussi complexe et à faible héritabilité que le rendement.

En vue de limiter les fluctuations du rendement liées à la variabilité environnementale, de nombreux chercheurs se sont donc attachés à identifier et à étudier les caractères phénologiques et morphophysiologiques liés au rendement en conditions de déficit hydrique. (Blum, 1988; Acevedo, 1987; Monneveux, 1991).

En Algérie, les principales cultures céréalières sont le blé (*Triticum.sp*) et l'orge (*Hordeum.sp*). (Abdelghefri, 2000; Benbelkacem et Kellou, 2000 ). Le blé dur (*Triticum durum, Desf*) est de loin la céréale la plus cultivée en Algérie. Cette espèce occupe à l'échelle nationale de grandes superficies (un million d'hectares environ). Cependant le rendement à l'hectare demeure faible et irrégulier (moins de 10 q/h) (Labbani, 1994). Ce manque de productivité est probablement la conséquence des erreurs stratégiques commises, car le blé est cultivé dans des zones climatiques sujettes à la sécheresse, arides et semi-arides (Pluviométrie entre 250 et 450 mm)

En outre, ces pluies sont très abondantes en hiver ne profitant pas au remplissage des grains qui constitue la période décisive et cruciale pour le blé. (Belaid, 2000; Morancho, 2000).

Les surfaces consacrées à la production du blé tendre restent très faibles comparativement à celles réservées au blé dur (Bensid, 1995). Dans une étude comparative du comportement des blés vis-à-vis de la sécheresse, Mekhliche *et al.*, (1993) constatent que le déficit hydrique affecte différemment le blé dur par rapport au blé tendre.

L'analyse de cette situation montre qu'il serait urgent de développer des stratégies permettant de régulariser les rendements de ces régions où la sécheresse affecte considérablement les récoltes. Le but recherché à travers cette étude est de combler un déficit estimé à plus de 60 % de la consommation nationale en augmentant la production par le biais d'une amélioration du rendement potentiel.

L'objectif de notre travail expérimental est d'analyser la variabilité génotypique de quelques variétés de blé soumises au déficit hydrique afin de dégager les géotypes performants et qui pourraient éventuellement s'adapter aux régions d'étude. Cinq variétés de blé dur et cinq variétés de blé tendre ont été retenues. Ce sont des variétés d'origines diverses locales et introduites. Les paramètres utilisés dans cette analyse sont : La teneur relative en eau, les paramètres d'état hydriques et d'ajustement osmotique et les paramètres biochimiques (accumulation des sucres solubles) qui s'y rattachent. Ces paramètres constituent des critères d'adaptation et aussi des critères de criblage qui pourraient éventuellement être utilisés dans les programmes de sélection.

Dans une seconde partie de notre travail expérimental, un essai comparatif au champ des dix variétés de blé étudiées a été réalisé sous deux conditions expérimentales différentes (irriguée et pluviale). Par ailleurs, nous avons cherché à connaître également l'impact des barbes sur le rendement des variétés soumises aux conditions expérimentales citées ci dessus.

**Partie I**

**Etude bibliographique**

## I. La culture du blé :

### 1.1. Le blé dur : *Triticum durum* DESF

Le bassin méditerranéen est l'un des plus importants centres mondiaux des espèces cultivées. 84 % au moins de ces espèces (dont le blé dur) se sont développées à partir de leurs espèces parentales primitives dans cette région (Vavilov, 1951; Merah *et al.*, 1999). Le blé semble s'être développé dans le bassin méditerranéen depuis le néolithique (Zahary et Hopf, 1994). Son aire de culture actuelle couvre les parties chaudes et sèches du Moyen-Orient, de l'Afrique du nord, de l'ex-URSS, de l'Europe méditerranéenne et des grandes plaines de l'Amérique du nord (Elias, 1995).

Dans les zones méditerranéennes, la rareté et le caractère erratique des précipitations (200 à 600 mm/an) peuvent être les facteurs majeurs de la production, en particulier dans le cas des céréales. La situation est particulièrement grave en Algérie. Selon les informations données par la (F.A.O, 2000), les rendements enregistrés sur une période de 40 ans restent faibles (moins d'une tonne à l'hectare), et ne permettent pas de pourvoir à la totalité des besoins alimentaires locaux. Ceci est en particulier vrai dans le cas du blé dur, qui constitue souvent la principale culture et la principale ressource de protéines pour l'alimentation humaine. (Tab. 01) (Tab. 02)

La production de blé dur à reculé, en raison des rendements extrêmement faibles causés par la sécheresse, par conséquent on prévoit que les importations augmenteront jusqu'à 2.0 Mt en 1999 - 2000 comparativement à 1.9 Mt en 1998 - 1999. L'Algérie est le seul pays nord africain qui importe un volume significatif de blé dur (importation de semoule). (Anonyme, 2000) (Tab. 01)

**Tableau (01) : Production, Consommation et Importation de Blé Dur en Afrique du Nord**  
(En Milliers de Tonnes)

	1991/1995	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001
<b>ALGERIE</b>						
Production	1110	1600	500	1500	900	700
Consommation	2662	3358	3158	3400	2900	2800
Importations	1552	1758	2658	1900	2000	2100
<b>MAROC</b>						
Production	1255	2270	882	1500	800	500
Consommation	1452	2623	1402	2000	1270	1100
Importations	197	353	520	500	470	600
<b>TUNISIE</b>						
Production	958	1623	700	1100	1200	800
Consommation	1163	1746	1251	1350	1600	1250
Importations	205	123	551	250	400	450
<b>LIBYE</b>						
Production	112	100	100	100	100	100
Consommation	338	347	317	250	350	350
Importations	226	247	217	150	250	250
<b>AFRIQUE DU NORD</b>						
Production	3434	5593	2182	4200	3000	2100
Consommation	5615	8074	6128	7000	6120	5500
Importations	2181	2481	3946	2800	3120	3400

Source : Agriculture and Agri-Food Canada, Bulletin bimensuel, Vol.13 N°11

## **I.2. Le blé tendre : *Triticum aestivum* L.**

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) constitue à la fois un apport énergétique et protéique. Un kilogramme de matière sèche de blé tendre apporte 130g de matières azotées 23g de matières grasses, 27g de cellulose, 18g d'élément minéraux, 3,7g de lysine, 2.1g de méthionine et 3500 kilojoules (Forgeois *et al.*, 1993). (Tab. 02)

Le blé tendre constitue une part importante des ressources alimentaires et des échanges économiques sur le plan mondial. Les habitudes alimentaires et la forte demande pour ce produit constituent les principales raisons qui expliquent le développement très rapide de la culture de cette espèce de céréales (Forgeois *et al.*, 1993). En effet avec une production mondiale de plus de 535 millions de tonnes, pour la seule année 1989/1990, le blé est la céréale la plus produite dans le monde, devant le Maïs et le Riz.

En Algérie, la consommation des produits à base de blé tendre s'est développée très rapidement suite à l'adoption du pain dit Français. Cette demande est satisfaite en partie par la production nationale et par les importations. La majeure partie des superficies consacrées à la production du blé tendre est localisée sur les hautes plaines, caractérisées par une altitude assez élevée (800 à 1200 m), des hivers relativement froids, un régime hydrique capricieux, marqué par une insuffisance et une mauvaise répartition des précipitations, des gels printaniers fréquents et par l'apparition des vents chauds et desséchants accompagnés de fortes températures en fin de cycle de la plante (Bensid, 1995).

## **I.3 Origine du blé**

L'histoire de l'homme et celle des plantes cultivées est un ensemble d'interactions continues dans le temps et l'espace. Des traces de céréales datant près de 8000 ans avant J.C, ont été trouvées au moyen-orient (Feldman, 1979). Les Aegilops, considérés comme les ancêtres des blés sont donc des espèces primitives, constituant le groupe d'espèces adaptées aux conditions méditerranéennes. On les trouve à des altitudes comprises entre 400 m (mer morte) et 2700 m, mais la plupart des espèces se localisent à des altitudes comprises entre 500 et 1200 m. (Zaharieva, 1996).

**Tableau (02) : Evolution de la Superficie, Production et Rendement  
du blé dur et du blé tendre dans l'algerie en (1990-1999)**

Blé tendre			Blé dur			Année
RDT qx/ha	Production	Superficie (10 <sup>3</sup> ha)	RDT qx/ha	Production	Superficie (10 <sup>3</sup> ha)	
6.10	1951.3	319.9	6.39	5549.5	867.9	90-91
9.53	4912.2	515.3	10.10	13445.3	1332.7	91-92
7.80	2204.4	282.8	8.18	7960.7	972.7	92-93
7.25	1115.5	208.9	8.08	5624.3	683.6	93-94
6.16	3112.5	564.8	10.11	11886.7	1175.9	94-95
9.84	9480.3	963	12.83	20345.7	1585.5	95-96
8.80	2060	234	7.7	4554	591	96-97
8.96	7800	870	8.78	15000	1707	97-98
11.94	5700	477	10.10	9000	884	98-99
8.49	4304	486.2	9.14	10375.7	1088.9	Moyenne

Source : (Feliachi, 2000)

Les céréales sont cultivées depuis fort longtemps comme l'attestent les restes trouvés dans certaines régions et dont certaines datent de la période du néolithique. Les centres d'origine des espèces de céréales cultivées seraient d'après (Belaid, 1986), les suivants :

- Centre Ouest de la Chine : Millet
- Asie du Sud – Est : Seigle ; Riz
- Asie Centrale : Blé tendre
- Moyen Orient : Blé dur ; Seigle ; Avoine
- Abyssinie : Orge
- Amérique Centrale : Maïs

Les céréales ont donc dû être les premières plantes cultivées. La plupart dérivent des graminées prairiales dont les humains ont dû longtemps récolter les grains avant de penser à les semer.

Actuellement la presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grain. 96% sont produits par les neuf principales cultures céréalières. Le groupe des céréales se décompose en deux sous groupes :

- Céréales d'hiver : Blé dur, Blé tendre, Orge, Triticales et l'Avoine.
- Céréales d'été : Riz, Maïs, Sorgho et Millet.

## II. Effets du déficit hydrique sur les plantes :

Les effets du déficit hydrique ou de la sécheresse ont été largement abordés durant les dernières décennies à des niveaux d'organisations et de fonctionnement de la plante. Les travaux couvrant des domaines allant de l'écophysiologie au métabolisme cellulaire (Chavez, 1991). Les thèmes abordés concernent aussi que le contrôle du statut hydrique de la plante que les effets de sécheresse sur la photosynthèse, sur le développement et sur le rendement. La nature et l'étendue des effets de la contrainte hydrique dépendent de sa durée et de son intensité ainsi que des potentialités génétiques des plantes à faire face à ce stress.

### II.1. Effets du déficit hydrique sur les différents organes de la plante

Le déficit hydrique ou perte d'eau d'imbibition a un effet dépressif sur le rendement des cultures et ses composantes. Dans le cas du blé dur, on considère généralement que les diminutions des rendements sont d'environ 2q / ha chaque fois que le déficit hydrique s'élève de 10mm (Kara, 2000). L'organe qui subit l'effet du déficit hydrique en premier lieu est le limbe de la feuille. Il cesse sa croissance, s'enroule et après le stade anthèse, accélère sa sénescence en cas de stress prolongé. Il se produit alors une réduction de la taille et de la surface verte des feuilles. Le stress hydrique diminue l'indice foliaire et la durée de vie de la feuille et par voie de conséquence la capacité photosynthétique (Fig.01) (Turner, 1997). De nombreuses autres réactions ont été observées au niveau métabolique (accumulation de solutés) ou au niveau de la balance hormonale. L'acide abscissique (ABA), qualifié d'hormone de stress, semble avoir un rôle important dans la réponse du stress, dans l'inhibition de la photosynthèse et le ralentissement de la croissance des feuilles (Hartung et Davies (1991).

Le déficit hydrique peut également diminuer la pression de turgescence de la plante et par conséquent provoquer une perte d'eau du contenu cellulaire. Cette perte de l'état de turgescence peut engendrer des effets physiologiques très importants. Mais la question reste toujours posée de savoir, si ces nombreuses réactions du déficit hydrique ont un rôle effectif dans l'acquisition de la tolérance, ou bien s'ils ne font que marquer un état de stress.

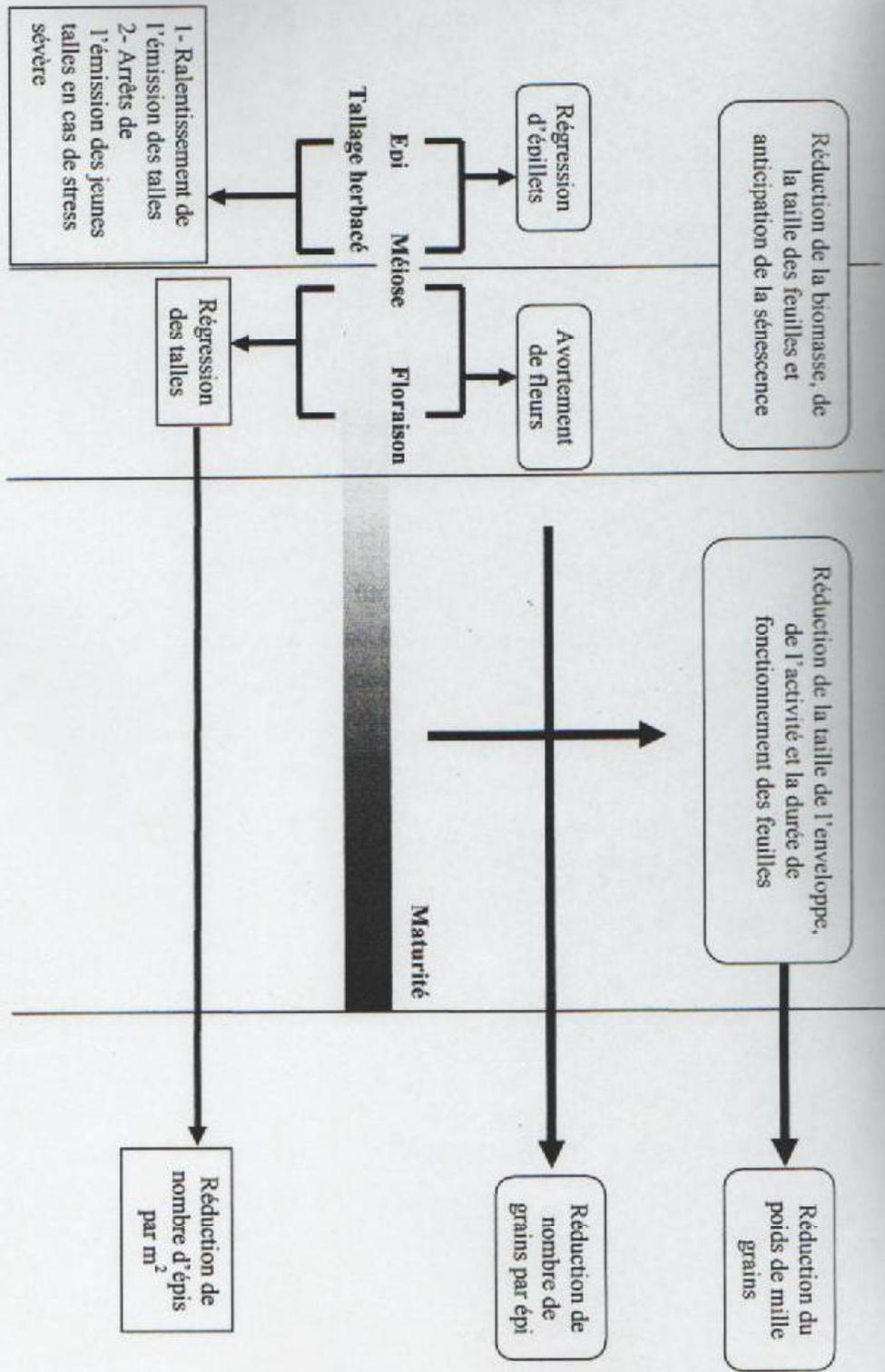


Figure 2 : Principaux effets du déficit hydrique sur les composantes du rendement d'après (Gate, 1995).

## II.2. Effets du déficit hydrique sur les différentes phases de développement :

Le rendement final en grains est la résultante de diverses composantes qui sont déterminées au cours de différentes phases du cycle biologique de la culture (Tab. 03). Le degré de sensibilité au déficit hydrique varie avec le stade de développement de la plante.

L'effet de cette contrainte sur le rendement dépend aussi de son intensité et de sa durée.

Le cycle évolutif d'une céréale peut être divisé en trois périodes:

- Période végétative.
- Période reproductrice.
- Période de maturation.

### II.2.1. La période végétative :

Elle s'étend de la germination jusqu'à la fin tallage et correspond au stade 4 défini par FEEKS (stade 30 selon l'échelle de ZADOKS). (Tab. 03)

Durant cette période, le déficit hydrique modifie le tallage épis de diverses façons selon l'époque de sa déclaration. Lorsqu'il intervient au début du tallage (stade 2), il réduit l'émission et la survie des talles. S'il apparaît par contre en plein tallage (stade 3) c'est le nombre de talles herbacées émis qui serait affecté (Gate *et al.*, 1990).

L'apparition d'un stress hydrique au cours de la montaison provoque une régression plus importante des talles déjà apparues (Grignac, 1981; Day *et al.*, 1978).

D'après Baldy (1992), la date de levée conditionne le rendement et si elle est trop tardive suite à un fait déficit hydrique prolongé, on observe une absence presque totale du tallage.

Selon Woznica et Manzo (1989), un déficit hydrique survenant après la levée induira une période plus courte de formation des ébauches des épillets et diminue ainsi leur nombre par épi.

### II.2.2. La période reproductrice:

Elle s'étend depuis le stade 5 jusqu'au stade 10-5 selon l'échelle de Feeks (Tab. 03) et comprend la formation et la croissance de l'épi.

Tableau 03 : Correspondance entre les différentes échelles du développement du blé

	Stade	Echelle de FEEKS	Echelle de ZADOCKS	Echelle de JONARD
	Levée	1	10	
	1 feuille		11	
	2 feuilles		12	
	3 feuilles		13	
T A L L A G E	Début tallage	2	21 (1 talle) 29 (9 talles)	A
	Plein tallage	3		
	Fin tallage	4		
M O N T A I S O N	Début montaison (Redressement)	5	30	B
	1 Nœud	6	31	C <sub>1</sub>
	2 Nœuds	7	32	C <sub>2</sub>
	Apparition du Dernier talle	8	37	
	Ligule visible	9 : Juste visible 10: dernier gain sortie de première feuille	39	D <sub>(méiose)</sub>
	Gaine éclatée	10 - 1	40-49 Gonflement	E
	Epi émergé	10-2:1/4 Epiaison 10-3:1/2 Epiaison	50 à	
	Epi entièrement dégagé	10-4:3/4 Epiaison 10-5: Tous les épis hors de la gaine	59	
	Début floraison	10-5-1 : Début 10-5-2: Demi	60 A	F
Fin floraison	10-5-3: Floraison base de l'épi	69		
M A T U R I T E	Formation du grain	10-5-4		
	Maturité laiteuse	11-1	70 à 79	M <sub>0</sub>
	Maturité pâteuse	11-2	80 à 89	
	Maturité jaune	11-3	90	M
	Maturité complète	11-4	à 94	
	Surmaturité			

(D'après Belaid, 1986)

Un déficit hydrique intervenant au cours de cette période peut pénaliser:

➤ **La surface foliaire:**

La feuille est l'organe le plus sensible à la contrainte hydrique, elle change de forme et d'orientation en présence d'un déficit hydrique (Gate *et al.*, 1993). Soumise à un déficit hydrique, la feuille est affectée soit par la réduction de sa surface (Brisson, 1996; Benlaribi, 1990), soit par la mort de sa partie apicale, soit par son enroulement et son flétrissement total (Blum, 1996).

➤ **La hauteur de la plante :**

Selon Gate *et al.*, (1990), la hauteur des tiges enregistre de nettes diminutions en cas de déficit hydrique suivant les variétés.

➤ **Le nombre de gains par épi:**

Au cours de la montaison, le manque d'eau affecte le rendement suite à la diminution de la fertilité, ce qui réduit le nombre de talles fertiles (talle épis) et le nombre de grains par épi (Eck, 1986; Boulassel, 1998; Nasr, 1994). En effet, selon Thorne *et al.* (1988) la déclaration du déficit hydrique en début de montaison entraîne une réduction des épillets. Par contre lorsqu'il intervient à des étapes plus tardives, il accentue la mortalité des fleurs et des épillets. La contrainte hydrique peut également conduire à une réduction des rendements sans effets apparents sur la morphologie de l'épi par l'induction d'une stérilité mâle (Ficher, 1973).

➤ **Le remplissage du grain:**

Un déficit hydrique intervenant à partir de la fin montaison pénalise beaucoup le remplissage du grain chez le blé dur (Mekliche *et al.*, 1993).

**II.2.3. La période de maturation :**

Elle s'étale depuis le début de la floraison (stade 10-5-4 selon l'échelle de Feeks) jusqu'à la dessiccation du grain (stade 11-4). Cette période comprend, selon Geslin-Jonard (1948) trois phases:

- Première phase : la fécondation
- Deuxième phase : le palier hydrique (remplissage du grain)
- Troisième phase : la dessiccation du grain (maturation-récolte)

Un déficit hydrique intervenant durant cette période peut entraîner une réduction du poids de 1000 grains PMG qui peut être la cause essentielle de la diminution du rendement (Day *et al.*, 1978). (Fig.01)

Le taux de croissance du grain dépend de la quantité des photo- assimilats synthétisés après la fécondation (Masse, 1986; Boiffin *et al.*, 1981) et de la translocation des réserves vers le grain tout au long de son remplissage (Siddique *et al.*, 1989; Siddique et Whan, 1994 ).

Ainsi, le poids du grain se forme à partir de l'activité de la photosynthèse (principalement de la dernière feuille) et des migrations des réserves acquises et stockées pendant la montaison essentiellement au niveau de la tige (Gate *et al.*, 1990). Un défaut d'alimentation en eau, durant cette période, affecte donc le poids d'un grain (Boiffin *et al.*, 1981).

Le rendement semble donc limité surtout par la quantité d'assimilats nécessaires pour remplir un nombre élevé de grain par mètre carré (Johnson et Kanemasu, 1982).

### **III. L'adaptation à La Sécheresse :**

L'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées peut être définie au sens de Turner (1979) comme la capacité de la plante à croître et donner des rendements satisfaisants dans les zones sujettes à des déficits hydriques périodiques.

#### **III.1. Paramètres d'état hydrique :**

Dans une plante turgescente, l'eau cellulaire est en équilibre avec l'eau du milieu extérieure (l'eau du sol dans le cas des racines). Cet équilibre signifie que le potentiel chimique de l'eau à l'intérieur des tissus est égal au potentiel chimique de l'eau dans le sol. Lorsque " l'activité" de l'eau d'un sol diminue (sécheresse ou accumulation de sels), la plante doit abaisser son potentiel hydrique afin que sa valeur s'ajuste à celle du potentiel hydrique du milieu. (Salsac et Monneveux, 1991), Cet ajustement peut s'effectuer par deux voies:

- La plante augmente sa pression osmotique  $P_o$  en augmentant la concentration des solutés contenus dans l'eau de ses cellules. Ce premier mécanisme adaptatif est appelé osmorégulation.

- La plante diminue sa pression de turgescence ce qui se traduit par une perte d'eau du contenu cellulaire. Gate, 1990

Chez les plantes incapables de mettre en place l'ajustement osmotique, la perte de l'état de turgescence entraîne des effets physiologiques importants. (Fig. 02)

Le potentiel hydrique d'un végétal peut s'écrire comme la somme des quatre termes :

$$\Psi_w = P + \Psi_s + \tau + G$$

Ou :

$\Psi_w$  : Potentiel hydrique.

$\Psi_s$  : Potentiel osmotique

$p$  : Potentiel de turgescence

$\tau$  : Potentiel matriciel

$G$  : Potentiel gravitationnel

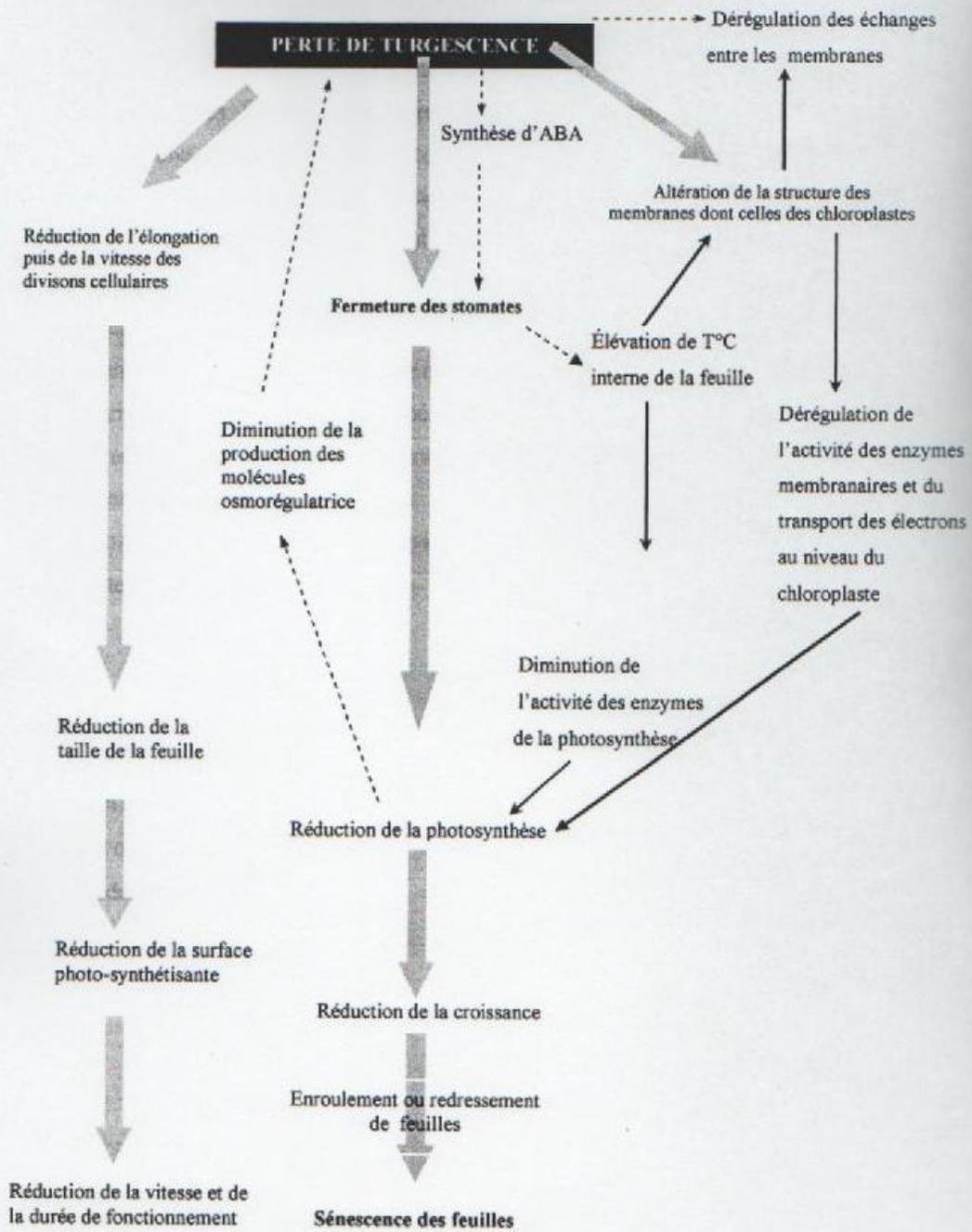


Figure 02 : principaux effets physiologiques du déficit hydrique sur la perte de turgescence (Gate, 1995)

- Le potentiel hydrique total représente l'énergie requise pour extraire l'eau contenue dans les tissus foliaires. Il peut être mesuré à l'aide d'une chambre à pression (Jones et Turner, 1980) ou d'une presse à membrane (Renard et Ndayishimiye, 1982).
- Le potentiel osmotique est égal, au signe près, à la pression osmotique du jus cellulaire. Il est lié à la présence de solutés et peut être mesuré grâce à un psychromètre à thermocouple (Brown et Collins, 1980).
- Le potentiel de turgescence est créée par la pression agissant vers l'extérieur sur les parois et les membranes cellulaires. Sa mesure est délicate (dispositif de Zimmerman et Steudle, 1975)
- Le potentiel matriciel : il est dû au phénomène lié à la présence d'interface.
- Le potentiel gravitationnel ou potentiel newtonien : il intervient surtout au niveau de la diffusion de l'eau dans le sol.

On considère que les potentiels gravitationnel et matriciel sont négligeables. Dès lors, la formule du potentiel hydrique devient :

$$\Psi_w = \Psi_s + p$$

$\Psi_w$  : Potentiel hydrique.

$\Psi_s$  : Potentiel osmotique

$p$  : Potentiel de turgescence

### III.2. Notion d'adaptation :

Le terme d'adaptation peut être aisé à définir :

- Du point de vue écologique et physiologique, il fait intervenir la notion de survie et de propagation de l'espèce dans les conditions limitantes en eau (Levitt, 1980)
- Du point de vue agronomique, le degré d'adaptabilité de la plante influence fortement la productivité (Dib, 1992).

L'étude des mécanismes permettant ou assurant cette adaptation ne peut donc, comme nous le verrons plus loin être envisagée indépendamment du niveau et du type de contrainte hydrique, elle doit d'autre part, s'appuyer sur une bonne connaissance préalable de l'état de l'eau et de ses mouvements dans la plante.

### IV. Les stratégies d'adaptation de la plante à la contrainte hydrique :

La tolérance à la sécheresse est un caractère complexe. Différentes stratégies et mécanismes d'adaptation permettant d'assurer une production sous l'effet de la sécheresse ont été identifiées : l'évitement à la déshydratation, l'esquive ou l'échappement et la tolérance.

#### IV.1. Evitement:

L'évitement est défini comme la capacité d'une plante à supporter une sécheresse en évitant une déshydratation des tissus.

La plante conserve un potentiel hydrique foliaire élevé. Ceci peut être obtenu par deux voies:

- La première consiste en une absorption de grandes quantités d'eau du sol grâce à un système racinaire puissant (Hsiao, 1973; Richards et Passioura, 1981) et à une conductivité hydraulique élevée des tissus (Levitt, 1980).
- La seconde voie consiste en une limitation des pertes d'eau pendant les phases de déficit hydrique. Cette limitation est principalement liée à la fermeture stomatique (Araus *et al.*, 1991; Blum *et al.*, 1981), à l'augmentation de la réflectance foliaire (Johnson *et al.*, 1983) et à la diminution de la radiation interceptée. Cette dernière peut être obtenue par une couleur bleu - verte des feuilles (phénomène de glaucescence), ou dépôts de cires epicuticulaires (Araus *et al.*, 1989 ; Anderson *et al.*, 1984), et à l'enroulement foliaire. Celui-ci est considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation (Clarke, 1986).

#### **IV.2. Esquive ou Echappement :**

L'esquive est l'un des moyens qui permettent à la plante d'annuler ou de réduire les effets néfastes du stress hydrique en évitant que celui-ci ne se produise au cours du cycle et en particulier pendant ses phases les plus sensibles.

Les variétés précoces parviennent, par exemple, à éviter le stress terminal. (Turner, 1979) Ces mécanismes ont été largement exploités par les agriculteurs (semi-précoces) et les sélectionneurs (création de génotypes très précoces). Néanmoins, cette stratégie présente quelques limites (Blum, 1988). Il existe en effet une corrélation positive hautement significative entre la longueur de cycle et le rendement potentiel qui peut conduire à un plafonnement du rendement des variétés précoces surtout en année favorable. D'autre part, le choix de variétés très précoces et les dates des semis très précoces peuvent conduire à d'autres risques climatiques, comme le gel des épis en début de montaison ou des températures froides (faible rayonnement) pendant la méiose.

Les inconvénients de cette stratégie conduit donc à identifier et à envisager d'autres mécanismes physiologiques permettant à la plante de maintenir des rendements élevés en conditions de contrainte hydrique.

#### **IV.3. Tolérance à la déshydratation :**

La tolérance à la déshydratation d'une plante exprime sa capacité à résister à l'abaissement du potentiel hydrique tout en maintenant une activité métabolique grâce à des adaptations de nature physiologique (Renard, 1985).

Les mécanismes de tolérance varient selon les stades de croissance et selon les espèces.

##### **IV.3.1. Tolérance avec potentiel hydrique élevé :**

Le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans des conditions de sécheresse peut être obtenu par deux voies :

- Réduction des pertes en eau par transpiration (stomatique ou cuticulaire), grâce à des adaptations morphologiques (présence de cires à la surface des feuilles par exemple).
- Augmentation de la vitesse d'absorption de l'eau en relation avec le développement du système racinaire.

- Augmentation de la vitesse d'absorption de l'eau en relation avec le développement du système racinaire.

#### IV.3.1.1. Réduction des pertes en eau :

La plante peut limiter les pertes en eau en fermant ses stomates, cette adaptation à toutefois pour corollaire une réduction de la photosynthèse (Dib, 1992).

Un autre mécanisme de réduction des pertes en eau consiste en une limitation des surfaces transpirantes, celle-ci peut être obtenue par :

- une position érigée des feuilles ou une augmentation de leur réflectance (pilosité de la feuille, présence des cires), il s'agit là de mécanismes adaptatifs.
- un enroulement des feuilles (mécanisme inductible lié à une réduction de la perte en eau). (Blum, 1989)

#### IV.3.1.2. Augmentation de l'absorption racinaire de l'eau :

L'absorption plus efficace de l'eau disponible dans le sol implique :

- Un développement racinaire permettant l'exploration d'un volume plus grand de sol (Turner, 1986) et par voie de conséquence un rapport racines /partie aérienne plus grand (Fisher et Turner, 1978)
- Une modification de la résistance hydraulique dans la plante, qui régule le transfert de l'eau vers les feuilles (Johnson *et al.*, 1991).

D'après Mc Gown et Tzimas (1985), les quantités d'eau stockées dans le sol sont corrélées positivement à la longueur volumique racinaire ou plus généralement aux diverses caractéristiques morphologiques des racines et négativement à la résistance hydraulique.

#### IV.3.2. Tolérance avec potentiel hydrique bas :

Celle-ci peut faire intervenir deux mécanismes : le maintien de turgescence cellulaire et la tolérance à la dessiccation parfois appelée « résistance ».

##### IV.3.2.1. Maintien de la turgescence cellulaire :

Lorsque la teneur en eau du sol diminue, le potentiel de l'eau dans la plante diminue également en suivant toutefois une série d'oscillations liées aux variations de la demande évaporative (le stress maximum a lieu à midi ou juste après midi quand le potentiel de l'eau dans la plante est à son plus bas niveau)

Chez les plantes incapables de réaliser l'ajustement osmotique, on n'observe pas de variations importantes du potentiel osmotique (ni de variations journalières, ni de variations sur le plus long terme) ; la turgescence est rapidement perdue chez ces plantes.

En revanche, chez les plantes réalisant l'ajustement osmotique, les variations journalières du potentiel osmotique sont au contraire importantes. On note cependant une réduction progressive du potentiel osmotique journalier moyen qui permet un maintien de la turgescence. La réduction du potentiel osmotique a toutefois une limite fixée par la capacité d'accumulation des solutés. Cet ajustement permet :

- De maintenir l'ouverture des stomates et donc d'assurer le bon fonctionnement de la photosynthèse à des potentiels hydriques bas.
- De différer l'enroulement des feuilles (Morgan, 1984)
- D'éviter le flux d'eau vers l'extérieur de la cellule (Culter *et al.*, 1980)
- D'augmenter la capacité de la plante à extraire l'eau (Tyree, 1976)
- De maintenir le volume protoplasmique (Culter *et al.*, 1980).

#### IV.3.2.2. Tolérance à la dessiccation ou résistance :

Cette tolérance dépend de la capacité des membranes à résister à la dégradation enzymatique et à la dénaturation des protéines. (Dib, 1992) Certaines plantes dites reviviscentes se caractérisent par un protoplasme qui maintient son intégrité même dans un état fortement déshydraté (Larcher, 1975). L'ajustement osmotique joue encore à ce niveau un rôle important en particulier au niveau des bourgeons et des feuilles du fait de leur exposition fréquente aux déshydratations extrêmes (Paleg *et al.*, 1984).

## V. Caractères morphophysologiques d'adaptation à la sécheresse :

Certains auteurs (Monneveux, 1991 ; Blum, 1996 ; Turner, 1997) ont recensé un certain nombre de caractères morphophysologiques intéressants et d'un grand intérêt pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse. Ces caractères interviennent dans différents mécanismes d'adaptation : amélioration de l'absorption de l'eau, réduction des pertes d'eau par transpiration, capacité à remobiliser les assimilats stockés, capacité d'ajustement osmotique, maintien de l'activité de la photosynthèse. Certains de ces caractères sont susceptibles d'intervenir dans une large gamme d'intensité de stress et ont sur l'ensemble du cycle de la plante un faible coût énergétique et semblent jouer un rôle déterminant en situation de sécheresse en particulier quand celle-ci reste modérée.

Par ailleurs, l'ajustement osmotique intervient à différents stades de développement de la plante. Il peut être évalué à partir de plusieurs paramètres : teneur relative en eau, potentiel hydrique foliaire. Potentiel osmotique foliaire, dosage de solutés osmorégulateurs, turgescence cellulaire (Blum, 1989a ; Morgan, 1980 ; Morgan et Codon, 1986).

Le développement du système racinaire permet à la plante d'augmenter sa disponibilité en eau. La discrimination isotopique du carbone est un caractère intéressant en relation avec le déficit hydrique. Il permet une mesure intégrative de l'efficacité d'utilisation de l'eau. (WUE : water use efficiency) à long terme de la plante (Deléens *et al.*, 1994). L'efficacité de la photosynthèse permet de maintenir une plus forte accumulation de biomasse. Cette biomasse est importante pour obtenir un indice de récolte élevé. La surface foliaire joue un rôle indirect sur l'efficacité de la photosynthèse car elle détermine la surface d'interception lumineuse (Blum, 1996).

### V.1. Système racinaire :

Le développement du système racinaire joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante. Ceci est particulièrement net en zones sèches où les quantités d'eau absorbées sont directement liées à la dynamique de la croissance des racines, qui peut être considérée de ce fait, comme un facteur important de la variabilité inter et intra spécifique de la tolérance à la sécheresse. (Hurd, 1974 ; O'Brien, 1979 ; Ritchards et Passioura, 1981 ; Chopart, 1984)

Pour assurer à la plante la meilleure exploitation possible des réserves en eau, la colonisation racinaire doit pouvoir s'adresser à toutes les couches du sol. Les racines doivent être distribuées

Pour assurer à la plante la meilleure exploitation possible des réserves en eau, la colonisation racinaire doit pouvoir s'adresser à toutes les couches du sol. Les racines doivent être distribuées d'une manière homogène. (Callot, 1984) Cette répartition uniforme ne peut toutefois être retenue comme caractéristique favorable que si le profil est uniforme.

En tout état de cause, une meilleure alimentation de la plante en eau passe par l'exploration d'un grand volume de sol (Turner, 1986). Il faut cependant souligner la variabilité génétique dans l'espèce blé dur exprimée dans la majorité des études sur l'appareil racinaire ou sur ses composantes.

## **V.2. Réductions des pertes en eau :**

Monneveux (1991) a recensé un certain nombre de caractères morphologiques des feuilles impliqués dans la réduction des pertes d'eau. Il s'agit de la régulation stomatique, les adaptations micro morphologiques des tissus foliaires, l'enroulement des feuilles et la glaucescence (induisant une augmentation de la reflectance)

### **V.2.1. Réduction de la surface foliaire :**

En cas de stress hydrique intense, la réduction de la croissance foliaire est un mécanisme important de la réduction des besoins en eau (Begg et Turner, 1976 ; Turner, 1986)  
La transpiration peut être aussi affectée par le phénomène d'enroulement foliaire considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement à la déshydratation (Hsiao *et al.*, 1984 ; Clarke, 1986).

### **V.3. Glaucescence, pilosité et cires :**

La pilosité des feuilles et des tiges, la glaucescence et la présence des cires induisent une augmentation de la reflectance des radiations incidentes et limitent donc l'élévation de la température des feuilles et contribuent par conséquent, à limiter les pertes d'eau par transpiration. (Clarke et Richards, 1988; Bengston *et al.*, 1978; Anderson *et al.*, 1984 ; Araus *et al.*, 1991)

La glaucescence est un caractère qui réduit le taux de déperdition d'eau (transpiration cuticulaire) en conditions de déficit hydrique et qui influence fortement le rendement et l'efficacité

d'utilisation de l'eau en retardant la sénescence foliaire (Richards *et al.*, 1986 ; Ludlow et Muchow, 1990). La production des cires est liée à des facteurs environnementaux tels que : la faible humidité de l'air, une forte radiation lumineuse, la réduction de la disponibilité de l'eau du sol (Bengston *et al.*, 1978; Levit, 1980; Johnson *et al.*, 1983).

#### **V.4. Taux de déperdition d'eau ou transpiration épidermique :**

La transpiration épidermique est définie comme étant le taux de transpiration dans le cas d'une ouverture minimale des stomates. Elle est égale à la somme de la transpiration cuticulaire et de la transpiration stomatique résiduelle (Muchow et Sinclair, 1989 ; Clarke et Romagosa, 1991). D'après Rawson et Clarke, (1988) la transpiration non stomatique chez le blé représente environ 50% de la transpiration réelle en condition de déficit hydrique pendant le jour et 100% la nuit. La mesure de la transpiration épidermique peut être considérée comme un critère intéressant de sélection pour l'adaptation à la sécheresse. Des corrélations positives ont été toutefois notées entre le rendement et la rétention d'eau des feuilles chez le blé dur (Clarke et Mc Gaig, 1982) et le blé tendre (Jaradat et Konzak, 1983)

#### **V.5. L'osmoregulation :**

##### **V.5.1. L'ajustement osmotique :**

L'ajustement osmotique est un mécanisme effectif de la tolérance à la sécheresse dans une stratégie de bas potentiel hydrique de la plante (Munns, 1988 ; Belhassem *et al.*, 1995 ; Bamoune, 1997). Le maintien de différentes fonctions est dépendant du maintien du végétale, au niveau protoplasmique d'un contenu hydrique relativement élevé (Morgan, 1980). Le maintien de cette turgescence pourrait être possible par une multitude de phénomènes physiologiques d'adaptations ou l'ajustement osmotique (AO) figure comme étant l'un des phénomènes les plus importants (Johnson *et al.*, 1988 ; Al-dakeel, 1989 ; Vanrensburg *et al.*, 1995).

En effet, l'ajustement osmotique permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques en particulier au niveau des organes jeunes en condition de stress hydrique. (Belhassem *et al.*, 1995).

Il induit au niveau de la plante une baisse du potentiel osmotique par augmentation de la concentration des solutés intracellulaires d'une manière active (Turner *et al.*, 1978 ; Gnanasiri *et al.*, 1992 ; Galoud *et al.*, 1995 ; Galiba *et al.*, 1995) et aide dans le maintien de la turgescence cellulaire

qui est à la base de la préservation de plusieurs fonctions physiologiques car elle permet d'empêcher la fermeture des stomates et donc de maintenir la photosynthèse, la transpiration, l'assimilation du carbone et enfin l'élongation cellulaire dont la turgescence est la force motrice (Bamoune, 1997).

L'ajustement osmotique est un phénomène commun aux différents organismes cellulaires (Marigo *et al.*, 1996 ; Zhang *et al.*, 1999).

Il a été rapporté chez différentes espèces végétales, chez un certain nombre d'arbres fruitiers tels que la vigne (Rodriguez *et al.*, 1993), le pommier (Wang *et al.*, 1995), chez certaines légumineuses ; le soja (Obaton, 1995), chez les oléagineux (Tourmesol) (Korell *et al.*, 1995) et un bon nombre de céréales : le blé (Ashima, 1978 ; Organ, 1980 ; Munns et Weir, 1991 ; Merah *et al.*, 1995 ; Sabour *et al.*, 1995), et l'orge (Blum, 1989 ; Lewicki, 1993).

De plus, il peut intervenir à tous les stades de développement, son caractère inductible suggère qu'il n'ait pas ou peu d'incidence sur le rendement potentiel (Monneveux *et al.*, 1997). Il protège les graines de la dessiccation (Basnyak *et al.*, 1996).

Cependant, la capacité d'ajustement osmotique varie d'un végétal à un autre et au sein du même végétal, comme cela a été rapporté chez le pommier (Wang *et al.*, 1995).

L'intérêt de l'ajustement osmotique a été fait par Morgan (1980-1992) sur des variétés de blé ayant une grande capacité d'ajustement osmotique et sur l'orge par Blum (1989) qui a mis en évidence l'existence d'une corrélation non linéaire et négative entre l'ajustement osmotique et le pourcentage de la réduction de la croissance sous stress hydrique (Gaudillere, 1988 ; Gaudillere et Barcelo, 1990).

#### **V.5.2. Mécanisme de l'osmorégulation :**

Les solutés qui peuvent être accumulés par les cellules végétales sont parfois appelés osmoticum. Leur rôle est fondamental dans l'ajustement du potentiel hydrique des plantes. Ces solutés peuvent être des glucides (le saccharose entre autres), des acides aminés solubles, des molécules organiques qui sont souvent les produits des métabolismes (organiques) secondaires, des

phénols, des pigments hydrosolubles..., mais les ions minéraux et organiques constituent des osmoticum largement majoritaires chez la plupart des végétaux (Salsac et Monneveux, 1991)

➤ **Accumulation des solutés osmoregulateurs : cas des sucres solubles :**

Contrairement aux ions comme le sodium ( $\text{Na}^+$ ), les sucres sont qualifiés d'osmolytes compatibles. Les osmolytes compatibles s'accumulent principalement dans le cytosol. Un osmolyte compatible est une molécule qui reste exclue de la surface d'une protéine et de sa sphère d'hydratation proche et qui tend à stabiliser sa structure spatiale. (Rhodes, 1987) Les sucres par exemple protègent les membranes contre la déshydratation (Schwab et Gaff, 1986). En conditions de déficit hydrique, les sucres participent pour une large part à l'abaissement du potentiel osmotique. Cet abaissement a été mis en évidence chez le sorgho (Acevedo *et al.*, 1979 ; Jones *et al.*, 1980), le blé (Munns et Weir, 1981 ; Johnson et Nguyen, 1984), le coton (Culter et Rains, 1978; Ackerson, 1981; Timpa *et al.*, 1986).

La teneur en glucides ne dure cependant pas jusqu'à la fin du déficit hydrique. Benlaribi, (1990) a montré sur deux lignées présumées tolérantes à la sécheresse que la teneur en sucres solubles des feuilles augmentent fortement en début de la phase de contrainte hydrique et diminue ensuite à mesure que s'accroît le déficit. Par ailleurs, les sucres protègent les membranes contre la déshydratation (Schwab et Gaff, 1986) et participent au maintien des réactions de phosphorylation et de production d'énergie. En plus de ce rôle protecteur des membranes, il protège les processus par lesquels les enzymes sont synthétisées, ce qui impliquerait une meilleure tolérance de la plante à la dessiccation et donc à une meilleure résistance à la sécheresse (Duffus et Binnie, 1990).

Chez le blé, les hydrates de carbone solubles ou WSC (Water Soluble Carbohydrates) s'accumulent surtout après l'anthèse dans les tiges et la translocation de ces sucres vers l'épi pendant le remplissage du grain contribue à la formation du poids du grain quand l'assimilation foliaire est réduite par la contrainte hydrique (Blum *et al.*, 1983).

## **VI. Identification et hiérarchisation des caractères morphophysiologiques de tolérance à la sécheresse :**

Face à la multiplicité des caractères d'adaptation, il convient d'effectuer parmi eux un tri. Le choix des caractères à sélectionner est important : il peut être effectué en recherchant dans le cadre d'essais réalisés dans différentes conditions environnementales les relations existant entre le

rendement ou certains indices exprimant la tolérance du génotype ainsi que l'expression de certains caractères morphophysologiques ou phénologiques. Cette approche décrite en détail par (Acevedo, 1987), a été reprise par de nombreux sélectionneurs et a permis d'identifier les principaux caractères associés à différents types de sécheresse. Elle présente toutefois de sérieuses limitations.

Plusieurs indices de tolérance ou indices de sensibilité ont été proposés, faisant tous intervenir le rendement sous stress et le rendement potentiel (Tab. 04) (Fisher et Moureer, 1987 ; Bidenger *et al.*, 1987 ; Acevedo 1991). Or le fait de prendre en compte l'un quelconque de ces indices comme base de calcul des corrélations conduit à des interprétations très diverses : le mode de calcul de la plupart de ces indices pénalise très fortement les génotypes à rendement potentiel élevé. Des valeurs très élevées caractérisent plutôt des génotypes rustiques à faible productivité que des génotypes à rendement stable et élevé. Par ailleurs, certains modèles font intervenir la précocité faisant ainsi abstraction de la capacité d'évitement.

Une manière de contourner cette difficulté consiste à mettre en rapport ces indices et la productivité : Les variétés à indice de tolérances élevé (rendement stable) et à rendement potentiel élevé sont les plus intéressantes. Seuls les caractères facilement mesurables au champ (caractères phénologiques, composantes du rendement, caractères morphologiques et certains caractères physiologiques) peuvent entrer dans ce type d'analyse.

Comme dans le cas des études d'interactions génotype/milieu, ces analyses doivent prendre en compte plusieurs lieux et plusieurs années pour intégrer au mieux la variabilité environnementale (spatiale et interannuelle) ce qui induit des dispositifs expérimentaux relativement lourds.

**Tableau 04 : Présentation le mode de calcul de l'indice de sensibilité à la Sécheresse ».****III. Indice de sensibilité à la sécheresse « *Drought Susceptibility Index* » de Acevedo (1991)**

$$S = (1 - Y_d/Y_p/D)$$

$Y_d$  = rendement en conditions de sécheresses

$Y_p$  = rendement en conditions favorables (irriguées)

$D$  = « intensité de la sécheresse » =  $(1 - Y_{dm}/Y_{pm})$

$Y_{dm}$  = moyenne de rendement de l'essai en conditions de sécheresse ;

$Y_{pm}$  = moyenne de rendement de l'essai en conditions favorables (irriguées).

## VII. Validation des caractères morphophysiologiques de tolérance au déficit hydrique:

Les paramètres morphophysiologiques retenus ne peuvent, en toute rigueur, être utilisés en sélection qu'après que leur rôle effectif dans la tolérance a été vérifié et que leur héritabilité est suffisante pour donner prise à la sélection. La validation du rôle de ces caractères peut être effectuée soit en créant des lignées isogéniques, soit en appliquant un schéma de sélection divergente. La création des lignées isogéniques n'est en fait en l'état actuel des recherches réalisable que pour les caractères morphologiques à déterminisme génétique simple des lignées isogéniques pour la glaucescence. (Nachit *et al.*, 1992), ont permis de décrire le rôle de ce caractère dans l'utilisation de l'eau par la plante.

Dans le cas des caractères physiologiques à déterminisme génétique plus complexe, il est plus réaliste d'envisager la création des lignées issues de sélection divergente. Des exemples de schéma de sélection divergente (Acevedo et cecearali, 1989a ; Serieys 1991 ; Alhakimi *et al.*, 1994) constituent également un exemple de sélection divergente pour divers caractères morphophysiologiques (volume racinaire, maintien de la teneur relative en eau, rapport isotopique  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) conduite sur des populations issues de croisements interspécifiques.

## Partie II

Etude expérimentale

## Partie II : Etude expérimentale

### Chapitre I : Matériels et Méthodes

#### I. Matériel végétal

L'étude a porté sur dix variétés de blé, cinq variétés de blé dur (*Triticum durum. DESF*) et cinq variétés de blé tendre (*Triticum aestivum. L.*).

Ces géotypes présentant des niveaux de productivité et des comportements différents vis-à-vis du stress hydrique. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'intérêt potentiel de ce type de matériel pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse.

##### I.1. Variétés étudiées

Les principales caractéristiques des géotypes étudiés sont les suivantes :

###### ➤ Les géotypes du blé dur

**HEDBA 3** : Variété tardive sélectionnée en 1905 et s'adapte aux zones sub-littorales et peut aller jusqu'aux hauts plateaux (pluviométrie annuelle moyenne 450-550 mm). Dans ces zones les gelées tardives et les coups de sirocco au printemps et en été sont fréquents. Cette variété présente une bonne capacité de tallage originaire de la région de Constantine.

**VITRON** : le blé dur vitron (Hoggar) est une obtention du Cimmyt (Mexique) fût introduite en Algérie via l'Espagne en 1986. Sélectionnée à la station expérimentale de Dahmouni (Tiaret). C'est une variété précoce à paille courte (moins de 100 cm). L'épi est d'une couleur blanche avec des barbes brunes et noires. Elle est sensible à la rouille brune et à l'helminthosporiose. Elle est recommandée pour les zones fertiles ou la pluviométrie moyenne annuelle est supérieure à 400 mm elle est semée en décembre.

**BIDI 17** : C'est une sélection généalogique obtenue à la ferme école de Guelma dans les populations locales de BIDI. Cette variété présente beaucoup de caractéristiques communes avec la variété Oued Zenati 368 et se distingue de cette dernière par son chaume plein rigide et par son grain plus métadinant et plus foncé. Elle est aussi plus sensible à la rouille noire *Puccinia graminis*. L'épi de BIDI 17 est blanc, glabre et compact.

**CIRTA** : Cette variété a été sélectionnée à la ferme expérimentale de l'ITGC d'ElKhroub Constantine en 1992 – 1993 à partir de la population locale Hedba 3/ GdoVZ.619. C'est une variété semi précoce présentant un fort tallage, elle a une paille haute (hauteur 100cm), une tige creuse et un épi blanc de forme pyramidale et d'une longueur moyenne. C'est une variété glauscescente, résistance à la verse. Le grain est blanc, allongé. On la cultive dans les zones du sublittoral et les hauts plateaux. Elle est tolérante au froid, à la sécheresse et à la septoriose, helminthosporiose, modérément résistante aux rouilles et à l'Oïdium. Elle se caractérise par une bonne productivité.

**DJENNEH –KHETIFA** : C'est une variété sélectionnée dans la population locale, très ancienne, adaptée aux conditions semi-arides, assez haute 105cm et semi tardive, sensible aux maladies.

#### ➤ Les géotypes du blé tendre

**HIIDHAB** (Neelkant) appelée improprement en Algérie HD1220 est une obtention du CIMMYT (Mexique en 1980). Issue du croisement HD 1220/3\* KAL/nac, sélectionnée à la ferme expérimentale de l'I.T.G.C (ElKhroub Constantine) en 1984. C'est une variété précoce, à fort tallage. L'épi est blanc, à barbes noires divergentes, avec une paille moyenne. La tige est creuse, le grain est roux allongé. D'un point de vue tolérance, elle s'avère tolérante à la rouille jaune, brune et noire. Elle se cultive dans les zones sahariennes et les hauts plateaux. Compte tenu qu'elle est précoce, elle échappe aux gelées printanières. On recommande le semis vers la mi-novembre – mi décembre.

**MEXIPAK** : Appelée (Rhumel sieté – cerros) est une obtention du CIMMY issue de croisement fantamax Keny A58, NEW tatcher, NORIN 10 BveVorx Gabo 55 sélectionnée en 1973.

C'est une variété précoce à fort tallage, l'épi est roux, assez allongé, à barbes rousses divergentes. La paille est courte, pleine, rigide, à grain roux, peu allongé, modérément tolérante à la rouille brune et noire et à l'Oïdium. Elle est par contre sensible à la septoriose au charbon et à la rouille jaune. Sa productivité est bonne. Son PMG est moyen. Elle est cultivée dans les hauts plateaux. (Semis vers la mi-novembre –mi décembre).

**AIN –ABID** : (ex AS 81 189 A) introduite en 1986 d'Espagne. C'est une variété semi précoce à fort tallage. L'épi de Ain-Abid est blanc, pyramidal, très tacheté à paille moyenne. Le

grain est roux et allongé. Elle est résistante à la rouille noire et jaune. Son PMG est élevé, très bonne productivité les zones de cultures de cette variété sont les hauts plateaux. Elle est tolérante aux gelées, au froid, à la sécheresse et à la verse physiologique. Recommandée à être semer tardivement.

**FLORENCE-AUORE** : Florence-aurore 8193 est une variété obtenue par le professeur SCHRIBAU. Elle est lancée en Tunisie par le Professeur Bœuf et introduite en Algérie vers les années 40. Des sélections agricoles (El Harrach) ont abouti à la sélection de lignées intéressantes telles que : F.A.8.189, F.A.8.191 et F.A.8.1993. Elle est précoce, son épi est blanc a paille haute, creuse et fine. Elle est tolérante aux rouilles brunes et jaunes à la septoriose et au charbon. Modérément tolérante à la rouille noire et à l'Oïdium. Elle s'adapte aux zones littorales et présentes une sensibilité aux gelées printanières et peut être semer à la mi-novembre à mi-Décembre.

**ARZ** : est une obtention du CIMMYT, issue du croisement Mago 54/lr - 64 -II Tac " s " /3 LR 64 III TZ PP/y54. Elle a été sélectionnée en 1978 à l'I.T.G.C/ ELKhrub. Elle est précoce à fort tallage, l'épi est roux allongé avec des barbes divergentes. La paille est moyenne, le grain clair arrondi. Elle est sensible à la rouille brune, jaune et à la carie. Tolérante à la rouille noire, à la fusariose et à la septoriose. Elle s'adapte aux zones littorales, les plaines intérieures, résistante à la verse et convient aux différents types de sols (léger ou lourd). Semis : mi-novembre à mi décembre.

## **I.2. Lieux de l'expérimentation :**

Toutes les expérimentations ont été réalisées en partie à l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C, ELKhrub) et au laboratoire d'Amélioration des Plantes de l'Université Mentouri Constantine.

## **II. Essai au champ**

Cette étude est destinée à relier le rendement sous stress hydrique aux divers caractères morphophysiologiques d'adaptation à la sécheresse. Les objectifs de cet essai est de comparer le comportement des variétés testées des deux espèces (blé dur et tendre) dans deux environnements

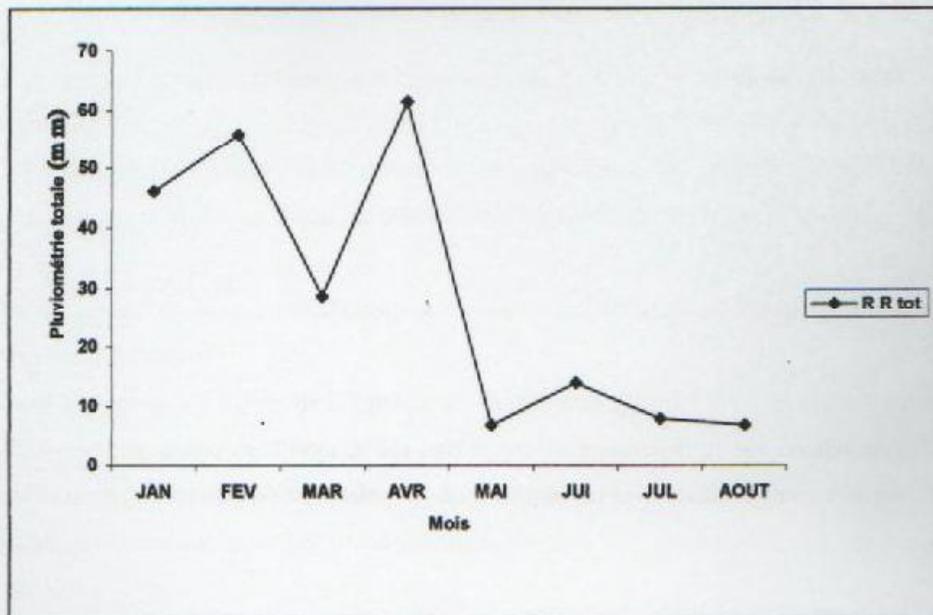


Figure 03 : La pluviométrie enregistrée dans la région d'étude pendant l'année de l'expérimentation

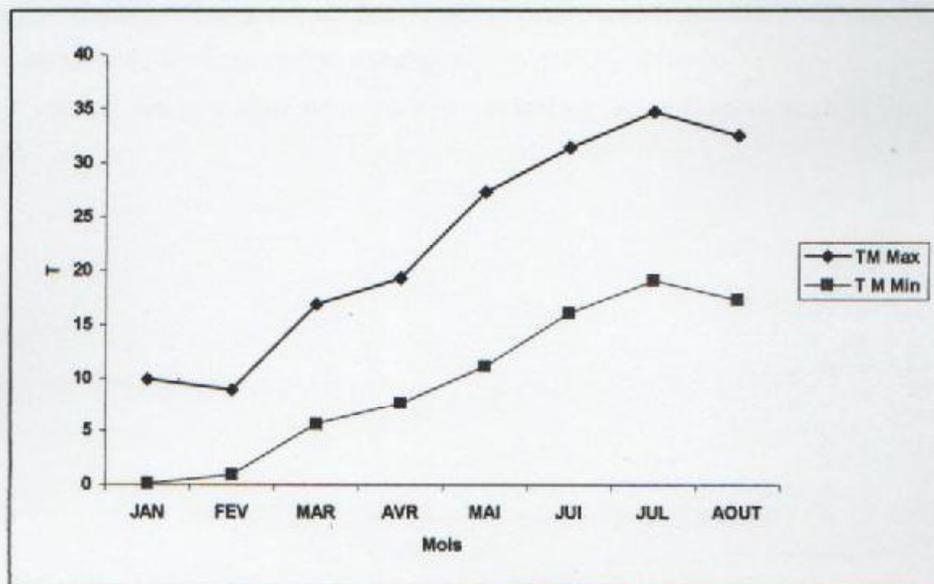


Figure 04: les températures minimales et maximales durant l'année de l'expérimentation

**Légende :**

TM Max : Température maximale (°C).

TM Min : Température minimale (°C).

RR tot : pluviométrie totale (mm)

### II.1. Dispositif expérimental :

Le protocole expérimental comprenant dix variétés de blé, a été mené en conditions pluvial (essai au champ) et en condition irriguée (sous serre). Ce dernier a été réalisé selon le dispositif de Fischer à 4 répétitions, deux blocs et 40 parcelles élémentaires, les parcelles sont constituées de 4 lignes de 1m de long espacées de 20 cm. L'espace entre les blocs est de 30 cm. (Fig.05)

Premier essai : C'est un bloc aléatoire à 4 répétitions, 40 parcelles élémentaires. Les deux essais comportent 2 facteurs :

Après l'épiaison, les barbes de 2 lignes pour chaque génotype ont été coupées. L'objectif de cette opération est de connaître l'impact des barbes sur le rendement et ses composantes et par conséquent faire une comparaison variétale (test de criblage) sur les variétés testées. Les paramètres phénologiques et morphologique ont été aussi mesurés. Sur cet essai nous avons procédé aux mesures suivantes :

Le rendement avec et sans barbe, (en biomasse et en grain) et ses composantes, nombre de grain par épi, nombre d'épi par  $m^2$ , nombre de talles par  $m^2$ , nombre de talles par plante, poids de mille grains, nombre de plante par  $m^2$ , la hauteur de la plante, la longueur de l'épi, longueur des barbes, le col de l'épi, la surface de la feuille étendard ou feuille drapeau et enfin l'indice de sensibilité.

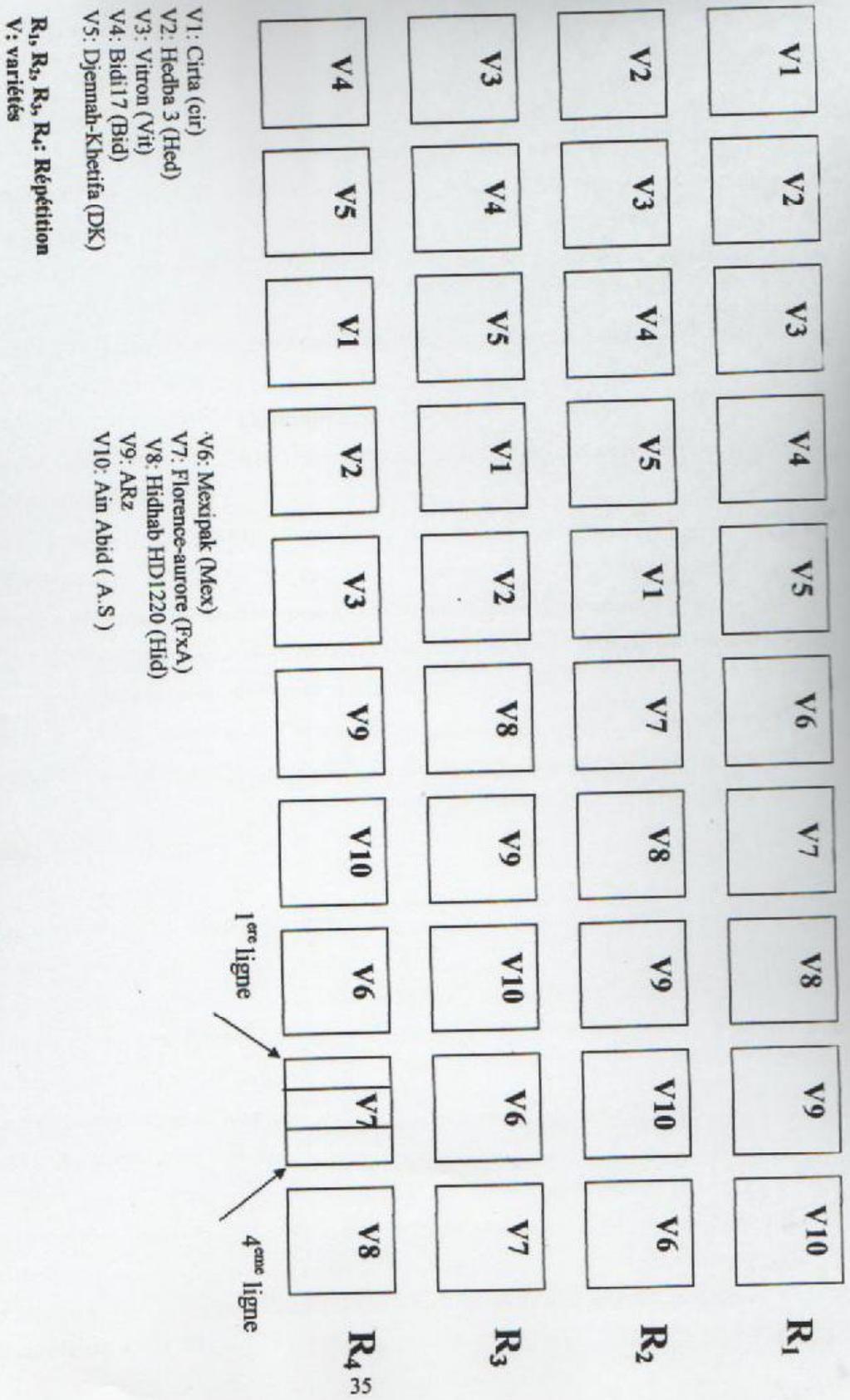


Figure 05 : Schéma du dispositif expérimental

## II.2. Mesure effectuée sur l'essai aux champs

### II.2.1. Paramètres agronomiques :

- Nombre de plantes par  $m^2$  (NP/ $m^2$ ) : à la levée, le nombre de plantes a été évalué sur 1 ligne de 1mètre de long pour chaque parcelle en évitant celles de la bordure.
- Nombre de talles par plante (NT/P) : les talles sont comptées à raison de 10 plantes par ligne.
- Nombre de talles/ $m^2$  (NT/ $m^2$ ) : Le nombre de talles est compte sur 4 lignes de 1 mètre de long dans chaque parcelle.
- Nombre d'épi / $m^2$  (NE/ $m^2$ ) : à la maturité.
- Nombre de grains par épi (NG/E) : après la récolte, 10 épis ont été prélevés pour chaque parcelle élémentaire.
- Poids de mille grains (PMG) : Après la récolte, le poids de mille grains est compté automatiquement en séparant les épis avec barbe et les épis sans barbes grâce a un compteur électrique, il est ensuite pesé à l'aide d'une balance de précision.
- Rendement en grain (RDT) : à la récolte, l'ensemble des grains récoltés par parcelle est pesé après la séparation du rendement avec barbe et sans barbes.
- Rendement en biomasse (BIO) : Cette mesure a été faite à la maturité. La plante entière y compris les racines a été pesée, à raison de 10 plants prises aléatoirement par parcelle.

### II.2.2 Paramètres morphologiques :

Les résultats ayant trait à ces paramètres représentent la moyenne calculée sur dix mesures par parcelle.

Les différents paramètres étudiés sont :

- La hauteur de la plante HP en (cm)
- La Longueur de l'épi, LE (cm).
- La Longueur des barbes, LB (cm)
- Le col de l'épi : CE (cm).
- La surface foliaire (SF) : La surface foliaire de la feuille étendard prise au hasard par parcelle est déterminée selon la méthode de (Spagnolitti Zeuli et Qualset, 1990), qui consiste à estimer la surface foliaire (SF) par le produit de la longueur (L), la largeur (l) et le coefficient  $R= 0,749$ .

### III. Expérimentation en conditions semi contrôlées :

En condition semi contrôlées (serre) ont été analysées :

- Les paramètres d'état hydrique et d'ajustement osmotique : teneur relative en eau, potentiel osmotique à deux niveaux 15% et 100% d'humidité de la capacité au champ.
- Paramètres biochimiques : dosage des sucres solubles aux mêmes niveaux d'humidité de la capacité au champ 15%cc et 100%cc.

#### III.1. Paramètres d'état hydrique et d'ajustement osmotique.

##### III.1.1 Préparation du sol :

Le sol est constitué : d'une terre argileuse, de sable et de terreau dans les proportions : 1 : 1 : 1

40 pots de 4 litres ont été remplis par le mélange terre -sable -terreau préparé.

Les 40 pots sont repartis en deux lots de 20 pots : le lot des plantes témoins (T) et le lot des plantes stressées(S).

##### III.1.2 Germination des grains :

Les graines ont été mises à germer dans des boites de pétri sur du papier WATTMAN imbibé d'eau.

##### III.1.3. Plantation des plantules

A la fin de la germination, les plantes sont repiquées dans les pots à raison de 4 plantules par pot. Ils sont ensuite placés dans la serre ou ils sont irrigués trois fois par semaine, afin de maintenir une hydratation maximale jusqu'au l'apparition du stade 4<sup>ème</sup> feuille bien développée. A à ce stade le bloc témoin (T), l'irrigation est maintenue jusqu'à la fin de l'expérience. Pour le bloc stressé (S) l'irrigation est interrompue.

Le déficit hydrique est appliqué par interruption de l'arrosage. Tous les pots sont pesés chaque matin et la quantité d'eau dans le sol est déterminée par rapport à la quantité d'eau maximale qui peut être retenue par le substrat.

Les mesures effectuées ont concernées :

#### III.1.4. La teneur relative en eau

La teneur relative en eau proposée par Clark et Mac-Graig (1982) et Schomfeld *et al* (1988).

La teneur relative en eau figure parmi les différents critères d'évaluation de la tolérance à la sécheresse proposée par Clark et Mac-Graig (1982) et Schomfeld *et al* (1988). Ils considèrent la TRE comme étant le meilleur indicateur du statut hydrique, parce que la TRE en plus de sa relation avec le volume cellulaire, elle reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration le potentiel osmotique et de turgescence. (Nouri 2002)

Ce caractère constitue un critère de sélection prometteur pour la résistance à la sécheresse, de plus il présente le terme le plus satisfaisant pour qualifier le déficit hydrique des tissus d'une plante car elle n'est pas influencée par la variation du poids sec des tissus. (Kahali, 1998)

Les valeurs de turgescence relative sont déterminées à partir de la formule de Barrs (1968)

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{MSF} - \text{MSS}) / (\text{MSSTM} - \text{MSS})] * 100$$

#### Méthode de mesure:

Dans notre expérimentation, la teneur relative en eau a été mesurée sur l'avant dernière feuille : la feuille, coupée au niveau de la base du limbe est pesée immédiatement (masse de substance fraîche, MSF) à l'extrémité, coupée est ensuite plongée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée et placée à l'obscurité à 4°C pendant 24 heures afin d'obtenir un taux de réhydratation maximum. La feuille est de nouveau pesée (MSSTM), l'échantillon est ensuite mis à sécher à l'étuve à 80°C pendant 24 h/ (masse substance sèche MSS).

#### III.1.5. Le potentiel osmotique :

Le potentiel osmotique du grec (osmose : poussé) qui tend à faire pénétrer l'eau de milieu hypotonique vers le milieu hypertonique. Il dépend de la concentration des solutés dans les cellules.

Les mesures étaient effectuées sur l'avant dernière feuille pour chaque niveau de stress sur des échantillons enveloppés dans du papier aluminium et congelés à (-18°C). Le potentiel osmotique

est mesuré par un osmomètre à point de rosée (Wescoring). Le mode de mesure est celui de point rosée. Les échantillons prélevés sont ensuite décongelés. On procède alors à l'extraction du jus par l'écrasement de la feuille. A l'aide d'une micro pipette spéciale on prend 10  $\mu$ l du jus, on imprègne les disques de papier filtre de 6mm que nous insérons dans la chambre à échantillon dont la fermeture initialise la séquence des mesures automatiques. Le cycle de chaque mesure requière 75 secondes.

Avant chaque série de mesures on procède à étalonnage de l'appareil. La courbe d'étalonnage est réalisée à 25  $^{\circ}$  en utilisant des solutions de NaCl à (0.1, 0.2, 0.3, .... 1N) dont on connaît le  $\Psi_s$  en fonction de la température. A cet effet, des rondelles de papier filtre de 6 mm de diamètre sont imprégnées de solution immédiatement avant d'être insérées dans la chambre à échantillon.

Les lectures que nous donne l'appareil concernant la concentration de la solution de NaCl sont exprimées en mmol/Kg. Le ( $\Psi_s$ ) est converti en bars.

Le potentiel osmotique est calculé à partir de la droite de régression ainsi déterminée. (Fig. 06)

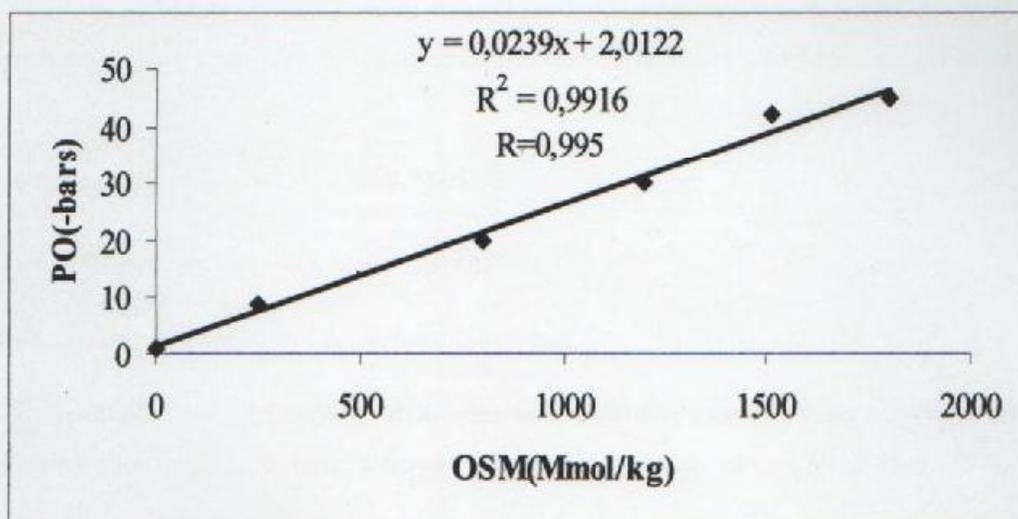


Figure 06 : Courbe étalant du potentiel osmotique

Legende :

PO : Potentiel osmotique,

OSM : Osmolarité

### II.1.5. La capacité de l'ajustement osmotique.

#### A. Méthode de régression de Morgan :

A cause de la difficulté de la mesure de l'ajustement osmotique ( $\Delta\Psi\pi$ ) directement. L'équation (1) est généralement exprimée en fonction de la teneur relative en eau. Nous avons alors:

$$\text{L'équation (1) : } \Delta\Psi\pi = \Psi_{so}^* \text{ TRE}_{so} / \text{TRE}$$

$\Psi_{so}^*$  : Potentiel osmotique de l'échantillon stressé

$\text{TRE}_{so}$  : Teneur relative en eau de l'échantillon stressé

À cet effet, les valeurs du ( $\Delta\Psi\pi$ ) ajustées sont celles dues à un ajustement osmotique actif et la concentration du glucose ajuste représente la nette accumulation passive (Wang *et al.*, 1995).

L'ajustement osmotique est calculé par la différence entre le ( $\Psi_s$ ) calculé par les deux équations de régression à une TRE choisie de manière arbitraire à 80 % (Zhang *et al.*, 1999). La capacité de maintenir une bonne (TRE) est donc considérée dans cette approche comme la meilleure représentation de la capacité d'ajustement osmotique.

#### B. Méthode de réhydratation :

La capacité d'ajustement osmotique notée ( $\Delta\Psi_x$ ) est calculée selon Ludlow *et al* (1985) comme étant la différence de potentiel osmotique à turgescence maximale ( $\Psi\pi_{100}$ ) entre les plantes témoins et stressées. Elle est calculée selon Wilson *et al.*, (1979).

$$\Delta\Psi_x = (\Psi_{x100}^t - \Psi_x^s), \Psi_{x100} = \Psi_x^*(\text{TRE}-B) / (100-B)$$

$\Psi_{x100}^t$  : Potentiel osmotique des témoins

$\Psi_x^s$  : Potentiel osmotique des stressés

**TRE** : teneur relative en eau

**B** : Dilution apoplastique qui est de l'ordre de 15% chez le blé dur. (Gaudillère et Barcelo, 1990).

## III.2. Paramètres biochimiques

### III.2.1. Dosage des sucres solubles

Les sucres solubles totaux (saccharose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides sont dosés par La méthode de (Dubois *et al.*, 1956).

Elle consiste à prendre 100mg de matériel végétal (le 1/3 médium de la feuille) dans des tubes à essai. On ajoute 03ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres, puis on les laisse à une température ambiante pendant 48 heures.

Au moment du dosage, les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20 ml d'eau distillée à l'extrait (solution à analyser).

Dans des tubes en verre propres, on ajoute 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) on rajoute rapidement 5 ml d'acide sulfurique concentré (96%,  $d = 1.86$ ), tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube.

On obtient une solution jaune orange à la surface. On passe au Vortex pour homogénéiser la couleur de la solution puis on laisse les tubes pendant 10 mn et en dernière étape on les place au bain-marie pour 10 à 20 mn, à une température de 30°C.

**Remarque :** La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.  
Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon. (Fig. 07)

## IV. Traitement statistique des données :

La signification statistique des résultats obtenus au cours des différentes expérimentations a été testée par une analyse de variance réalisée à l'aide du logiciel (STAT-ITCF). Le test de NEWMAN-KEULS a permis de donner les moyennes et de les classer avec un seuil de signification de  $\alpha = 5\%$ .

Une analyse multi variée a été effectuée pour identifier les variables les plus corrélées la détermination des axes de l'espace multidimensionnel explique la plus grande part possible de la variabilité totale. L'analyse (ACP) est réalisée à l'aide du logiciel (STAT-ITCF).

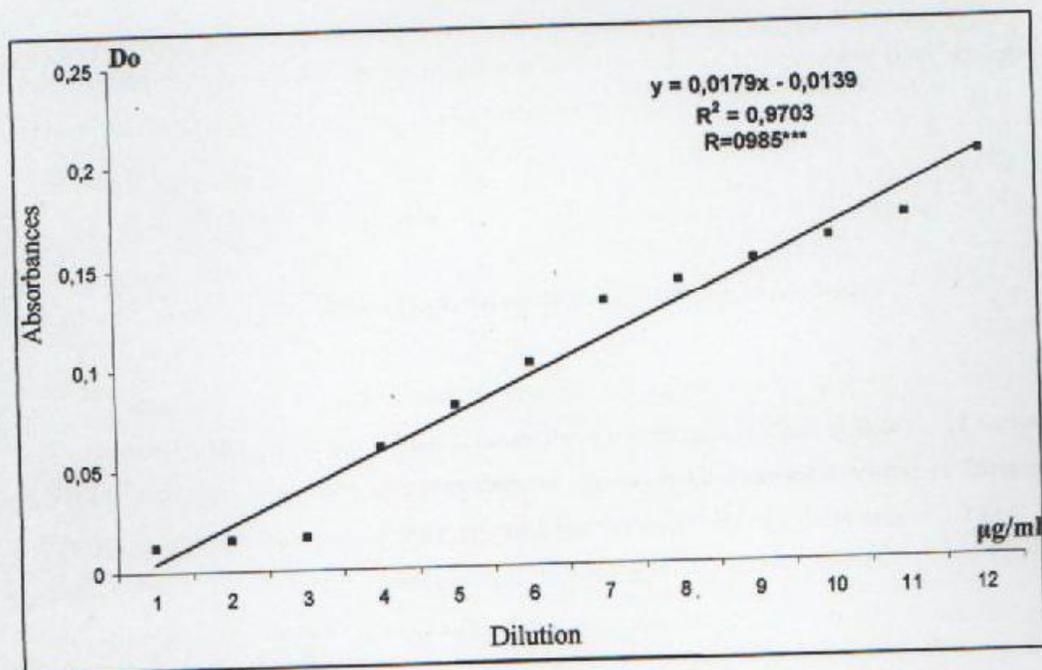


Figure 07 : Courbe étalon du dosage des sucres solubles

Legende :

DO : Densité optique

## I. Résultats

### I.1. Essai au champ :

Les données concernant le rendement en grains et ses composantes pour les essais pluvial et irrigué sont consignées dans les tableaux ci-dessous.

- Essai pluvial (site ELKhroub).
- Essai irrigué (site chaab Erssas, sous serre). (cf. Matériels et Méthodes)

Cette étude qui a trait au comportement agronomique concerne cinq variétés de blé dur (02 variétés locales anciennes et bien connues des agriculteurs : Hedba3 et Bidi17, 02 variétés à haut rendement largement cultivées dans la région de Constantine : Vitron et Djennah-Khetifa et une nouvelle variété mise au point par les améliorateurs de la station I.T.G.C du L'Khroub récemment lancée dans le circuit de production de semences, Cirta, Hed/GDO) et cinq variétés introduites de blé tendre (Mexipak, Florence-aurore, Hidhab, Arz et Ain Abid).

Les paramètres analysés dans le cadre de cette étude sont : le rendement en grains avec et sans barbes, ses composantes et les paramètres morphologiques (Hauteur de la plante, date d'épiaison, la longueur de l'épi, col de l'épi, la longueur des barbes, la surface foliaire).

#### I.1.1. Effets du stress hydrique sur le rendement : (avec et sans barbes)

##### A. Cas du blé dur :

L'analyse de la variance effectuée sur le rendement révèle des différences significatives entre les variétés de blé dur et les deux environnements étudiés (pluvial et irrigué). (Tab. 05)

L'indice de séparation des groupes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha=5\%$ ), sépare des groupes indépendants les uns des autres. Cette analyse met en évidence l'existence d'une variabilité génotypique importante. (Fig. 08)

**Tableau 05 : Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le rendement chez les cinq variétés testées du blé dur.**

Variables \ CM	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé dur			Interaction milieu × variété		
	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
RDT (AB)	1	207.52	0.0000	4	146.8	0.0000	4	11.95	0.1
		THS			THS			NS	
RDT (SB)	1	119.06	0.0000	4	115.93	0.0000	4	4.35	0.2246
		THS			THS			NS	

THS : Très hautement significatif, NS : non significatif, AB : Avec barbes, SB : Sans barbes.

➤ **Rendement avec barbes :**

Dans l'essai irrigué, nous avons noté des différences très hautement significatives entre les cinq variétés de blé dur. Les moyennes de rendement dans ce cas de figure sont élevées par rapport à l'essai pluvial. La variété Cirta est la plus productrice, elle enregistre le rendement le plus élevé soit 32.72 qx/ha suivi de Djennah-khetifa. (29.58 qx/ha) et Bidi17 de (27.15 qx/ha). Vitron et Hedba3 enregistrent respectivement 23.01 qx/ha et 21.81 qx/ha soit une diminution de l'ordre de 33.35% et 29.67% respectivement.

Dans les conditions de l'essai pluvial, nous avons noté des baisses de rendement chez toutes les variétés étudiées du blé dur en comparaison avec le rendement de l'essai irrigué. (Fig. 08) A titre d'indication, les variétés locales à savoir Cirta, Hedba3 et Djennah-Khetifa enregistrent une baisse de 22.15%, 24.62% et 18.32% respectivement. Quant à la variété locale Bidi17, elle enregistre le rendement le plus bas se rapprochant ainsi du rendement de l'essai pluvial. La variété Vitron quant à elle occupe une place intermédiaire avec une baisse l'ordre de 17%.

Le test de séparation des groupes homogènes NEWMAN-KEULS met en évidence l'existence de 3 groupes distincts. (Tab. 06)

- Un premier groupe productif comprenant le génotype Cirta avec une moyenne de 29.1 qx/ha.

- Un deuxième groupe regroupant les génotypes Djennah-Khetifa et Bidi17 avec des moyennes de l'ordre de 26.87 qx/ha et 26.81 qx/ha.
- Un troisième groupe moins productif regroupant les génotypes Virton et Hedba3 avec des moyennes à l'ordre de 20.97 qx/ha et 19.12 qx/ha respectivement.

**Tableau 06 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS pour les cinq génotypes testés du blé dur pour le rendement avec barbes.**

Paramètre Variétés du blé dur	Rendements avec barbes (qx/ha)		Moyennes et groupes homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Cirta	32.72	25.47	29.10 A
Djennah-Khetifa	29.58	24.16	26.87 B
Bidi17	27.15	26.47	26.81 B
Vitron	23.01	18.94	20.97 C
Hedba 3	21.81	16.44	19.12 C
Moyennes	26.85 A	22.39 B	

A. B. C : indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ).

➤ **Rendement sans barbes :**

Sous les conditions irriguées, concernant ce paramètre (rendement sans barbes), on note une baisse remarquable par rapport au rendement avec barbes (Fig.09). Les variétés vitron et Cirta ont enregistrées respectivement une moyenne de l'ordre de 19.35 qx/ha et 27.73 qx/ha soit une perte de rendement de l'ordre de 16 % et 15.25 % suivi des variétés Djennah-khetifa et Hedba3 respectivement avec une production de 25.52 qx/ha et 18.96 qx/ha. Quant à la variété Bidi17, elle enregistre une moyenne de rendement de l'ordre de 25.44 qx/ha ce qui représente une faible diminution soit 6.29 % comparativement au rendement avec barbes.

Ces résultats nous montrent clairement l'intérêt et l'importance des barbes sur le rendement et le remplissage des grains.

Par ailleurs, le rendement sous les conditions pluviales a engendré une perte conséquente de rendement par rapport à celui mené sous les conditions irriguées. (Tab.07) A cet effet, La variété Bidi17 enregistre une moyenne de 23.92 qx/ha et une diminution de 5.98% suivi des variétés Vitron et Djennah-khetifa (16.86 qx/ha et 21.46 qx/ha), soit une baisse variant entre 12.86 % et 15.9 %. Les génotypes Cirta et Hedba3, ont enregistré une moyenne de l'ordre de 22.38 qx/ha et 15.14 qx/ha et une perte du rendement de l'ordre de 19.29% et 20.14 % respectivement par rapport au rendement sous les conditions favorables.

L'absence des barbes dans les conditions pluviales a provoqué une baisse remarquable du rendement en comparaison avec le rendement avec barbes.

Nous avons enregistré une baisse de (7.9 %) et (9.63 %) respectivement chez les variétés Bidi17 et Hedba3 suivi par les autres génotypes Virton, Djennah-khetifa et Cirta avec une baisse de l'ordre de 9.63 %, 11.18 % et 12.13 % respectivement. (Fig. 10)

Le test de NEWMAN-KEULS de séparation des groupes Homogènes a donné deux groupes. (Tab.07)

- Un premier groupe comprenant les génotypes Cirta, Bidi17 et Djennah-khetifa avec une moyenne de 25.06 qx/ha, 24.68 qx/ha et 23.49 qx/ha respectivement.
- Un second groupe regroupant les génotypes Vitron et Hedba3 avec une moyenne de 18.1 qx/ha et 17.05 qx/ha respectivement.

**Tableau 07 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés du blé dur pour le rendement sans barbes.**

Paramètres Variétés du blé dur	Rendements sans barbes qx/ha		Moyennes et groupes homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Cirta	27.73	22.38	25.06 A
Bidi17	25.44	23.92	24.68 A
Djennah-Khetifa	25.52	21.46	23.49 A
Vitron	19.35	16.86	18.10 B
Hedba3	18.96	15.14	17.05 B
Moyennes et groupes homogènes	23.4 A	19.95 B	

A. B: indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ).

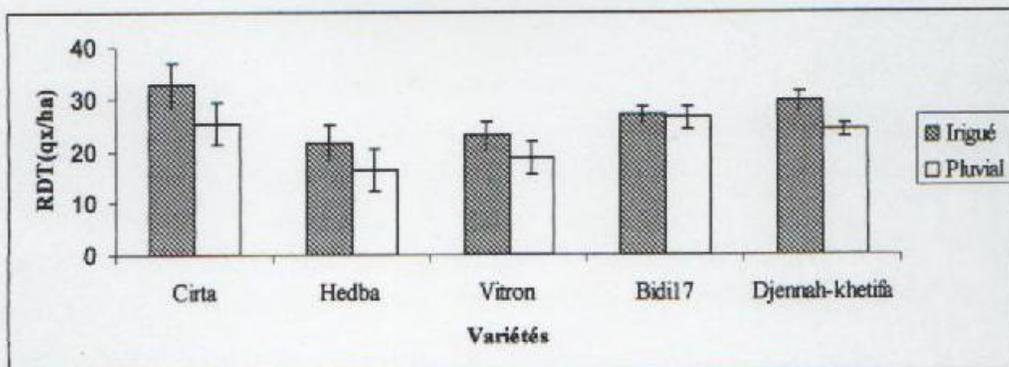


Figure 08 : Comparaison du rendement des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées et pluviales

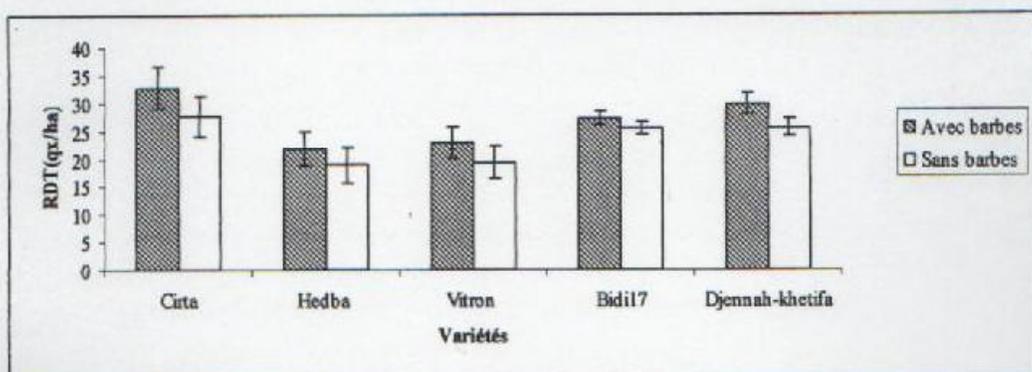


Figure 09 : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées

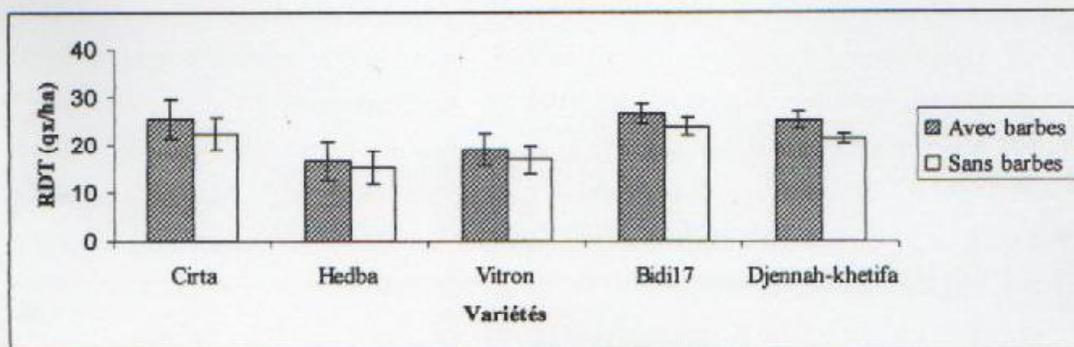


Figure 10 : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions pluviales

**B. Cas du blé tendre :**

L'analyse de la variance effectuée sur le rendement révèle des différences significatives entre les variétés de blé tendre ainsi que des différences sur les deux environnements (pluvial et irrigué). (Tab. 08) L'indice de séparation des groupes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha=5\%$ ) sépare des groupes indépendants les uns des autres, ce qui dénote une variabilité génotypique importante. (Fig. 11)

**Tableau 08 : Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le rendement chez les cinq variétés testées de blé tendre.**

Variables	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé tendre			Interaction milieu $\times$ variété		
	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
RDT (AB)	1	277.62	0.0000	4	199.65	0.0000	4	4.81	0.2045
		THS			THS			NS	
RDT (SB)	1	155.04	0.0000	4	209.03	0.0000	4	15.09	0.046
		THS			THS			NS	

THS : Très hautement significatif, NS: Non significatif ; AB : Avec barbes ; SB : Sans barbes.

➤ **Rendement avec barbes**

L'analyse de la variance des deux essais (irrigué et pluvial) ont montré un effet très hautement significatif entre le rendement des variétés de blé tendre. (Tab.09)

Des différences de rendement sous l'essai irrigué et pluvial ont été notées. Sous l'essai irrigué, les variétés présentent des moyennes de rendement élevées par rapport à l'essai pluvial. La variété Florence-aurore est la plus productive avec un rendement élevé (29.34 qx/ha, suivie de Hidhab (28.23 qx/ha), ARz (26.04 qx/ha) et Mexipak (24.35 qx/ha). Ain Abid se classe en dernier avec un rendement faible, soit (15.63 qx/ha).

Sous l'essai pluvial, nous enregistrons une diminution de rendement de 12.48% chez la variété Mexipak, par contre les variétés Hidhab, Arz, Florence-aurore et Ain Abid accusent une baisse de l'ordre de 23.13%, 23.27%, 21.98 % et 27.31%. (Fig. 11)

Le test de séparation des groupes homogènes isole quatre groupes distincts. (Tab. 09)

- Un premier groupe comprenant le génotype Florence-aurore avec une moyenne de l'ordre 26.12 qx/ha, groupe A.
- Un deuxième groupe regroupant le génotype Hidhab avec une moyenne de 24.79 qx/ha, groupe AB.
- Un troisième groupe comprenant Les variété Arz et Mexipak avec des moyennes de l'ordre de 23.01 qx/ha et 22.83 qx/ha, groupe B.
- Un quatrième groupe moins productif comprenant le génotype Ain Abid (13.49 qx/ha), groupe C.

**Tableau 09 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé tendre, pour le rendement avec barbes.**

Paramètre Variétés du blé Tendre	Rendement avec barbes (qx/ha)		Moyennes et groupes homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Florence-aurore	29.34	22.89	26.12 A
Hidhab	28.23	21.70	24.97 AB
ARz	26.04	19.98	23.01 B
Mexipak	24.35	21.31	22.83 B
Ain Abid	15.63	11.36	13.49 C
Moyennes	24.72 A	19.45 B	

A.B.C : indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ).

### ➤ Rendement sans barbes

Concernant ce paramètre (rendement sans barbes), les géotypes ne gardent pas le même classement sous les conditions irriguées. On note une baisse remarquable par rapport au rendement avec barbes (Fig. 12). Les variétés Florence-aurore et Ain Abid enregistrent une moyenne de l'ordre de 23.67 qx/ha et 12.65 qx/ha ce qui représente une perte de rendement de 19.32 % et 19.06% respectivement par rapport au rendement avec barbes. Quant à Mexipak et ARz, elles enregistrent respectivement une moyenne de 21.69 qx/ha et 23.01 qx/ha soit une diminution de l'ordre de 10.92 % et 11.63%, suivi par la variété Hidhab (25.76 qx/ha). Ces résultats nous montrent clairement l'intérêt et l'importance des barbes sur le rendement et le remplissage des grains de variétés de blé tendre.

L'effet de la sécheresse (essai pluvial) a engendré une perte de rendement par rapport à l'essai irrigué. En effet, les variétés Hidhab et ARz enregistrent une moyenne de l'ordre de 20.49 qx/ha et 16.42 qx/ha et une baisse de 20.67% et 28.7% respectivement, quant aux géotypes Mexipak et Ain Abid on enregistré une moyenne de rendement de l'ordre de (16.62 qx/ha) et (9.41 qx/ha) et une diminution à l'ordre de 23.4 % et 25.6% respectivement. Par contre Florence-aurore avec un rendement de 24,16 qx/ha, elle demeure la seule et l'unique variété qui ne semble pas être affectée par les conditions défavorables.

Sous l'essai pluvial, l'absence des barbes a provoqué une diminution remarquable du rendement par rapport au rendement avec barbes, à l'exception de la variété Florence-aurore (c'est une variété dépourvue naturellement de barbes). Concernant les autres variétés, Hidhab enregistre une diminution très faible de l'ordre de 5.6%, quant aux géotypes Arz, Ain Abid et Mexipak, nous enregistrons une baisse à l'ordre de 17.81%, 17.16% et 23.007% respectivement (fig.13). Les résultats des rendements sont consignés dans le tableau n°10.

Le test de NEWMAN-KEULS nous donne le classement suivant :

- Un premier groupe productif comprenant les géotypes Florence-aurore et Hidhab avec des moyennes de l'ordre de 23.91 qx/ha et 23.13 qx/ha respectivement.
- Un deuxième groupe comprenant les géotypes ARz et Mexipak avec des moyennes de l'ordre de 19.72 qx/ha et 19.16 qx/ha respectivement.

- Un troisième groupe moins productif regroupant le génotype Ain Abid avec une moyenne de 11.03 qx/ha.

**Tableau 10 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS pour les cinq génotypes testés de blé tendre pour le rendement sans barbes**

Paramètre Variétés du blé tendre	Rendement sans barbes (qx/ha)		Moyennes et groupes homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Florence-aurore	23.67	24.16	23.91 A
Hidhab	25.76	20.49	23.13A
ARz	23.01	16.42	19.72 B
Mexipak	21.69	16.62	19.16 B
Ain Abid	12.65	9.41	11.03 C
Moyennes et groupes homogènes	21.36 A	17.42 B	

A. B. C: indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN- KEULS au seuil de ( $\alpha= 5\%$ ).

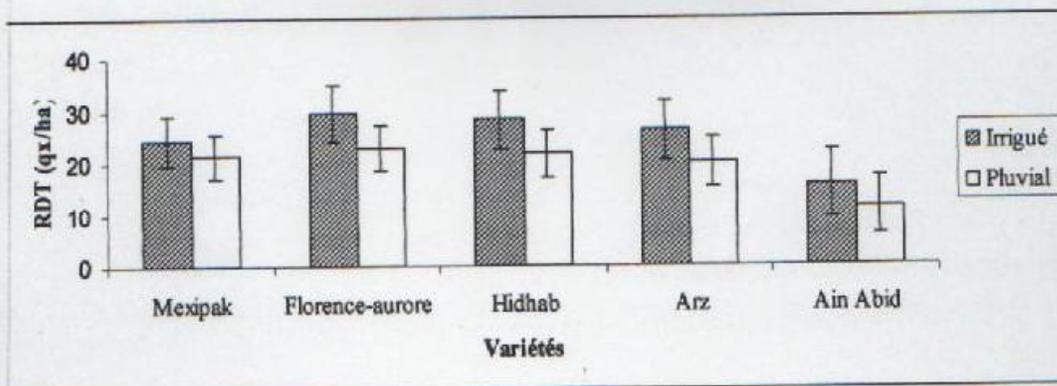


Figure 11 : Comparaison du rendement des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées et pluviales

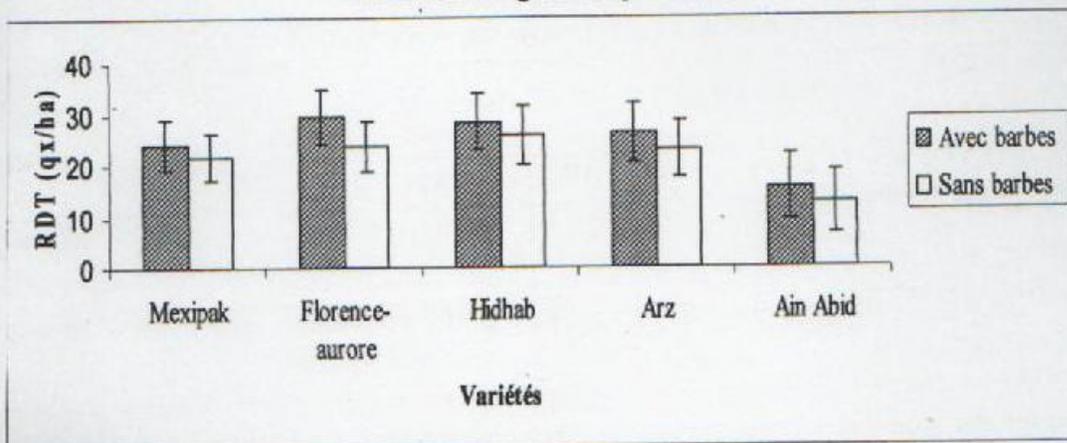


Figure 12 : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées

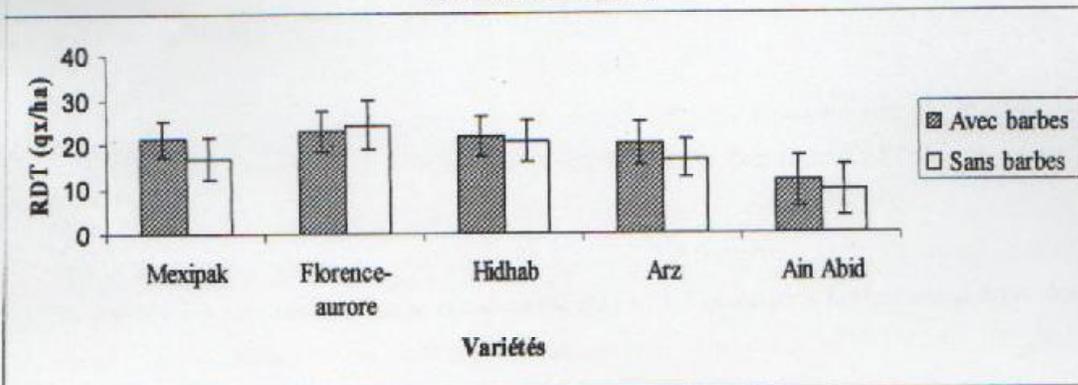


Figure 13 : Variation du rendement des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions pluviales

### I.1.2 Effets du stress hydrique sur le poids de mille grains (PMG) :

#### A. Cas de blé dur.

Chez les variétés de blé dur, l'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif de ce caractère sur les génotypes testés (blé dur) et un effet significatif aussi sur les deux environnements (irrigué et pluvial) (Tab. 11). Le test de NEWMAN-KEULS sépare des groupes indépendants et dénote par conséquent une variabilité génotypique. (Fig. 14)

**Tableau 11 : Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le poids de mille grains chez les cinq génotypes testés de blé dur.**

variables	CM	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé dur			Interaction milieu × variété		
		DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
MG (AB)	1	357.84	0.000	4	83.19	0.0000	4	16.51	0.0290	
		THS			THS			S		
MG (SB)	1	498.58	0.000	4	56.87	0.0000	4	6.28	0.5304	
		THS			THS			NS		

THS : Très Hautement Significatif, NS: Non Significatif, S : Significatif, AB : Avec barbes, SB : Sans barbes.

#### Poids de mille grains (avec barbes):

Sous les conditions irriguées, c'est la variété Cirta qui se caractérise par le PMG le plus élevé, elle enregistre une moyenne de 52.59g, suivi par Djennah-Khetifa avec une moyenne de 51.70g. Hedba3, Bidi17 et Virton accusent des valeurs inférieures par rapport aux deux variétés précédentes (46.82g, et 45.1g et 42.24g respectivement). En revanche, sous l'essai pluvial, on note une baisse conséquente du PMG. Les variétés testées enregistrent des valeurs significativement inférieures. (Cirta, 44,09g; Djennah-Khetifa, 42,4g; Hedba3, 44,56g; Bidi 17, 42,7g; Vitron; 37,8g (Tab 12)

Le test NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ) isole les génotypes de la manière suivante (Tab.12).

- Le premier groupe comprenant les génotypes Cirta et Djennah-Ketifa groupe A.
- Le deuxième groupe regroupant les génotypes Hedba3 et Bidi17 groupe B.
- Le troisième groupe comprenant le génotype Virton groupe C.

**Tableau 12 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé dur pour le PMG avec barbes.**

Paramètres Variétés	Poids de mille grains avec barbes (g)		Moyennes et groupes homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Cirta	52.59	44.09	48.34 A
Djennah -Khetifa	51.70	42.40	47.05 A
Hedba 3	46.82	41.56	44.19 B
Bidi 17	45.10	42.70	43.90 B
Virton	42.24	37.80	40.02 C
Moyennes et groupes homogènes	47.69 A	41.71 B	

A. B. C: indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ).

➤ **Poids de mille grains (sans barbes) :**

Dans ce cas de figure, nous trouvons les mêmes observations que celles signalées pour le PMG avec barbes c'est à dire que les variétés gardent le même classement. Toutefois, il semblerait que l'absence des barbes a induit une baisse du PMG sous les conditions irriguées. (Fig. 15)

Sous les conditions pluviales, les résultats montrent une baisse du PMG des cinq génotypes de blé dur par rapport au PMG sous les conditions irriguées. Les variétés Virton, Bidi17, Hedba3, Cirta et Djennah-Khetifa accusent des moyennes de PMG respectivement de

35.32g, 39.97g, 38.00g, 39.69g et 39.53g avec une moyenne globale de réduction équivalente à 11%. (Tab.13)

L'absence des barbes dans les conditions pluviales a provoqué une diminution du PMG par rapport aux PMG avec barbes chez les cinq génotypes testés de blé dur mais avec des degrés différents. Nous enregistrons respectivement une diminution de l'ordre de 4.61%, 7.57% et 8.1% chez les génotypes Bidi17, Virton et Hedba3 et une baisse de 9.7% et 11.25% chez les variétés Djennah-Khetifa et Cirta. (Fig. 16)

Le test de NEWMAN-KEULS classe deux groupes distincts. (Tab.13)

- Un premier groupe comprenant les génotypes Cirta, DK et Bidi17 et Hedba3 avec des moyennes générales de l'ordre de 42.9g, 42.49, 42.15g et 40.34g respectivement, groupe A.
- Un second groupe comprenant le génotype Virton avec une moyenne de 36.99g.

**Tableau 13 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé dur pour le PMG sans barbes.**

Paramètres Variétés de blé dur	Poids de mille grains sans barbes (g)		Moyennes et groupes homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Cirta	46.1	39.69	42.9 A
Djenneh Khetifa	45.46	39.53	42.49 A
Bidi 17	44.33	39.97	42.15 A
Hedba 3	42.68	38.00	40.34 A
Vitron	38.67	35.32	36.99 B
Moyennes et groupes Homogènes	43.45 A	38.50 B	

A. B: indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ).

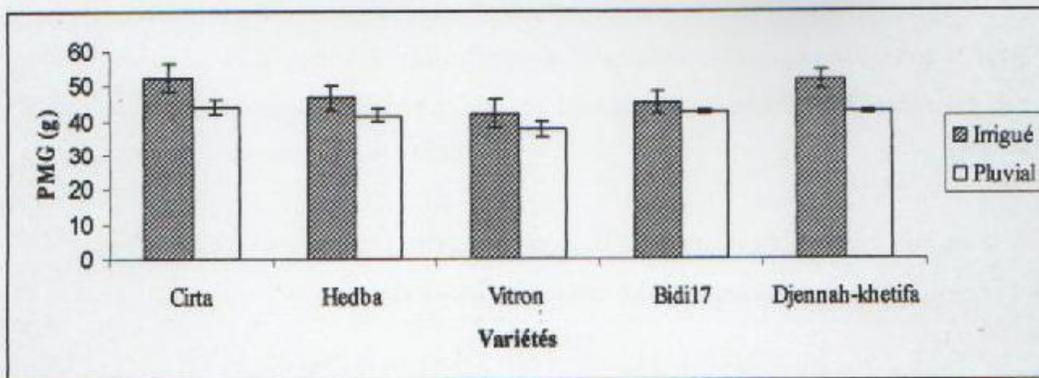


Figure 14 : Comparaison du PMG des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées et pluviales

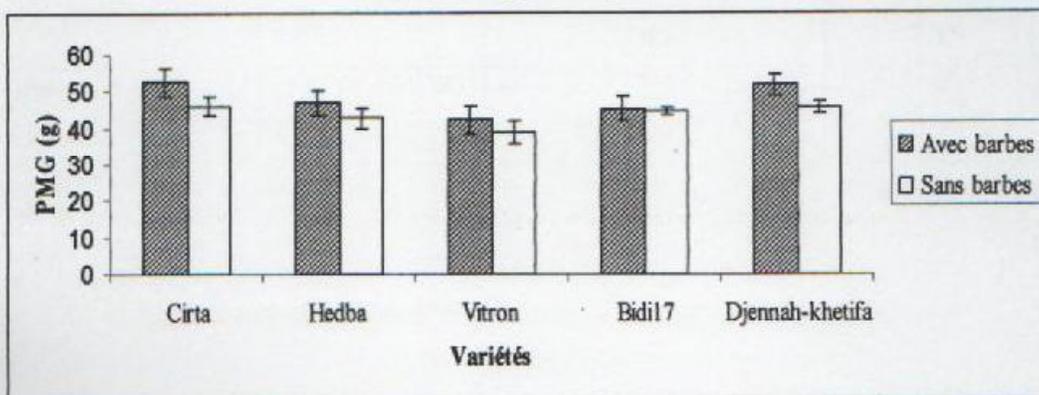


Figure 15 : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions irriguées

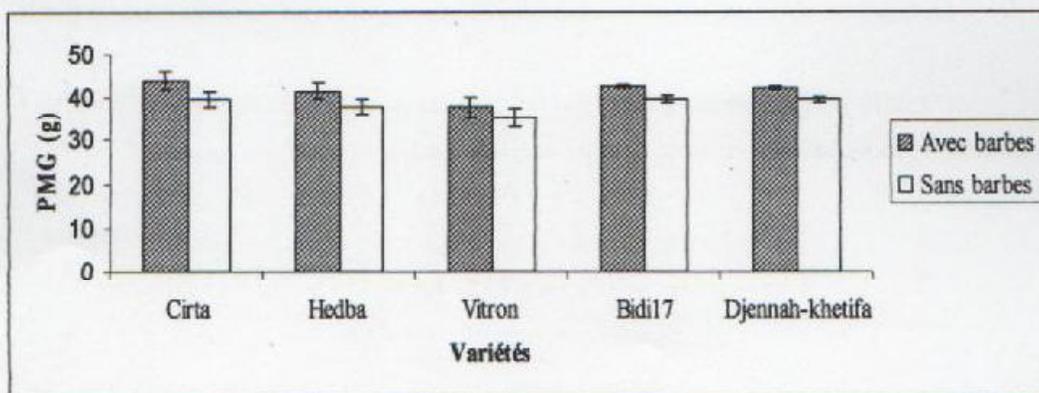


Figure 16 : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé dur dans les conditions pluviales

**B. Cas du blé tendre :**

Chez les variétés de blé tendre, l'analyse de la variance montre qu'il y a un effet très hautement significatif des variétés étudiées en fonction du paramètre PMG sous les deux environnements (pluvial et irrigué). (Tab14)

**Tableau 14 : Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur le poids de mille grains chez les cinq variétés testées de blé tendre.**

riables	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé tendre			Interaction milieu × variété		
	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
IG (AB)	1	68.82	0.0000	4	58.79	0.0000	4	9.05	0.0024
		THS			THS			TS	
IG (SB)	1	212.51	0.0000	4	170.04	0.0000	4	29.10	0.0046
		THS			THS			TS	

THS : Très Hautement Significatif, TS: Très Significatif, AB : Avec barbes, SB : Sans barbes.

➤ **Poids de mille grains (avec barbes):**

Chez les variétés de blé tendre, le poids de mille grains est compris entre 38.08g (Ain Abid) et 42.6g (Hidhab) pour le traitement irrigué et entre 32.95g (ARz) et 41.94 g (Hidhab) sous l'essai pluvial. (Fig. 17) (Tab.15). L'essai pluvial a induit une baisse modérée de ce paramètre de l'ordre de 8%, tous génotypes confondus.

Le test NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ) isole trois groupes distincts. (Tab.15)

- Un premier groupe comprenant les génotypes Hidhab et Florence-aurore avec des moyennes à l'ordre de 42.27 g et 40.94 g, groupe A.
- Un deuxième groupe regroupant les génotypes Mexipak et Ain Abid avec des moyennes à l'ordre de 37.55g et 37.07 g respectivement, groupe B.
- Un troisième groupe comprenant le génotype ARz (35.92g), groupe C.

**Tableau 15 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés de blé tendre pour le PMG avec barbes.**

Variétés de blé tendre	Poids de mille grains avec barbes		Moyennes et groupes Homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Hidhab	42.40	41.94	42.27 A
Florence-aurore	41.50	40.38	40.94 A
Mexipak	39.24	35.86	37.55 B
Ain Abid	38.08	36.07	37.07 B
ARz	38.90	32.95	35.92 C
Moyennes et groupes homogènes	40.064 A	37.44 B	

A, B, C : indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ).

➤ **Poids de mille grains (sans barbes):**

Les résultats fournis par l'ANOVA sous l'essai irrigué affichent des valeurs de PMG nettement inférieures dans ce cas de figure (absence des barbes) que dans le cas (avec barbes) pour tous les génotypes. A l'exception de Florence-aurore qui donne des valeurs similaires (41.61g et 41.50g). C'est un génotype dépourvu naturellement de barbes. (Fig. 18 et Tab 15).

Sous l'essai pluvial, le classement des variétés change. C'est la variété Hidhab qui prend la tête du classement avec (41.94g) suivie Florence-aurore (40.38g), Mexipak (35.86g), Ain Abid (36.07g), et enfin Arz avec (32.95g). Ces résultats montrent que sous ces conditions, Le PMG se voit nettement diminué en l'absence d'irrigation. Cette constatation est valable pour tous les génotypes. (Tab 15, Fig 19).

Le test NEWMAN-KEULS sépare les groupes homogènes et les isole en trois groupes distincts. (Tab.16)

- Un premier groupe performant, c'est la variété Florence-aurore avec une moyenne de PMG égale à 41.11 g.
- Un deuxième groupe comprenant le génotype Hidhab avec une moyenne de l'ordre de 35.43g.
- Un troisième groupe comprenant les génotypes Mexipak, Ain Abid et ARz avec des moyennes générales de l'ordre de 31.2g, 31.12g et 29.92g respectivement.

**Tableau 16 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS pour les cinq génotypes de blé tendre testés pour le PMG sans barbes.**

Paramètre Variétés du blé tendre	Poids de mille grains sans barbes (g)		Moyennes et groupes homogènes
	Essai irrigué	Essai pluvial	
Florence-aurore	41.65	40.56	41.11 A
Hidhab	35.72	35.15	35.43 B
Mexipak	33.47	28.94	31.20 C
Ain Abid	35.24	27.01	31.12 C
Arz	34.25	25.60	29.92 C
Moyennes et groupes Homogènes	36.06 A	31.45 B	

A. B. C: indices de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha = 5\%$ ).

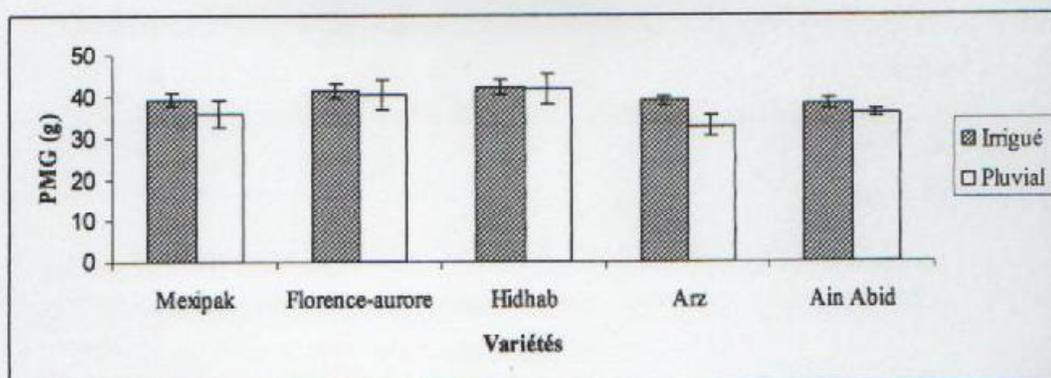


Figure 17 : Comparaison du PMG des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées et pluviales

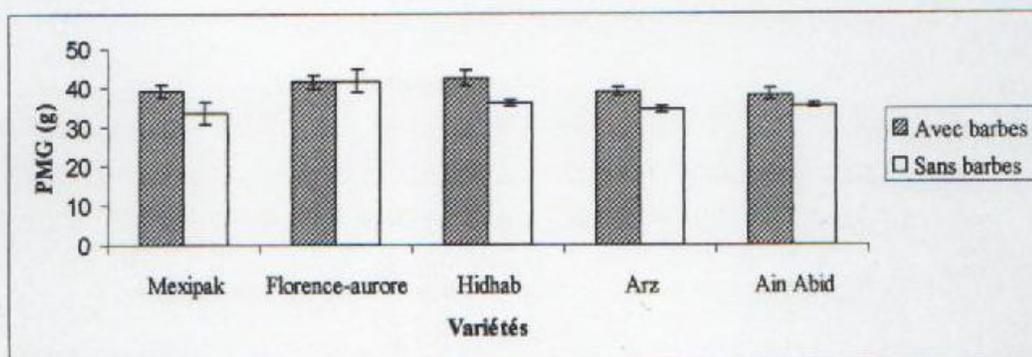


Figure 18 : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées

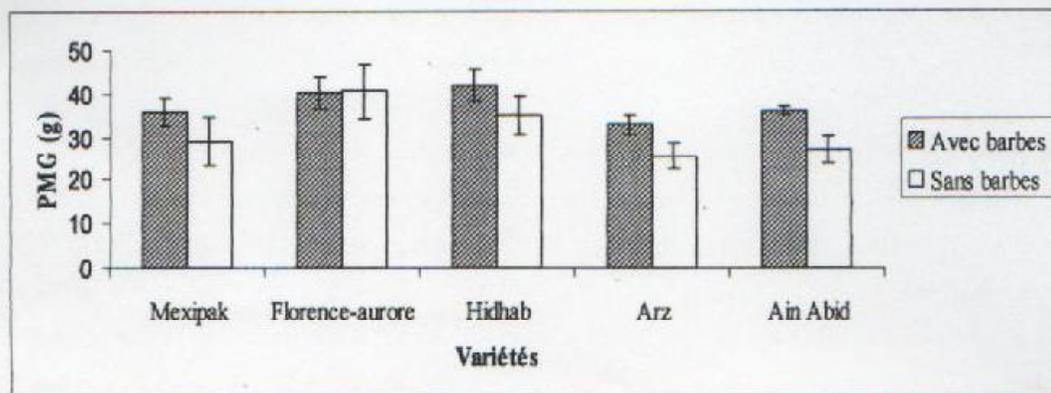


Figure 19 : Variation du PMG des cinq variétés testées de blé tendre dans les conditions irriguées

### 1.1.3. Les paramètres agronomiques et morphologiques de l'essai au champ :

Afin de comparer le comportement des différents génotypes du blé, une analyse en composantes principales a été réalisée dans les deux environnements pour le blé dur et le blé tendre.

#### Cas du blé dur :

Le pourcentage d'information donné par l'axe 1 est de 49.58% et celui donné par l'axe 2 est de 19.72%, soit au total 79.30%, le cercle fait ressortir presque la totalité des variables : (NG/E, NE/m<sup>2</sup>, LE, NT/m<sup>2</sup>, NT/P, NP/m<sup>2</sup>, PMG, RDT, SF, CE, LB, HP, SF, DE). (Fig. 20)

De même il fait apparaître des corrélations positives significatives entre notamment les variables : NT/m<sup>2</sup> et NT/P, NT/P et NE/m<sup>2</sup>, NT/P et CE, NT/P et LE, NE/m<sup>2</sup> et LE, CE et LB, CE et HP, LB et LE, NT/m<sup>2</sup> et PMG, NT/P et PMG, SF et BIO, CE et PMG, LE et BIO, BIO et PMG, HP et RDT, PMG et RDT, HP et RDT, NE/m<sup>2</sup> et RDT. Par ailleurs, il fait ressortir des corrélations non significatives entre nt/m<sup>2</sup> et LB, NP/m<sup>2</sup> et LE, NP/m<sup>2</sup> et SF, NT/m<sup>2</sup> et NG/E, DE et PMG, LB et BIO, NT/P et LB, NP/m<sup>2</sup> et RDT. Toutes les observations trouvent leur confirmation dans la matrice de corrélations qui exprime les relations entre les variables testées. (Fig. 20) (Annexe. 01)

Ce sont surtout : le PMG, CE, RDT, NT/P, NE/m<sup>2</sup>, SF, NP/m<sup>2</sup>, LE qui contribuent fortement à la formation de l'axe (1) donc à la variation totale, car leur pourcentage d'explication est égal à 50%. La date d'épiaison (DE) marque la formation de l'axe (2) et explique seulement 19.72% de la variance totale.

Aussi, pour ce qui est de la qualité de la représentation des différentes variables étudiées, en sommant leur corrélation au carré, on remarque que ce sont les variables PMG, HP et CE qui sont très bien représentées ( $r^2 > 0.80$ ), puis viennent la BIO, LE, RDT, NT/P et NE/m<sup>2</sup> qui sont bien représentées ( $0.60 < r^2 < 0.80$ ), suivies de NT/m<sup>2</sup> et DE qui sont médiocrement représentées ( $0.50 < r^2 < 0.60$ ), pour le NP/m<sup>2</sup>, SF, LB et NG/E, ces variables sont mal représentées ( $r^2 < 0.50$ ). (Annexe.02)

A droite du diagramme des individus sont représentés les cinq génotypes, aux conditions irriguées et à sa gauche ce sont les cinq génotypes aux conditions pluviales.

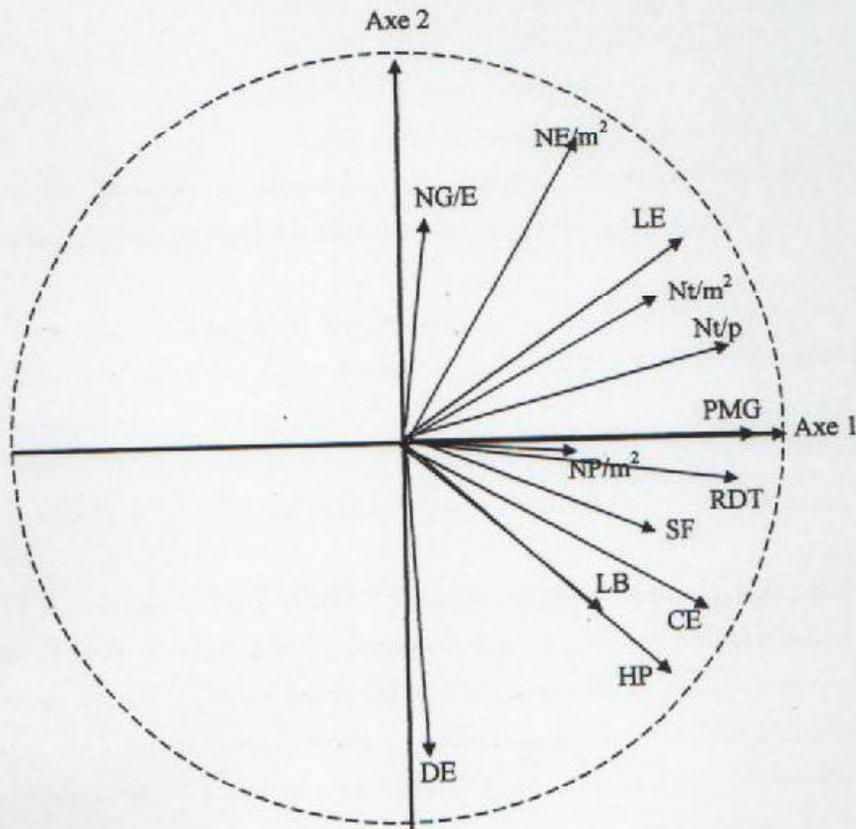


Figure 20 : Cercle des corrélations (cas de blé dur), essai au champ

NG/E : nombre de grains par épi.

NE/m<sup>2</sup> : nombre d'épis par mètre carré.

NT/m<sup>2</sup> : nombre de talles par mètre carré

NT/P : nombre de talles par plante

PMG : poids de mille grains

NP/m<sup>2</sup> : nombre de plantes par mètre carré

RDT : rendement en grains

BIO : point cache

SF : surface foliaire

CE : col de l'épi

HP : la hauteur de plante

DE : date d'épiaison

LE : longueur de l'épi

LB : la longueur de barbes

➤ **Diagramme des individus :**

Presque la quasi totalité des individus ont contribué à la formation de l'axe (1), les génotypes aux conditions contrôlées sont situés à droite du cercle, parallèlement à ces derniers, les individus qui ont contribué dans la formation du côté gauche de l'axe (1) ce sont les génotypes soumis aux conditions pluviales, quant aux génotypes Cirta.T et Vitron.T, ils ont contribué de manière égale à la formation des deux axes (1 et 2).

Donc l'effet traitement est bien présent, l'analyse a séparé les deux environnements (irrigué et pluvial) dans le diagramme et tous les individus sont très bien représentés sur l'axe (1 et 2). (Fig. 21)

Cette analyse (ACP) nous conduit à émettre les observations suivantes :

Les individus Hedba.T, Bidi17.T, Djennah-Khetifa .T, se caractérisent par les CE, HP, LB, SF, et  $NP/m^2$  les plus élevés et une date d'épiaison longue par rapport aux individus témoins et un rendement en grains (RDT) élevé par rapport aux individus stressés. En revanche, les individus Cirta.T, Vitron.T se caractérisent par les  $NE/m^2$ , LE,  $NT/m^2$ , NT/P, NG/E élevés, Cirta.T, se caractérise par le PMG et RDT les plus élevés. Les individus Cirta.S, Vitron.S se caractérisent par le CE, HP, SF, LB,  $NP/m^2$ , RDT moins élevées par rapport aux témoins. Les individus Hedba.S, Bidi17.S et Djennah-Khetifa.S se distinguent par que les NT/P, LE, NG/E et  $NT/m^2$  sont les plus diminuées.

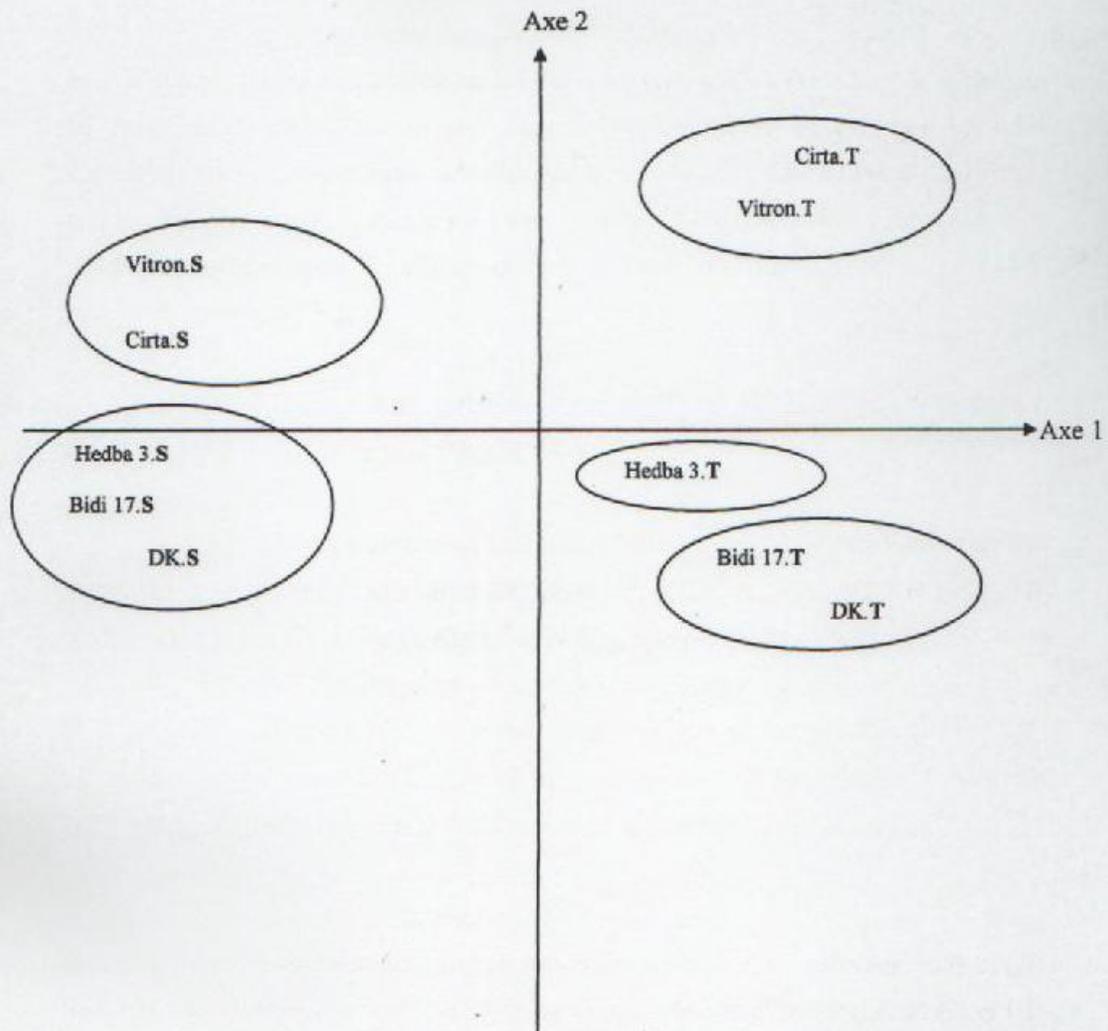


Figure 21 : Diagramme des individus (cas du blé dur, essai au champ).

**Légende :**

T : Témoin

S : Stressé

**B. Cas du blé tendre :**

Afin de procéder à une interprétation tenant compte de l'ensemble des variétés étudiées de blé tendre, une analyse en composantes principales a été effectuée également sur les deux essais (pluvial et irrigué) dans le but de mettre en évidence les relations d'associations et d'oppositions des différentes variables et des différents individus. Le pourcentage d'information donné par l'axe 1 est de 37% et celui donné par l'axe 2 est de 29.2%, soit un total de 66.2%. L'interprétation peut donc être limitée à ces deux axes à grand pouvoir discriminant. (Fig. 22)

Le cercle fait ressortir les variables suivantes ( $NT/m^2$ ,  $NT/P$ ,  $NE/m^2$ ,  $BIO$ ,  $PMG$ ,  $HP$ ,  $CE$ ,  $RDT$ ,  $NE/m^2$ ,  $SF$ ,  $NP/m^2$ ,  $LB$ ,  $DE$ ,  $LE$ ,  $NG/E$ ). (Fig. 22)

La figure fait apparaître aussi une corrélation positive significative entre ( $NT/m^2$  et  $NT/P$ ,  $DE$  et  $LE$ ,  $NT/m^2$  et  $LE$ ,  $LB$  et  $HP$ ,  $CE$  et  $HP$ ,  $NT/m^2$  et  $NG/E$ ,  $NT/P$  et  $NG/E$ ,  $NT/m^2$  et  $BIO$ ,  $NT/P$  et  $BIO$ ,  $CE$  et  $PMG$ ,  $NE/m^2$  et  $RDT$ ,  $CE$  et  $RDT$ ,  $HP$  et  $PMG$ ,  $HP$  et  $RDT$ ,  $SF$  et  $RDT$ ,  $PMG$  et  $RDT$ ) parallèlement à l'opposition marquée de la :  $NE/m^2$ ,  $NP/m^2$ ,  $CE$ ,  $SF$ ,  $RDT$ , à la date d'épiaison ( $DE$ ), de même il fait ressortir que les variables  $NP/m^2$  et  $PMG$ ,  $NT/m^2$  et  $LB$ ,  $NT/P$  et  $NE/m^2$ ,  $HP$  et  $NP/m^2$ ,  $NT/m^2$  et  $RDT$ ,  $NE/m^2$  et  $NG/E$ ,  $DE$  et  $BIO$ ,  $NT/P$  et  $LB$ ,  $NE/m^2$  et  $BIO$ ,  $LE$  et  $PMG$ , ne sont pas corrélées. (Annexe. 03)

Pour ce qui est de la qualité de la représentation des différentes variables, en sommant leurs corrélations au carré on remarque que ce sont les variables,  $RDT$  et  $DE$  qui sont très bien représentées ( $r^2 > 0.80$ ), puis viennent le  $NP/m^2$ ,  $NT/P$ ,  $LE$ ,  $PMG$  et  $HP$  qui sont bien représentées ( $0.60 < r^2 < 0.80$ ), suivies de  $SF$  et  $BIO$  qui sont faiblement représentées ( $0.50 < r^2 < 0.60$ ). Pour le  $NP/m^2$  et  $LB$ , ils sont mal représentés avec des coefficients de détermination égal à  $r^2 = 0.30$  et  $r^2 = 0.18$ . (Annexe 04)

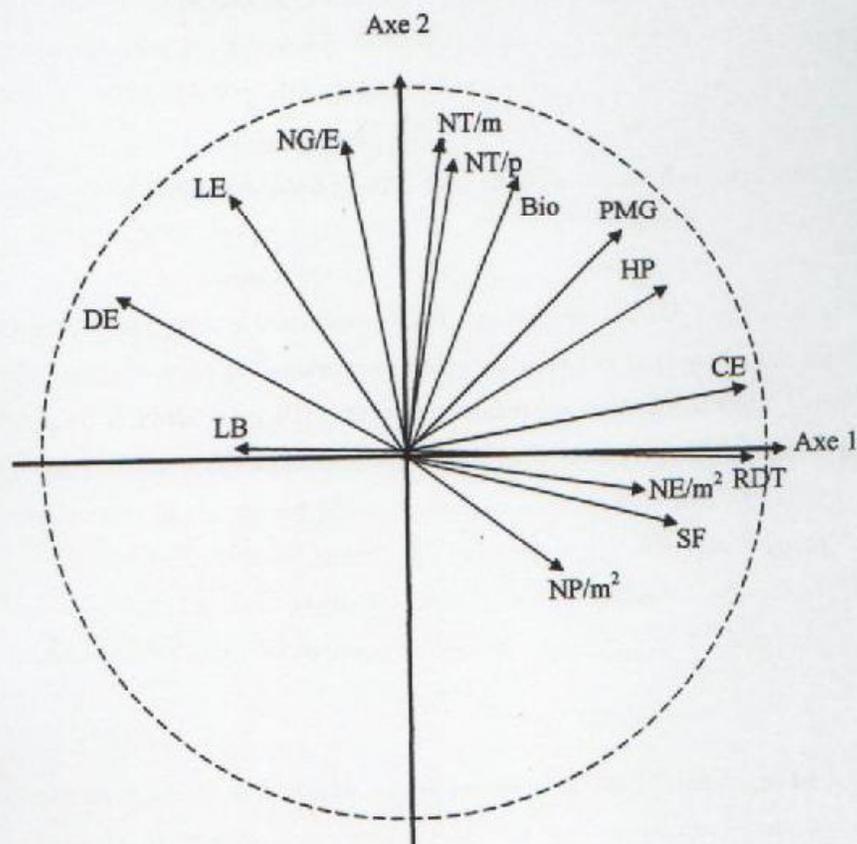


Figure 22 : Cercle des corrélations (cas du blé tendre), essai au champ.

**NT/m<sup>2</sup>** : nombre de talles par mètre carré

**NP/m<sup>2</sup>** : nombre de plante par mètre carré

**NT/P** : nombre de talles par plante

**NG/E** : nombre de grains par épi

**PMG** : poids de mille grains

**NE/m<sup>2</sup>** : nombre d'épis par mètre carré

**BIO** : biomasse

**RDT** : rendement en grains

**HP** : la hauteur de la plante

**CE** : le col de l'épi

**LE** : longueur de l'épi

**DE** : date d'épiaison

**LB** : longueur de barbes

**SF** : surface foliaire

➤ **Diagramme des individus :**

En ce qui concerne les individus qui ont le plus contribué à ces variations donc à la formation des deux axes (1 et 2), sont ceux qui ont les plus fortes coordonnées en valeurs absolues. Dans notre cas, les génotypes Ain Abid.S, Hidhab.S, Mexipak.T et Florence-aurore.T, ont le plus contribué à la formation de l'axe (1).

Les deux premiers à savoir Ain Abid.S, Hidhab.S situés à gauche du diagramme se caractérisent par une longueur des barbes (LB) et une longueur des épis (LE) plus élevées et un NG/E élevés. Ces génotypes accusent par contre une HP, SF, CE, NE/m<sup>2</sup> et un RDT faibles contrairement à Mexipak.T et Florence-aurore.T, les individus ARz.T et Hidhab.T, contribuent de manière équilibrée à la formation des deux axes 1 et 2 et se caractérisent donc par une BIO, HP, SF, NT/P, PMG, et un RDT élevés par rapport aux individus stressés. Quant à l'axe 2, c'est surtout Ain Abid.T, Florence-aurore.S, Mexipak.S et ARz.S qui ont le plus contribué dans la formation de cet axe. Le génotype Ain Abid.T se trouve isolé à gauche du diagramme, car il se caractérise par le rendement (RDT) le plus faible, une date d'épiaison longue et un nombre de grains (NG/E) élevé. Quant à Florence-aurore.S, Mexipak.S et ARz.S, ces génotypes ont les valeurs les moins élevées des variables : NT/m<sup>2</sup>, NT/P, BIO, PMG, NG/E. (Fig. 23)

Pour ce qui est de la qualité de la représentation des individus sur le plan engendré par les axes (1-2), on constate que presque la totalité des individus en sommant leurs cosinus sur ces mêmes axes est supérieure à 50%. Mais cette représentation est plus marquée pour notamment les génotypes Florence-aurore.T, Mexipak.T, Hidhab.T et ARz.T qui sont considérées comme étant bien représentées. Florence-aurore.S est moyennement représentée, quant à Ain Abid.S sa représentation est faible sur l'axe (1).

A la lumière des résultats de cet essai, malgré la diversité génétique qui caractérise les différentes variétés testées, on note cependant un regroupement et une convergence de comportement à l'égard du mécanisme global de la tolérance au déficit hydrique.

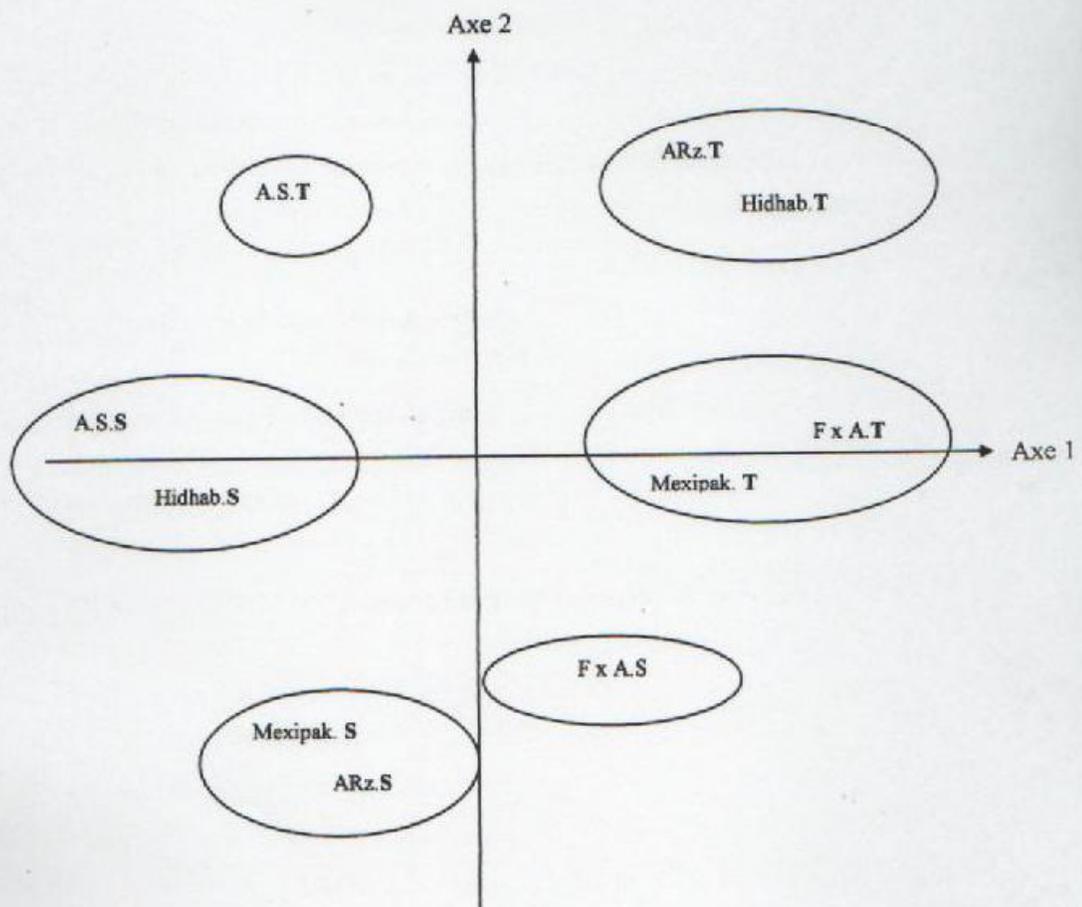


Figure 23 : Diagramme des individus (cas du blé tendre, essai au champ).

T : Témoin

S : Stressé

**1.1.4. Indice de sensibilité :**

L'indice de sensibilité est un modèle de calcul qui prend en compte le rendement potentiel et le rendement sous stress. Seuls les caractères facilement mesurables peuvent entrer dans ce type de calcul. Dans notre cas, nous avons utilisé le modèle suivant:

$$S = (1 - Yd/Yp)/D \quad (\text{Acevedo, 1991}).$$

**Yd** = rendement en conditions de sécheresse.

**Yp** = rendement en conditions irriguées.

**D** = intensité de sécheresse =  $(1 - Ydm/Ypm)$ .

**Ydm** = moyenne de rendement de l'essai, en conditions de sécheresse.

**Ypm** = moyenne de rendement de l'essai, en conditions irriguées.

➤ **Cas du blé dur :**

Variété	Hedba 3	Cirta	Vitron	Djennah-Khetifa	Bidi17
L'indice de sensibilité	0.90	0.94	0.99	0.99	1.19

Chez les cinq variétés du blé dur, les résultats obtenus concernant ce paramètre montrent qu'il y a des différences entre les géotypes testés. La variété Bidi17 enregistre une indice de sensibilité égal à 1.19, cette variété est sensible à la sécheresse. Les géotypes Djennah-Khetifa et Vitron enregistrent des valeurs identiques de l'ordre de 0.98 chacun, donc considérés moins sensibles à la sécheresse et enfin les variétés Cirta et Hedba3, accusent des valeurs légèrement inférieurs 0.94 et 0.90 respectivement, donc ces variétés sont probablement moins sensibles à la sécheresse.

## ➤ Cas du blé tendre :

	Mexipak	Florence-aurore	Hidhab	ARz	Ain Abid
<b>Indice de sensibilité</b>	1.12	1.00	0.99	0.98	0.89

Chez les variétés de blé tendre les résultats obtenus pour l'indice de sensibilité montrent qu'il y a des différences entre les cinq géotypes testés. La variété Mexipak enregistre un indice de sensibilité égal à 1.12, suivi de Florence-aurore avec un indice de sensibilité de l'ordre de 1.00. Ces deux variétés semblent être sensibles à la sécheresse.

Les géotypes Arz et Hidhab ont des indices de 0.98 et 0.99 respectivement, ils sont moins sensibles à la sécheresse. et en fin la variété Ain Abid enregistre la plus faible valeur (0.89) cette variété se caractérise par conséquent par une faible sensibilité et donc apparemment plus tolérante au stress hydrique.

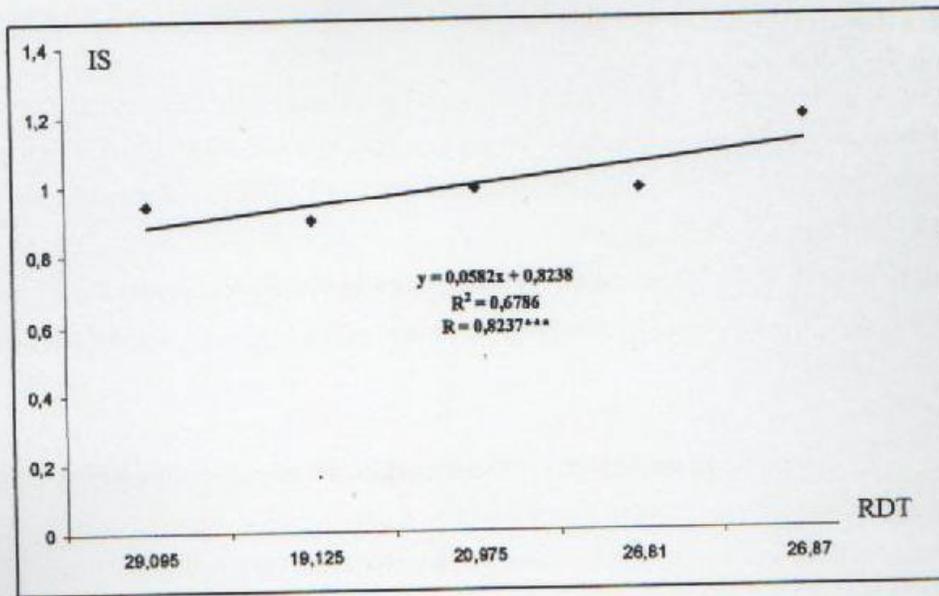


Figure 24 : Relation entre le rendement et l'indice de sensibilité (IS) (cas du blé dur)

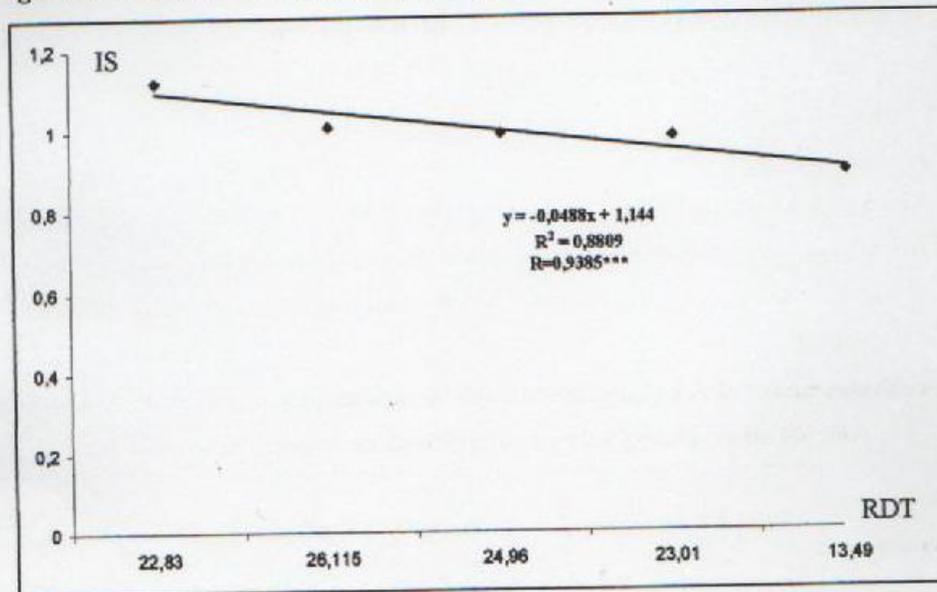


Figure 25 : Relation entre le rendement et l'indice de sensibilité (IS) (cas du blé tendre)

RDT : rendement (qx/ha)

IS : indice de sensibilité

**I.2. Essais aux conditions semi contrôlées (paramètres hydriques et biochimiques)**

Les données traitées dans le cadre de cette partie d'étude concernent les paramètres d'état hydriques et les paramètres ayant trait aux sucres totaux. Ces essais ont été réalisés sous des conditions semi - contrôlées.

Cette étude concerne dix génotypes, cinq génotypes de blé (Cirta, Hedba3, Bidi17 et Djennah-Khetifa) et cinq génotypes de blé tendre (Mexipak, Florence-aurore, ARz, Hidhab et Ain Abid).

Les paramètres qui ont été analysés dans le cadre de cette étude sont :

- Les paramètres d'état hydrique et d'ajustement osmotique (teneur relative en eau, potentiel osmotique et le potentiel à la réhydratation à 15% de la capacité au champ.
- Les paramètres biochimiques : accumulation de sucres solubles.

**I.2.1. Effet du stress hydrique sur la teneur relative en eau (TRE)**

**A. Cas du blé dur :**

Chez les variétés de blé dur, l'analyse de variance effectuée sur la teneur relative en eau révèle des différences significatives entre les cinq variétés testées, les deux milieux (témoin et stressé) et l'interaction milieu variété. (Tab. 17)

**Tableau 17: Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ pour les cinq génotypes de blé dur.**

Variables \ CM	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé dur			Interaction milieu × variété		
	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
TRE (15% cc)	1	4 639.97	0.000	4	128.10	0.000	4	27.66	0.000
		THS			THS			THS	3

THS: très hautement significatif,

L'indice de séparation des groupes donné par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de ( $\alpha=5\%$ ) révèle des groupes indépendants, il reflète un comportement hydrique et physiologique spécifique pour chaque génotype testé et montre aussi l'existence d'une grande variabilité génotypique.

Sous les conditions irriguées, à 100% de la capacité au champ, on ne trouve pas des différences significatives entre les TRE des cinq génotypes testés, la variété Hedba a une TRE de 86.74%, suivie de la variété Cirta (84.48%), Virton (83.50%), Djennah-Khetifa et Bidi17 ont des TRE de 79.05% et 78.93% respectivement.

En revanche, à 15% de la capacité au champ, sous stress, on note une baisse importante de la teneur relative en eau chez tous les génotypes de blé dur. (Fig. 26)

Les résultats montrent que la variété Hedba3 est la moins affectée par la contrainte hydrique. Elle enregistre une valeur de TRE de l'ordre de 62.86% ce qui représente une baisse de 27% par rapport au témoin suivie de la variété Cirta, Virton et Djennah-Khetifa. Ces dernières semblent être d'avantage affectées par la contrainte hydrique. Ces génotypes notent des valeurs de TRE variant entre 54.26% et 40.36%. (Tab .18) Ces valeurs jugées très faibles, accusent des diminutions de l'ordre de 35% par rapport au témoin. Toutefois, la variété Bidi17 se positionne en dernier et semble être la plus affectée de tout le lot des génotypes de blé dur. La diminution notée par cette variété équivaut à 48.86% par rapport au témoin.

Des différences variétales ont été mises en évidence pour la TRE chez les variétés de blé dur au niveau (15%) de la capacité au champ. Nous remarquons qu'à travers le test de NEWMAN-KEULS, l'émergence de quatre groupes distincts. (Tab.18)

- Un premier groupe représenté par la variété Hedba 3 : Groupe A
- Un deuxième groupe comprenant les génotypes Cirta et Vitron : Groupe B.
- Un troisième groupe (C) comprenant le génotype Djennah-Khetifa
- Un quatrième groupe (D) montrant la plus faible TRE représenté par le génotype Bidi17.

**Tableau 18 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS ( $\alpha = 5\%$ ), pour les cinq génotypes testés de blé dur pour la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ.**

Variétés	TRE (15% de la cc)		Moyennes et groupes homogènes
	Bloc témoin	Bloc stress	
Hedba3	86.74	62.86	74.80 A
Cirta	84.48	54.26	69.37 B
Vitron	83.50	53.03	68.26 B
Djennah-Khetifa	79.05	49.88	64.47 C
Bidi17	78.93	40.36	59.64 D
<b>Moyennes et groupes homogènes</b>	<b>82.54 A</b>	<b>52,08 B</b>	

TRE : teneur relative en eau, cc : capacité au champ.  
 A. B. C. D : indices de séparation des groupes homogènes

**B. Cas du blé tendre :**

L'analyse de la variance effectuée sur la teneur relative en eau révèle des différences significatives entre les cinq variétés testées de blé tendre, les deux milieux (témoin et stressé) et l'interaction entre ces deux facteurs analysés. (Tab. 19)

**Tableau 19 : Carré moyen de l'analyse de variance effectué sur la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ pour les cinq génotypes testés de blé tendre.**

Variables	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé tendre			Interaction milieu × variété		
	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
TRE (15% cc)	1	4 290.11	0.000	4	118.53	0.000	4	21.56	0.010
		THS			THS			TS	

THS: très hautement significatif, TS : très significatif.

En conditions irriguées nous ne remarquons pas de grandes différences entre les cinq génotypes étudiés, la variété Ain Abid enregistre une valeur de TRE de 85.99%, les variétés Hidhab et Florence- aurore, ont des valeurs de TRE de l'ordre de 82.68% et 81.24%

respectivement. Quant à la variété Mexipak elle enregistre une TRE égale à 78.39%, Arz enregistre par contre une TRE faible par rapport à l'ensemble du groupe de blé tendre soit 73.97%.

Cette valeur faible de TRE enregistrée notamment par Arz est dû probablement l'élévation de la température de la serre durant la période de cette expérimentation.

Sous régime hydrique déficitaire (15% de la capacité au champ), on note une baisse très importante de la teneur en eau chez les cinq génotypes de blé tendre mais à des degrés différents. (Fig.27)

Les résultats montrent clairement (Tab. 20) que la variété Ain Abid et la variété Hidhab sont les moins affectées par la contrainte hydrique, ils enregistrent des valeurs de TRE de l'ordre de 60.87% et 56.14%, ce qui donne une baisse de 30% par rapport au témoin (100% de la capacité au champ). Arz a une TRE de 47.86%. Viennent ensuite les génotypes Florence-aurore et Mexipak qui semblent être les plus affectés par la contrainte hydrique avec des valeurs de TRE égale à 46.7% et 44.24% respectivement ce qui représente une diminution conséquente de l'ordre de 42.51% et 43.56% par rapport au témoin.

Des différences variétales ont été mises en évidence pour la TRE à ce niveau d'humidité (15% de la CC). Le test de NEWMAN-KEWLS isole 4 groupes. (Tab.20)

- Ain Abid : Groupe A
- Hidhab : Groupe B
- Florence-aurore : Groupe C
- Mexipak et Arz : Groupe D

**Tableau 20 : Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS pour les cinq génotypes testés du blé tendre (TRE à 15% de la capacité au champ)**

Variétés	TRE (15% de la CC)		Moyennes et groupes homogènes
	Bloc témoin	Bloc stressé	
Ain Abid	85.99	60.87	73.43 A
Hidhab	82.68	56.14	69.41 B
Florence-aurore	81.24	46.70	63.97 C
Mexipa	78.39	44.24	61.31 D
Arz	73.97	47.86	60.92 D
Moyennes et groupes homogènes	80.45 A	51.16 B	

TRE : teneur relative en eau, CC : capacité au champ.

A. B. C. D : indices de séparation des groupes homogènes

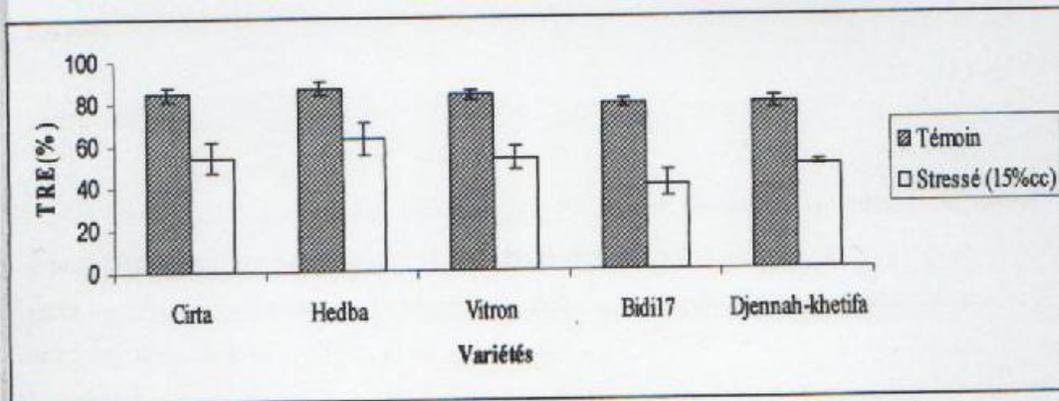


Figure 26 : Variation de la teneur relative en eau sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq géotypes de blé dur.

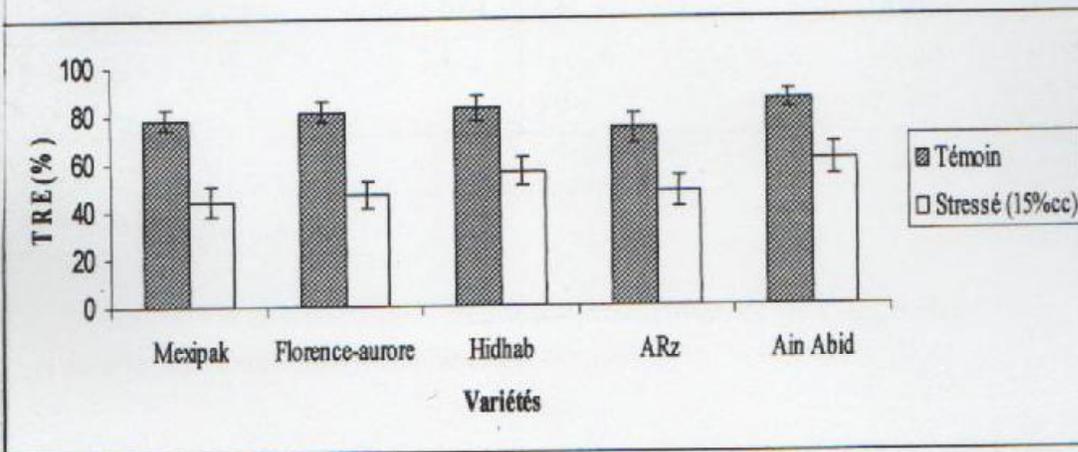


Figure 27 : Variation de la teneur relative en eau sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq géotypes de blé tendre

### L2.2. Effets du déficit hydrique sur l'accumulation des sucres à 15% de la capacité au champ:

#### A. Cas du blé dur:

L'analyse de la variance effectuée sur la teneur en sucres solubles à ce niveau d'humidité de la capacité au champ (15%) révèle des différences très hautement significatives entre les cinq génotypes testés de blé dur, les deux milieux (témoin et stressé) et l'interaction entre ces deux facteurs analysés. (Tab. 21)

**Tableau 21: Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ, chez les cinq génotypes de blé dur.**

CM /variables	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé dur			Interaction milieu × variété		
	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
UCR (15% cc)	1	185366.50	0.000	4	112078.50	0.000	4	73576.13	0.000
		<b>THS</b>			<b>THS</b>			<b>THS</b>	

Sucre: Teneur en sucres solubles, cc: Capacité au champ.

THS: très hautement significatif.

Les teneurs mesurées varient d'une manière très prononcée entre les génotypes testés et entre les deux traitements (témoin, stressé).

En conditions favorables c'est-à-dire (essai irrigué), les résultats montrent une accumulation de sucres solubles assez variable selon les génotypes. Les teneurs les plus faibles sont notées chez les génotypes Vitron, Hedba et Bidi17 (267.48 à 335.92) µg/ 100mg MF. Cependant l'accumulation la plus élevée est notée chez les variétés Djennah-Khetifa et Cirta soit 631.17 et 695.69 µg/ 100mg MF respectivement.

En revanche à 15% de la capacité au champ (stresse sévère), on note une augmentation très importante de la teneur en sucres solubles chez les différents génotypes.(Fig. 28)

Les résultats montrent (Tab .22) que la plus grande valeur en sucres est attribuée au génotype Hedba3 (1407.43)  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ . Ceci donne une augmentation des sucres de l'ordre de 76.13% par rapport au témoin suivis des génotypes Djennah-Khetifa et Cirta qui ont des valeurs qui se rapprochent plus ou moins de Hedba3. (1123.91 et 1084.80)  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ ) Vitron et Bidi17, accusent les plus faibles valeurs d'accumulation de sucres soit (885.35 et 809.10  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ )

Le test de séparation des groupes dénote des différences variétales et sépare par voie de conséquence deux groupes. (Tab. 22)

Un premier groupe comprenant les génotypes Cirta, Djennah-Khetifa et Hedba avec des moyennes de 890.25, 877.54 et 871.67  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ .

Un deuxième groupe comprenant les génotypes Vitron et Bidi17 avec des moyennes de l'ordre de (576.42 et 572.51)  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$

**Tableau 22: Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés du blé dur pour la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ.**

Paramètre Variétés	Teneur en sucres (15% de cc)		Moyennes et groupes homogènes
	Bloc témoin	Bloc stressé	
Cirta	695.69	1084.80	890.25 A
Djennah-Khetifa	631.17	1123.91	877.54 A
Hedba3	335.92	1407.43	871.67 A
Vitron	267.48	885.35	576.42 B
Bidi17	335.92	809.10	572.51 B
<b>Moyennes et groupes homogènes</b>	<b>453.24 B</b>	<b>1062.12 A</b>	

Sucre: Teneur en sucres solubles, cc: Capacité au champ.

### A. Cas du blé tendre:

L'analyse de la variance effectuée sur la teneur en sucres solubles à ce niveau d'humidité de la capacité au champ (15%) révèle des différences très hautement significatives entre les cinq génotypes, les deux milieux (témoin et stressé) et l'interaction entre ces deux facteurs analysés. (Tab. 23)

**Tableau 23: Carré moyen de l'analyse de variance effectuée sur la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ, chez les cinq génotypes de blé tendre.**

CM Variables	Milieu (irrigué et pluvial)			Variétés du blé tendre			Interaction milieu × variété		
	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba	DDL	CM	Proba
SUCRE (15% CC)	1	1617172.00	0.000	4	126499.22		4	101489.91	0.000
		<b>THS</b>			<b>THS</b>			<b>THS</b>	

Sucres: Teneur en sucres solubles, CC: Capacité au champ.  
THS: très hautement significatif.

A (100% de la capacité au champ) des différences variétales ont été notées. Les résultats montrent que l'accumulation des sucres solubles est variable selon les génotypes. Les teneurs en sucres les plus faibles sont attribuées aux génotypes Hidhab et Mexipak (318.32 et 371.77  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ ). Quant aux génotypes Florence-aurore, Ain Abid et ARz, des teneurs en sucres élevées leur sont attribuées (539.27, 629.39 et 631.17) respectivement. A travers ces résultats, nous pouvons dire que toutes les variétés se comportent plus ou moins de la même manière pour ce paramètre excepté pour ARz et Ain Abid où les valeurs sont nettement plus élevées.

Au niveau du lot stressé, c'est à dire à (15% de la capacité au champ), une augmentation remarquable de la teneur en sucres solubles a été notée chez la totalité des génotypes de blé tendre. (Fig.29)

Les résultats montrent que Ain Abid, Hidhab et Florence-aurore ont des accumulations conséquentes en sucre (1404.80, 1266.36 et 1162.73  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ ) respectivement. Ceci représente des taux d'augmentation élevés variant entre (53.62% et

74.86%) par rapport au témoin. Arz se considère comme une variété intermédiaire (805.19)  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ . Et enfin Mexipak se classe en dernier avec une valeur faible de 693.73  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ .

Des différences intervariétales ont été mises en évidence pour la teneur en sucres solubles à ce niveau d'humidité. Cinq groupes ont été mis en évidence par l'analyse statistique. Ain Abid se classe en première position suivi de Florence/Aurore, Hidhab, Arz, et Mexipak semblent accumuler le moins de sucres (Tab 24).

**Tableau 24: Classification des moyennes et groupes homogènes établis par le test de NEWMAN-KEULS, pour les cinq génotypes testés du blé tendre pour la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ.**

Paramètre Variétés de blé tendre	Teneur en sucres (15% de cc)		Moyennes et groupes homogènes
	Bloc témoin	Bloc stressé	
Ain Abid	629.39	1404.80	1017.09 A
Florence-aurore	539.27	1162.73	851.00 B
Hidhab	318.32	1266.36	792.34 C
ARz	631.17	805.19	718.18 D
Mexipak	371.77	693.73	532.42 E
Moyennes et groupes homogènes	497.85 B	1066.56 A	

SUCR: Teneur en sucres solubles, cc: Capacité au champ.

A, B, C, D, E: indicier de séparation des groupes homogènes par le test de NEWMAN-KEULS au seuil  $\alpha = 5\%$ .

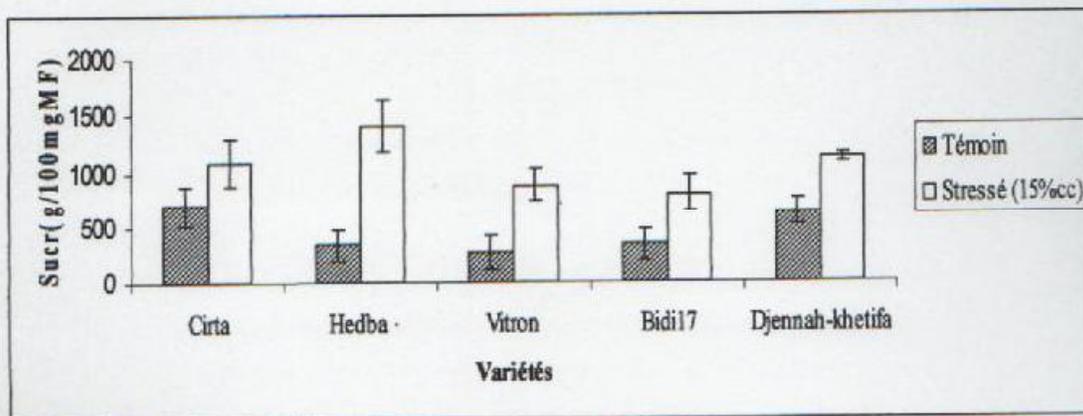


Figure 28 : Variation de la teneur en sucres solubles sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq géotypes testés de blé dur

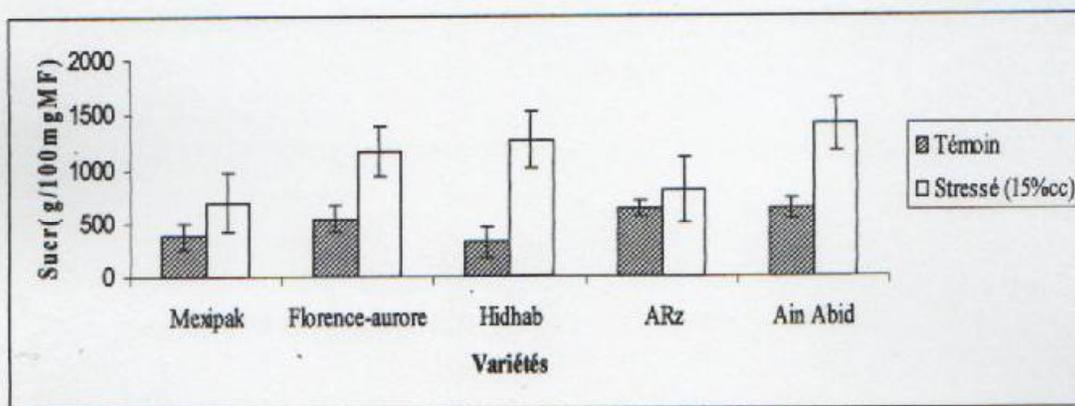


Figure 29 : Variation de la teneur en sucres solubles sous stress hydrique (15% de la capacité au champ) chez les cinq géotypes testés de blé tendre

### **L2.3. Les paramètres d'état hydrique et biochimique et tolérance à la sécheresse :**

#### **A. Cas de blé dur :**

L'examen de la matrice des corrélations, ainsi que le test de signification des corrélations nous permettent de faire apparaître des groupes de variables plus ou moins corrélés. Deux lots importants ont été mis en évidence. Un premier lot constitué de variables corrélées positivement à savoir PO et TRE, AO et SUCR (Annexe.05), et un deuxième lot constitué de variables corrélées négativement à savoir PO et SUCR, TRE et SUCR, PO et AO, TRE et AO. Du moment que le coefficient de corrélation est un indice qu'il faut interpréter avec précaution dans le but de mieux comprendre la structure des différentes variables, nous avons étudié le cercle des corrélations de ces dernières. (Annexe.05)

La première composante apporte (86.90%) de l'information totale. Elle est décrite par toutes les variables étudiées TRE, SUCR PO et AO. Du côté positive de l'axe (1), elle est définie par le potentiel osmotique et la teneur relative en eau (TRE) et du côté négatif du même axe elle est définie par la teneur en sucres solubles (SUCR) et l'ajustement osmotique (AO). Quant à la deuxième composante elle apporte seulement (9.76%) de l'information totale. A cet effet aucune variable n'est représentée sur cet axe (Fig. 30) (Annexe.06)

Pour ce qui est la qualité de la représentation, toutes les variables sont très bien représentées surtout en tenant compte des corrélations au carré. (Annexe.06)

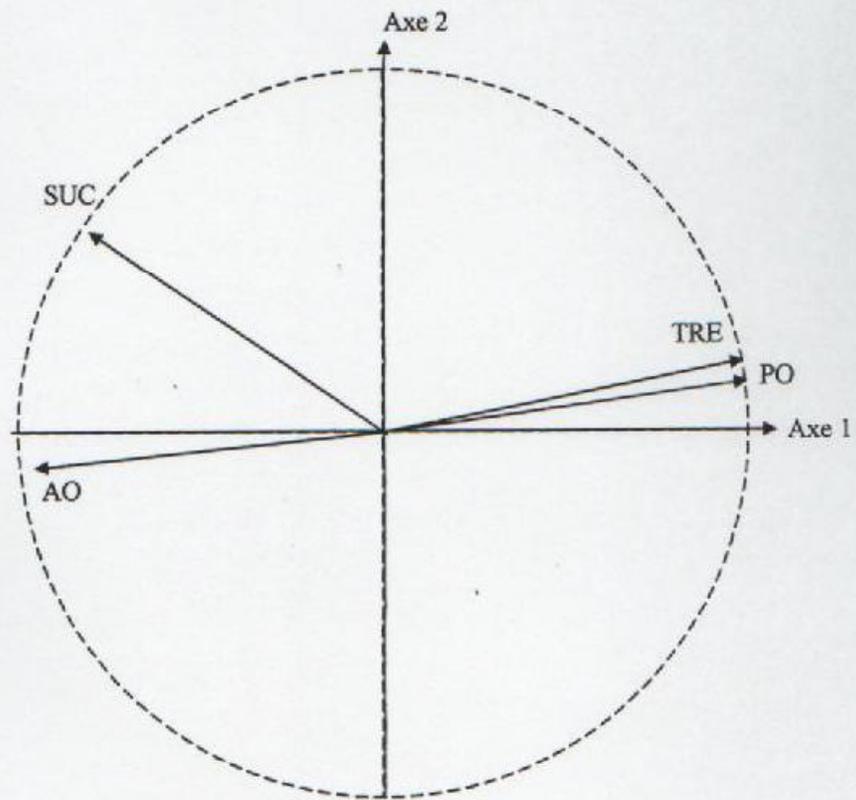


Figure 30 : Cercle des corrélations (paramètres d'état hydrique et biochimique, cas du blé dur)

PO : potentiel osmotique

SUC : sucres solubles

AO: ajustement osmotique

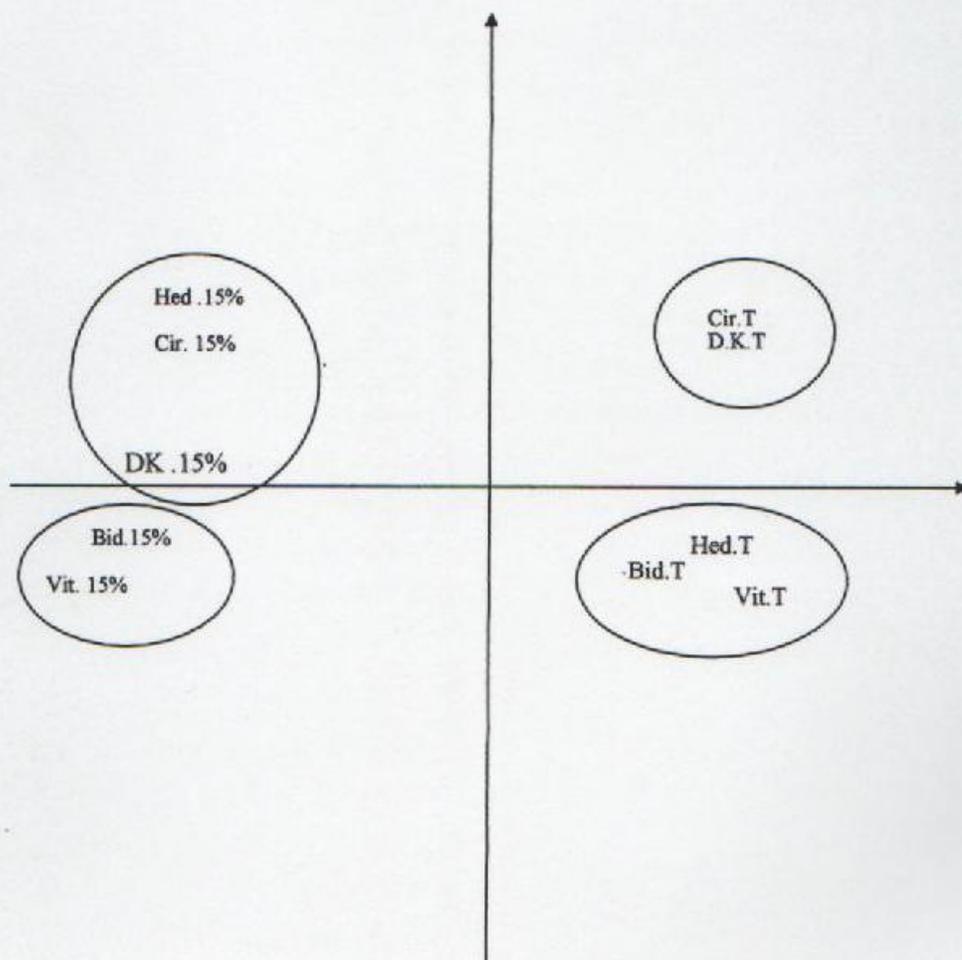
TRE: teneur relative en eau.

**Diagramme des individus :**

L'analyse en composantes principales révèle que la plupart des individus ont contribué à la formation de l'axe (1). Les individus témoins représentés au côté droit du diagramme et les individus stressés représentés au côté gauche du diagramme.

Tous les individus sont très bien représentés sur l'axe (1) et (2), donc l'effet traitement est présent c'est pourquoi l'analyse a séparé les deux lots (témoins et stressé). (Fig. 31)

Nous remarquons selon la répartition que les individus qui se trouvent au côté droite du premier axe, sont ceux ayant les potentiels osmotiques(PO) et les teneurs relatives en eau (TRE) les plus élevées. Par contre les individus qui se trouvent au côté gauche du même axe sont ceux ayant les taux de sucres solubles(SUCR) les plus élevées et les teneurs relatives en eau et les potentiels osmotiques le plus faibles. Par ailleurs, les individus Djennah-Khetifa, Bidi 17 et Virton à 15% de la capacité au champ qui se trouvent au côté droit du diagramme se caractérisent par un ajustement osmotique élevé par rapport aux individus stressés.



**Figure 31 : Diagramme des individus pour les génotypes de blé dur (paramètres d'état hydrique et biochimique).**

**Légende :** Bid (Bidi17), Cir (Cirta), Hed (Hedba), Vit (Vitron), D.K (Djennah-Khetifa),  
**T:** Témoin

**B. Cas du blé tendre :**

L'analyse en composantes principales révèle que le pourcentage d'information donné par l'axe 1 est de 85.36% et celui donné par l'axe 2 est de 11.46%, soit un total de 96.5%. L'interprétation peut donc être limitée à ces deux axes à grand pouvoir discriminant. (Fig. 32)

Sur le premier axe, ce sont les variables : teneur relative en eau (TRE) et le potentiel osmotique (PO) qui montrent la plus forte contribution (coefficients de corrélation égaux à 0.95\*\*\* et 0.96\*\*\* respectivement). La teneur en sucres solubles et l'ajustement osmotique sont corrélées négativement au même axe avec des coefficients de corrélation égaux à ( $r = -0.80$ \*\*\* et  $r = -0.95$ \*\*\* respectivement), quant au deuxième axe il est moyennement corrélée avec la teneur en sucres solubles (SUCR) ( $r = 0.57$ ). (Annexe.07)

Une corrélation positive très hautement significative peut être notée entre la teneur relative en eau (TRE) et le potentiel osmotique ( $r = 0.96$ \*\*\*) et entre l'ajustement osmotique et la teneur en sucres solubles ( $r = 0.71$ \*\*\*). Il existe également des corrélations négatives très hautement significatives entre les variables TRE et AO ( $r = -0.89$ \*\*\*), PO et AO ( $r = -0.90$ \*\*\*). (Annexe.07), (Fig. 32).

Pour ce qui est de la qualité de la représentation, toutes les variables sont très bien représentées en tenant compte des corrélations au carré ( $r^2 > 0,80$ ) (Annexe.08). L'information donnée par le cercle des corrélations montre que l'effet traitement est présent et isole les variables SUCR et AO. Ce sont ces mêmes variables qui ont le plus contribué à la discrimination des individus stressés par rapport aux témoins. La teneur relative en eau (TRE) et le potentiel osmotique caractérisent les individus témoins et l'ajustement osmotique (AO) caractérise les individus stressés. Cela indique par conséquent que les génotypes stressés présentent un ajustement osmotique élevé notamment les variétés Hidhab, Arz et Mexipak

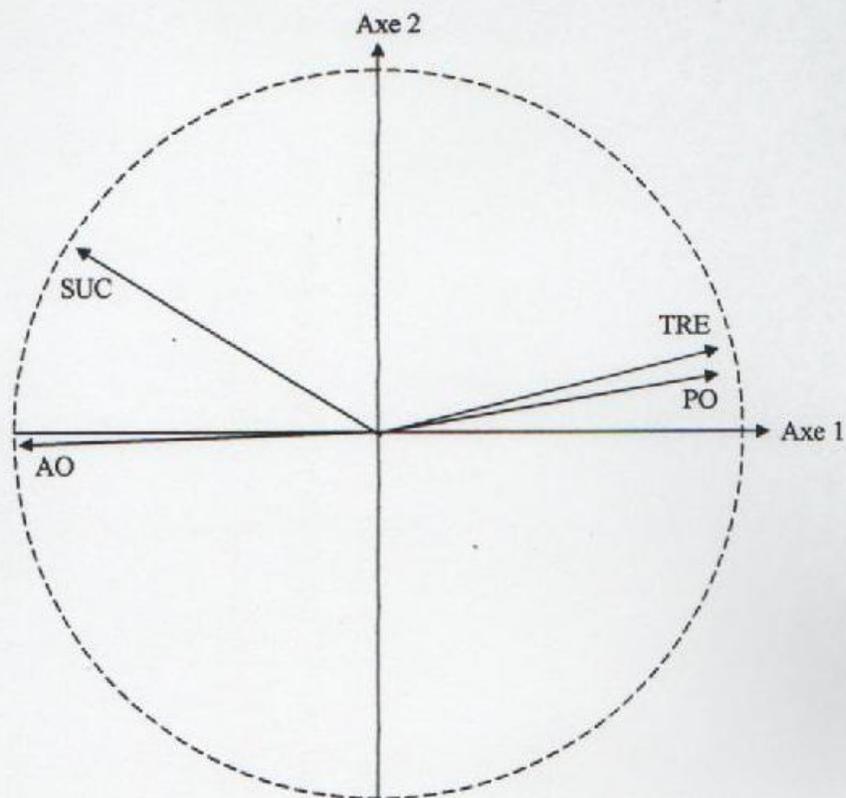


Figure 32 : Cercle des corrélations des paramètres d'état hydrique et biochimique  
(Cas du blé tendre)

PO : potentiel osmotique

SUCR : sucres solubles

AO: ajustement osmotique

TRE: teneur relative en eau

### ➤ Diagramme des individus

L'analyse en composantes principales révèle que la plupart des individus étudiés ont contribué à la formation de l'axe (1). Les individus témoins sont représentés du côté droit du diagramme. Les individus stressés à 15% de la capacité au champ, ont plus contribué dans la formation du côté gauche de l'axe (1).

Tous les individus sont très bien représentés sur l'axe (1) et (2), donc l'effet traitement est présent c'est pourquoi l'analyse a séparé les deux lots (témoin et stressé). (Fig. 33)

Nous remarquons selon la répartition que les individus qui se trouvent du côté droit sont ceux ayant les potentiels osmotiques (PO) et les teneurs relatives en eau les plus élevées. Par contre les individus qui se trouvent du côté gauche du diagramme sont ceux ayant les teneurs en sucres les plus élevées, les potentiels osmotiques et les teneurs relatives en eau les plus faibles. (Fig. 33)

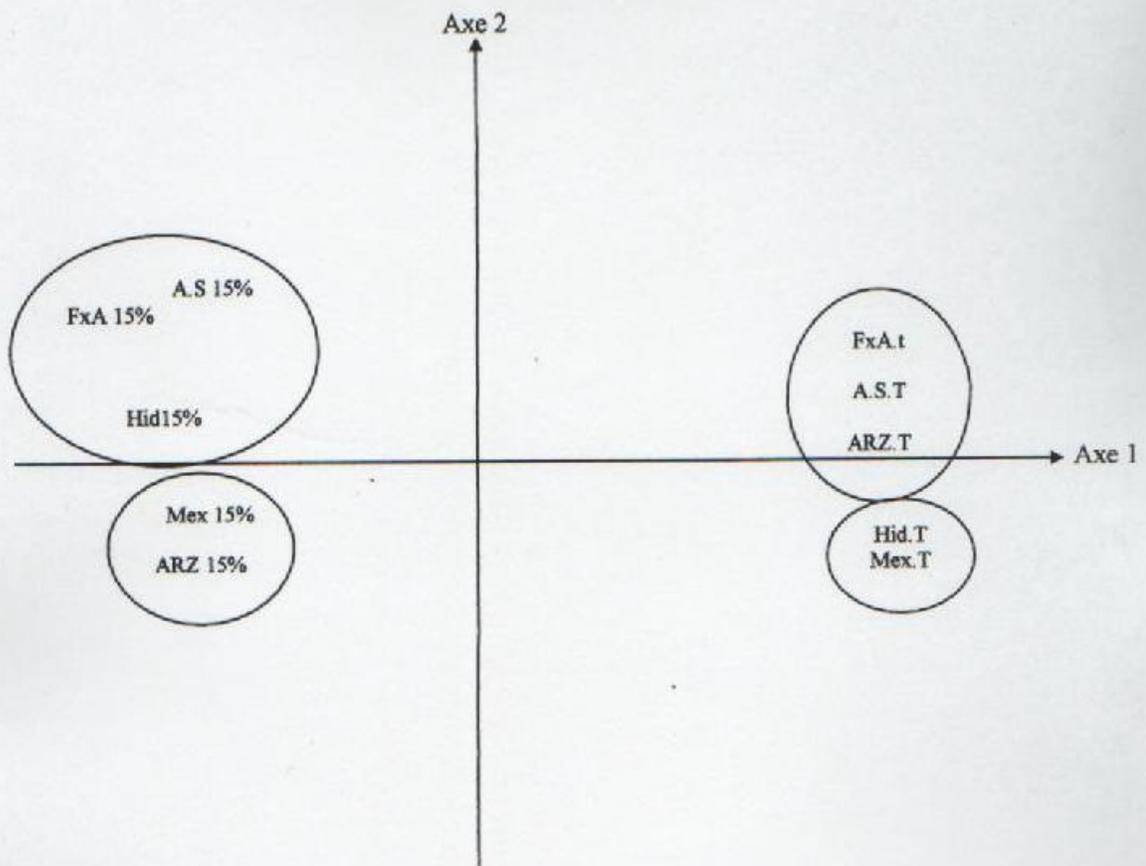


Figure 33 : Diagramme des individus (paramètres d'état hydrique, cas du blé tendre)

Légende : Mex (Mexipak), FXH (Florence-aurore), Hid (Hidhab HD1220), A.S (Ain Abid),  
 T : Témoin

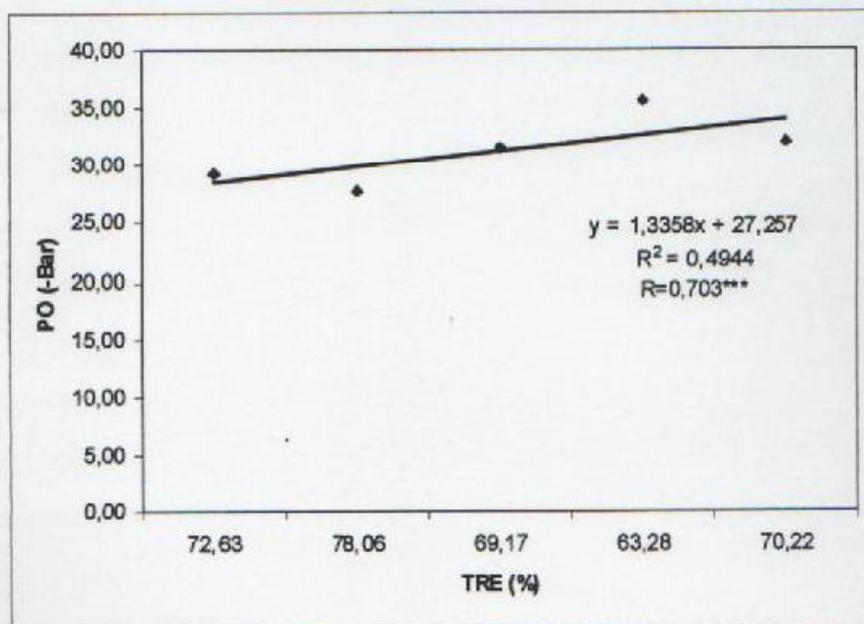


Figure 34: Relation entre la teneur relative en eau et le potentielle osmotique (Cas du blé dur)

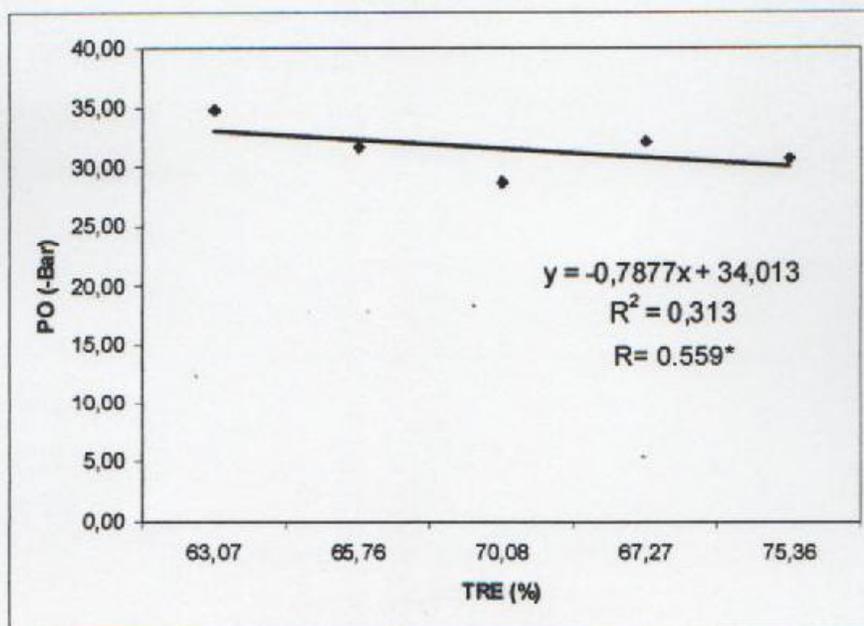


Figure 35: Relation entre la teneur relative en eau et le potentiel osmotique (Cas du blé tendre)

## II. Discussion :

### II.1. Essai au champ :

#### II.1.1. Effet du stress hydrique sur le rendement (avec et sans barbes) :

Les résultats auxquels nous sommes parvenus grâce aux traitements statistiques sur l'ensemble des variétés étudiées dans les deux essais irrigué et pluvial, montrent qu'il existe un effet traitement sur le rendement en grains. En d'autres termes, les variétés de blé dur et de blé tendre ont des comportements significativement différents face au déficit hydrique.

Par ailleurs, l'absence des barbes a provoqué une diminution remarquable sur le rendement en grains. Les barbes semblent avoir un rôle important dans les activités physiologiques et photosynthétiques de la plante et semblent également prendre le relais après la sénescence de la feuille drapeau (Brinis, 1995 ; Kara, 2000). Cependant, parmi le lot des variétés étudiées, seule Florence-aurore est naturellement dépourvue de barbes. Mais en dépit de l'absence de ce caractère constaté chez cette variété, elle enregistre néanmoins un rendement peut élevé par rapport aux autres génotypes pourvus de barbes. Nos résultats semblent contredire ceux de Gate *et al* (1992) qui estiment que la participation des barbes dans le rendement est peut importante chez les variétés de blé tendre par rapport aux variétés de blé dur et que leur présence n'apparaît pas comme un caractère d'adaptation à la sécheresse.

Chez les variétés du blé (essai irrigué), Cirta (variété locale) représente le rendement en grains le plus élevé, suivie par les variétés Djennah-Khetifa et Bidi17 et en dernière position les variétés Vitron et Hedba3. Cirta semble être une variété prometteuse qui a montré sa supériorité en matière de production dans bien des travaux de benbelkacem et kellou (2000).

En revanche, dans les conditions pluviales, c'est la variété Bidi17 (variété locale) qui est la plus productive, suivie par la variété Cirta et Djennah-Khetifa, et en dernière position les variétés (Vitron et Hedba3) qui enregistrent une baisse remarquable du rendement en conditions pluviales. Les faibles rendements en grains obtenus par les variétés et cela locales en conditions favorables montrent en effet que les variétés locales quelque soit l'essai où l'on se place ont montré une nette supériorité. Ces résultats semblent concorder avec les travaux

notamment de Meziani *et al.*, 1997. Ces variétés sont réputées non seulement stables d'un point de vue rendement mais également tolérantes à la sécheresse. A l'inverse, les nouvelles obtentions ou variétés dites à haut rendement sont connues pour leur instabilité et leur performance en matière de productivité en milieu favorable (irrigué) (Bouzerzour, 1990). Les variétés locales sont celles qui s'adaptent le mieux dans les zones semi-arides. Leurs productions sont non seulement stables mais s'adaptent généralement aux aléas climatiques défavorables notamment dans les régions soumises au déficit hydrique. Cette constatation a été confirmée par les travaux de Baldy (1992). Cet auteur ajoute que de telles variétés pourront fournir une production intéressante sauf pendant les années d'extrême sécheresse.

Chez les génotypes de blé tendre, en conditions irriguées, la variété Florence-aurore, donne le meilleur rendement en grains, suivie par Hidhab (HD1220), ARz et Mexipak. Ain Abid présente un cas isolé et affiche par contre le plus faible rendement en grains par rapport à l'ensemble des génotypes étudiés. Cette baisse de performance rencontrée chez cette variété est due probablement à sa tardivité et par voie de conséquence, elle a dû subir les effets très prononcés du stress thermique dans la serre durant la période d'expérimentation. Wardlaw (1970) montre que l'augmentation de la température à plus de 25°C incite la plante à utiliser une partie des composants carboniques trouvés dans le col de l'épi et de la dernière feuille pour résister au stress thermique, ce qui engendre une diminution du rendement.

Sous l'essai pluvial, les génotypes de blé tendre enregistrent une baisse remarquable du rendement en grains par rapport à l'essai irrigué. La variété Florence-aurore s'avère la plus productrice. Ain Abid se positionne en dernier et enregistre le rendement le plus faible. Donc les résultats que nous avons obtenus, concordent avec ceux de Grignac (1981) qui signale que les faibles rendements en grains obtenus en zones semi aride sous climat méditerranéen sont dû surtout au déficit hydrique survenant au cours de la montaison et de la maturation ce qui pourrait affecter la fertilité de l'épi et le poids de mille grains (PMG).

Les faibles rendements en grains obtenus par les variétés locales en conditions favorables, traduisent un faible rendement potentiel et peut s'expliquer selon (Rekika, 1997) par :

- Une production élevée en biomasse.
- Un important développement de leur système racinaire, qui mobilise une part importante des photosynthétas produits.
- Un faible tallage-épis (Rekika, 1997).

### II.1.2. effet du stress hydrique sur le poids de mille grains :

Le poids de mille grains est considéré comme l'une des composantes de rendement qui caractérise les variétés (caractère variétal). L'analyse de la variance concernant ce caractère a montré l'existence d'un effet traitement très prononcé. Egalement les variétés de blé dur et de blé tendre ont des comportements significativement différents face au déficit hydrique concernant ce caractère.

Une comparaison entre le PMG avec barbes et le PMG sans barbes, montre que ces dernières jouent un rôle important dans le remplissage du grain. Il semblerait que les barbes jouent le rôle de relais après la sénescence de la feuille étandard (Brinis, 1995).

Sous l'essai irrigué, les variétés du blé dur, à savoir Cirta et Djenneh-Khetifa présentent les PMG les plus élevés, suivies des variétés Hedba3 et Bidi 17, la variété Vitron se classe en dernier. Ce résultat nous autorise à émettre l'hypothèse selon laquelle le poids de mille grains est un de caractère variétal. Aussi, les spécialistes de la question s'accordent à dire que les variétés locales présentent généralement un poids de mille grains élevé par rapport aux variétés introduites.

En revanche, sous l'essai pluvial, nous avons noté une baisse substantielle du PMG chez toutes les variétés. Ceci est dû probablement au fait que ces variétés (locales) ont un cycle de vie long et par voie de conséquence les géotypes passent une longue durée dans la phase végétative, et partant de là, la période du remplissage du grain sera compromise par manque de précipitations (mois de mai à juin). Ces résultats semblent concorder notamment avec ceux de Geslin et Jonard (1948) et de Paquet (1968) sur le blé. Ces auteurs signalent qu'une température de 30°C pendant deux jours uniquement suffit à provoquer l'échaudage particulièrement au stade grains laitux en conditions de sécheresse.

Chez les variétés du blé tendre, les variétés, Hidhab et Florence-aurore présentent les valeurs du PMG les plus élevées. En conditions pluviales, il y a eu une baisse du PMG chez ces variétés mais à des degrés différents. En effet, les valeurs observées oscillent entre un minimum de PMG chez la variété Ain Abid et un maximum chez la variété HD1220. Ces faibles valeurs sont le résultat des effets très prononcés du stress thermique qui a caractérisé cette campagne agricole (campagne agricole 2005). Selon couvreur (1985) une

évapotranspiration associée à des températures élevées après la réalisation du stade épiaison et au cours de la période de remplissage du grain induisent une forte réduction du poids moyen de mille grains. La variété HD1220 s'avère en effet une variété productive, son PMG est élevé. Hooker *et al.*, 1983 ont montré qu'il y a une corrélation positive significative entre le PMG et le rendement en grains.

Nous pouvons alors dire que le poids de mille grains est un caractère variétal certes mais il peut cependant être affecté particulièrement par le stress hydrique, thermique et l'absence des barbes.

### **II.1.3. Les paramètres agronomiques et morphologiques de l'essai au champ :**

En vue de procéder à une interprétation tenant compte de l'ensemble des caractères agronomiques étudiés, une analyse multi variée a été effectuée sur les deux essais (irrigué et pluvial).

Dans le cas du blé dur, la position des variables sur les axes permet d'exprimer l'effet traitement sur les individus, les variétés Cirta, Hedba3, Hoggar, Bidi17 et Djennah-Khetifa en conditions irriguées, se caractérisent par une biomasse, un nombre d'épi par mètre carré, une longueur de l'épi, un nombre de talles par mètre carré et un nombre de talles par plante plus élevé. Aussi ces mêmes variétés présentent le PMG, le rendement en grains, le nombre de plante par mètre carré, la surface foliaire, le col de l'épi, la hauteur de la plante et la longueur des barbes élevés. En conditions pluviales, les valeurs de ces variables citées au dessus sont nettement faibles. Selon Rekika, 1997 cette diminution est liée à une réduction du tallage-épis et du nombre de grains. Le stress hydrique dans notre cas a affecté fortement la production.

Par ailleurs, dans notre étude, les variétés locales ont un rendement en grains une biomasse, une hauteur de la plante et un nombre de talles par plante élevé. Ce résultat obtenu semble confirmer celui de Ehdiaie et Waines, 1993 qui stipulent que la production en biomasse élevée chez les blés locaux est souvent liée à une période de croissance longue (nombre des jours entre le semis et la récolte), une taille élevée des plantes et un nombre de talles par plante élevé.

Dans notre étude expérimentale également, nous avons obtenus que la surface foliaire, le PMG et le col de l'épi sont corrélés avec la production en biomasse (coefficients de corrélation égaux à 0.53\*, 0.59\*, 0.57\* respectivement) et la production en grains (coefficients de corrélations de 0.68\*\*, 0.70\*\*\* et 0.71\*\*\* respectivement). Ces caractères peuvent être considérés comme des critères de sélection et semblent corroborer ceux d'Alexander *et al.*, (1984), Saadalla (1994), Valentine (1979), Acevedo et Cecearalli (1989b ; Nacht et Jerrah (1986), Whan *et al.*, (1981), Saadalla (1994), Rekika (1997).

Dans le cas du blé tendre, la position des variables sur les axes permet d'exprimer l'effet traitement sur les individus. En conditions irriguée, Les variétés Mexipak, Florence-aurore Hidhab (HD1220), Arz et Ain Abid se caractérisent par une biomasse aérienne, un nombre de grains par épi, un rendement en grain, un poids de Mille grains, un col de l'épi, une hauteur de la plante, un nombre de talles par mètre carré et une surface foliaire élevés. Dans l'essai pluvial, nous assistons à l'inverse c'est à dire une baisse remarquable de tous ces caractères. De même, en condition de déficit hydrique, on note chez ces variétés une réduction importante du nombre de talle par mètre carré. Cette diminution est du même ordre que la diminution du rendement en grain. Donc le déficit hydrique retarde non seulement la date de la levée mais provoque également au stade tallage l'arrêt ou la diminution de la vitesse d'émission des talles pendant les premières semaines de la montaison. Le déficit hydrique accentue également le taux de régression des talles et augmente le taux d'avortement des fleurs lorsqu'il se produit tardivement (Gate, 1995).

Dans notre étude et dans les mêmes conditions expérimentales, nous avons relevé une diminution pour le nombre de grains par épi. Les plus faibles valeurs de ce paramètre sont attribuées aux variétés Mexipak et Florence-aurore. A cet effet, (Fussel *et al.*, 1991) mentionnent que l'aptitude d'une variété de céréale à produire plus de grains par épi et par mètre de surface est associée à sa tolérance à la contrainte hydrique. Ces géotypes semblent être sensibles à cette contrainte.

La productivité est généralement expliquée comme étant la résultante entre le rendement en grains et ses composantes, alors que l'adaptation comme mentionnée dans la revue bibliographique, semble être liée à certains caractères morphologiques comme la hauteur des pailles, la longueur du col de l'épi et la longueur des barbes. A cet effet, des

corrélations positives hautement significatives ont été notées particulièrement entre le col de l'épi et la hauteur de la plante et le rendement en grains (coefficients de corrélations égaux à 0.81\*\*\*, 0.69 \*\* respectivement). Le rendement en grains dans ce cas de figure est corrélé positivement avec la hauteur de la plante, le col de l'épi et la phénologie. Nos résultats semblent corroborer ceux de Berger et Planchon (1990) qui trouvent que la hauteur des plantes notamment celles des variétés locales est associée à la phénologie. De même et toujours dans le même ordre d'idées Nachit et Jarrah (1986) mentionnent également qu'une paille relativement haute confère à la plante une certaine plasticité en conditions de stress hydrique. Dans la présente étude les possibilités de transfert des assimilés stockés dans le col de l'épi des génotypes à paille haute aident probablement au remplissage des grains sous des conditions de croissance assez limitantes en fin de cycle.

Il est connu que les variétés améliorées se caractérisent par des rendements élevés par rapport aux variétés locales considérées comme étant à faible productivité. Osmanzai *et al.*, (1987) et Acevedo (1991). Dans notre cas la variété Florence-aurore enregistre un rendement élevé dans les deux essais (pluvial et irrigué). L'obtention d'une haute productivité comme l'a mentionné Tardin *et al.*, 1993 chez les céréales est tributaire à une réduction de la production de biomasse végétative (racines, tiges, feuilles). Si la réduction de la surface des feuilles contribue à la réduction des pertes en eau et donc à une meilleure tolérance à la sécheresse elle contribue également à un développement racinaire adéquat (Benlaribi *et al.*, 1990).

#### II.1.4. L'indice de sensibilité

Notre étude concernant ce critère révèle des différences génotypiques. Ces différences conduisent à des interprétations diverses, car les valeurs très élevées de l'indice de sensibilité caractérisent les génotypes rustiques à faible productivité que les génotypes à rendement stable élevé (Belhassem *et al.*, 1995).

Parmi les génotypes de blé dur, l'indice de sensibilité le plus élevé est obtenu la variété Bidi17 (1,18). Il existe par ailleurs une différence remarquable entre les moyennes de rendement sous l'essai pluvial et irrigué. Le rendement relevé sur l'essai irrigué est nettement

supérieur. Par conséquent, il semble que dans ce cas de figure la variété Bidi17 est la plus sensible.

Les variétés, Vitron et Djenneh Khetifa sont moins sensibles à la sécheresse que la variété Bidi17. Ces génotypes sont considérés comme précoces et cette précocité leur confère probablement cet avantage (stratégie d'évitement).

Les génotypes Cirta et Hedba3 enregistrent les moyennes les plus faibles de l'indice de sensibilité ceci s'explique par le fait que ces deux variétés locales sont cultivées dans les zones semi-arides (plaines intérieures de l'est). Par conséquent, elles s'adaptent plus aisément aux conditions climatiques réputées rudes dans les régions Constantinoises.

De même, il existe une corrélation positive très hautement significative ( $R = 0.82^{***}$ ) entre le rendement de ces variétés et l'indice de sensibilité. Les variétés les plus productives sont généralement les plus sensibles au déficit hydrique (Kara, 2000), (dans notre étude c'est Bidi17). Ce résultat semble confirmer l'hypothèse selon laquelle les variétés les plus stables sont fréquemment celles qui présentent les moins bons rendements en conditions favorables (Fischer et Wood, 1979).

Chez les génotypes de blé tendre ce sont les variétés Mexipak Florence-aurore qui enregistrent l'indice le plus élevé. Elles sont par conséquent sensibles à la sécheresse.

Les génotypes Hidhab et Arz sont précoces et enregistrent des valeurs moyennes de l'indice de sensibilité, donc apparemment moins sensibles à la contrainte hydrique. A cet effet Oosterom *et al.*, (1993) ont montré qu'en conditions de sécheresse, la précocité à l'épiaison est positivement corrélée au rendement en grains. Néanmoins ce constat n'est cependant d'aucune utilité pratique en sélection en particulier lorsqu'il s'agit de régions où le gel tardif persiste dans la durée.

La variété Ain Abid est réputée tardive. Son indice de sensibilité est faible. Sa productivité est aussi faible. Cette constatation qui semble a priori contradictoire à notre avis peut s'expliquer par le fait que sa date d'épiaison a été relativement longue et donc cette variété a dû séjourner beaucoup plus longtemps en serre par rapport aux autres génotypes.

Monneveux et This, (1995) ont montré que les hautes températures qui surviennent après la floraison ont des effets négatifs sur le stockage des assimilés et la qualité des grains. Le principal préjudice à notre sens c'est l'échaudage au cours du remplissage du grain. Les fortes températures ont un effet néfaste sur le poids du grain. En tout état de causes, les génotypes précoces évitent le plus souvent cette contrainte ayant trait aux fortes chaleurs. (Mauret *et al.*, 1990).

## **II.2. Essai aux conditions semi contrôlées**

### **II.2.1. Effets du stress hydrique sur la teneur relative en eau**

Notre étude concernant la TRE a révélé une grande variabilité génotypique et aussi une grande variabilité pour l'interaction génotype  $\times$  milieu. Ces résultats trouvent leur confirmation dans les travaux de Shonfeld *et al.*, 1988 ; Matin *et al.*, 1989 et Diazperez *et al.*, 1995 qui suggèrent que les génotypes qui arrivent à maintenir une TRE élevée malgré un stress sévère sont des génotypes tolérants. Dans notre étude c'est la variété Hedhba 3 qui se distingue par une valeur de TRE élevée pour le cas des blés durs et les deux variétés Ain Abid et Hidhab pour les blés tendres.

A un niveau d'humidité égal approximativement à 15% de la capacité au champ, Les variétés de blé dur accusent une diminution importante de la teneur relative en eau par rapport au bloc témoin. La variété Hedhba 3 semble la moins affectée par cette contrainte suivie de Cirta et Vitron et Djennah-Khetifa et en dernière position la variété Bidi17 qui est la plus affectée par cette contrainte. Rascio (1985) note que les variétés sensibles au déficit hydrique se caractérisent par une teneur relative en eau faible.

Parmi les génotypes de blé tendre, on note le même constat que celui rencontré chez les blés durs. Les deux variétés Ain Abid et Hidhab demeurent les variétés les moins affectées face au déficit hydrique. Mexipak est par contre sensible. A noter que l'ordre de classement des variétés reste inchangées.

On peut dire que la teneur relative en eau varie selon l'humidité du sol et le degré de maintenir l'eau dans les tissus de la plante. Elle dépend aussi de l'équilibre entre l'absorption

et la transpiration (Ftiti, 2003). Dans notre expérimentation concernant les géotypes de blé dur, c'est la variété Hedba3 qui se caractérise par des valeurs élevées de la TRE. Pour le blé tendre, c'est la variété Ain Abid qui se caractérise par des valeurs élevées de la TRE et de ce fait, ces deux variétés semblent tolérantes.

La TRE est un bon critère de la tolérance à la sécheresse.

### II.2.2. Effet du stress hydrique sur la teneur en sucres solubles :

Nos résultats concernant l'accumulation des sucres solubles ont révélé une grande variabilité génotypique. Une augmentation des sucres a été relevée chez différents géotypes de blé tendre et dur (Eljaafri *et al.*, 1993 ; Brinis, 1995 ; Kameli et Lösel, 1995) sous condition de déficit hydrique et cette augmentation était la plus marquée chez les géotypes les plus tolérants à la déshydratation (Bamoun, 1997).

Au niveau du stress bas (15% d'humidité de la capacité du champ), les variétés du blé dur accusent une augmentation importante de la teneur en sucre solubles. Hedba3, Djennah-Khetifa et Cirta, sont les plus tolérantes, contrairement à Bidi17 et Vitron considérés comme des géotypes sensibles qui accumulent des valeurs plus basses par rapport aux variétés précédentes.

Parmi les géotypes de blé tendre, les variétés Ain Abid, Hidhab et Florence-aurore, enregistrent les taux des sucres les plus élevés, donc se sont des géotypes tolérants d'après l'hypothèse de Bamoun (1997), suivie de Arz considéré comme une variété intermédiaire, par ailleurs la valeur la plus faible des sucres est enregistrée chez la variété Mexipak.

Selon Hare *et al.*, (1998), l'enrichissement en sucres solubles a une grande incidence sur le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante telles : la photosynthèse, translocation et respiration. De même, Cortes et Sinclair (1987) ; Geigenburger *et al.*, (1997) ont attribué l'augmentation des sucres solubles à une dégradation des réserves amylacées, suite à leur conversion rapide en glucose.

### II.2.3. Les paramètres d'état hydrique et biochimiques et tolérance à la sécheresse :

Notre étude concernant les variables : Teneur relative en eau, potentiel osmotique, ajustement osmotique et teneur en sucres solubles a révélé une grande variabilité génotypique pour ces caractères (Karou, 1995).

A l'issu de notre travail, le stress hydrique dans son ensemble a induit une baisse substantielle dans les relations hydriques (potentiel osmotique et teneur relative en eau) (Medrano *et al.*, 1992 ; Laarbi *et al.*, 2000), et une augmentation des sucres solubles. L'analyse en composante principale (ACP) a permis de décrire les paramètres du statut hydrique et biochimique en réponse au stress hydrique et dévaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation et maintenir une turgescence cellulaire (Eljaafari, 2000).

Les corrélations obtenues entre la teneur en sucres solubles et le potentiel osmotique suggèrent que plus la teneur en sucres totaux augmente, plus le potentiel augmente, et inversement. L'abaissement du potentiel osmotique face au déficit hydrique est probablement associée à une faible accumulation des sucres solubles (Virgona et Barlow, 1991 ; Rascio *et al.*, 1994 ; Kameli et Lösel, 1995 )

Plusieurs chercheurs (Hurbac & Vieira da Silva, 1980 ; Benlaribi & Monneveux ; 1988), ont constaté que les géotypes qui ont une meilleure aptitude à conserver une teneur relative en eau assez élevée sont ceux qui accumulent plus de sucres solubles et à maintenir la végétale en vie plus longtemps.

Dans le cas du blé dur, on trouve des corrélations positives très hautement significatives entre les variables notamment le potentiel osmotique et la teneur relative en eau ( $r = 0.98^{***}$ ) et entre l'ajustement osmotique et la teneur en sucres solubles ( $r = 0.71^{***}$ ). Par contre il y a des corrélations négative très hautement significative entre les variables : TRE et l'ajustement osmotique ( $r = -0.90^{***}$ ), la TRE et la teneur en sucres solubles ( $r = -0.69^{***}$ ), le potentiel osmotique et l'ajustement osmotique ( $r = -0.91^{***}$ ) et le potentiel osmotique et les sucres solubles ( $r = -0.72^{***}$ ).

Suite à ces corrélations nous remarquons que la cause principale de l'augmentation des sucres solubles est le manque d'eau d'une part et la baisse du potentiel osmotique d'autre part. (Nouri, 2000)

Les géotypes Hedba3, Djennah-Khetifa et Cirta semblent enregistrer une augmentation des sucres élevées, une teneur relative en eau élevée, et une réduction du potentiel osmotique, Virton accuse presque les mêmes résultats que Cirta.

Le géotype Bidi17 enregistre des valeurs de TRE et d'ajustement osmotique faibles, alors que le géotype Cirta représente une accumulation des sucres élevés au cours du stress hydrique, malgré l'ajustement osmotique est faible.

Ces résultats semblent concorder avec beaucoup de travaux trouvés et en particulier celui de (Rodriguez *et al.*, 1993) selon lesquels la capacité d'une plante à s'ajuster automatiquement ne peut être évaluée de manière directe suite à un abaissement du potentiel osmotique (PO) ou à un maintien d'une teneur en eau plus importante.

Dans le cas du blé tendre, une corrélation positive très hautement significative a été notée entre le potentiel osmotique et la teneur relative en eau ( $r = 0.96^{***}$ ) et entre l'ajustement osmotique et les sucres solubles ( $0.71^{***}$ ), par contre il y a une corrélation négative très hautement significative entre teneur relative en eau et l'ajustement osmotique ( $r = -0.90^{***}$ ) et entre le potentiel osmotique et l'ajustement osmotique ( $r = -0.89^{***}$ ).

On trouve que les géotypes, Ain-Abid et Hidhab semblent enregistrer une augmentation plus importante des sucres solubles, une teneur relative en eau élevée et une réduction du potentiel osmotique. Florence-aurore et ARz accusent presque les mêmes résultats que Hidhab et Ain Abid.

Le géotype Mexipak enregistre de faibles valeurs de la teneur relative en eau, avec une accumulation des sucres solubles faibles par rapport aux autres géotypes précédents.

De ce fait on trouve que les variétés Mexipak , ARz et Hidhab (HD1220) semblent donner des valeurs d'ajustement osmotique élevées au cours du stress sévère (à 15% de la cc), malgré l'abaissement de la teneur relative en eau, alors que ces deux variétés présentent une bonne capacité d'ajustement osmotique, ceci est probablement dû à une accumulation de certaines solutés au niveau de leurs cellules (sucres totaux) ces résultats semblent aller dans le même sens que ceux de (Morgan *et al.*, 1986 ), suggérant un rôle primordial de l'ajustement osmotique dans la tolérance à la sécheresse.

### Conclusions générales et perspectives :

L'étude a porté sur les variations des caractères morphophysologiques, agronomiques et biochimiques d'un groupe de blé dur et de blé tendre pour la tolérance à la sécheresse en zone semi-arides (Constantinois).

L'expérimentation a été réalisée sur deux sites (ELKhroub et Chaab Errsas) ces derniers accusent des périodes de sécheresses de fin de cycle soit une pluviométrie allant de 61.4 à 13.9 mm entre le mois d'avril à juin. Ces aléas climatiques rencontrés ont perturbé fortement le rendement des deux espèces de céréales. L'intérêt de cette étude est de pouvoir évaluer le potentiel de ces espèces pour l'amélioration de la tolérance au déficit hydrique

La première partie de l'étude a permis de décrire des comportements variés vis à vis du déficit hydrique. Ceci nous a montré la différence du comportement morphologique et physiologique des nouveaux cultivars par rapport aux anciennes variétés chez les deux espèces (vitron, Cirta, Hedba, Bidi17 et djennah Khetifa en blé dur ; ARz, Mexipak, Hidhab et Ain Abid avec Florenc- aurore pour le blé tendre). Il apparaît nettement que l'adaptation aux conditions de sécheresse peut être recherchée :

A travers un maintien de la teneur relative en eau et un accroissement de la capacité d'ajustement osmotique qui permet la turgescence face à un déficit hydrique, l'ajustement osmotique, peut être évalué facilement à travers les mesures du potentiel osmotique et la teneur relative en eau.

Nos résultats conduisent à émettre les conclusions suivantes :

-La teneur relative en eau (TRE) est un bon critère de la tolérance au déficit hydrique, dans le cas du blé dur c'est la variété Hedba3 qui se caractérise par une valeur élevée de la teneur relative en eau. Pour le blé tendre c'est la variété Ain-Abid et la variété Hidhab, qui sont caractérisés par des valeurs élevées de la teneur relative en eau. De ce fait ces variétés de blé semblent tolérantes.

accusent une augmentation très nette de ces caractères et donc nous suggérons que leurs utilisation dans d'éventuels programmes de recherches et de sélection.

Dans le cas du blé tendre, la variété Florence-aurore enregistre le rendement le plus élevé suivi de Hidhab, ARz et Mexipak. Ain Abid se classe en dernier avec un rendement faible.

Les barbes ont une contribution positive vis-à-vis du rendement en grains et des autres composantes. Elles s'avèrent avoir un rôle notamment dans le remplissage du grain et prennent servir de relais après la sénescence de la feuille étendard.

A cet effet il serait utile et intéressant qu'une approche pluridisciplinaire regroupant des connaissances (techniques, agronomiques, génétiques) soit mise en place dans le but de vérifier les résultats trouvés en mettant en place plusieurs sites pédoclimatiques à travers le territoire national afin d'étudier la stabilité de rendement et de là identifier les variétés ou génotypes performants.

## Références bibliographiques

- Abdelguerfi A. et Laouar M. (2000).** Les ressources génétiques des blés en Algérie passé, présent et avenir, *symposium blé 2000*: 133-148.
- AL Dakheel A.J. (1989).** Osmotic adjustment: A selection criterion for drought tolerance. *Faculty of Agriculture, Aleppo: University of Syria* ; pp1-28.
- Acevedo E. Ceccarelli S. (1989a).** Role of a physiologist-breeded in a breeding program for drought resistance condition. In drought resistance in cereals, F.W.G. Baker (Ed), *walling ford, U.K.*, 117-119.
- Acevedo E. Ceccarelli S. (1989b).** Role of a physiologist-breeded in a breeding program for drought tolerance conditions. In l'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse, *cahiers agriculture* 1995, 4: 251-61.
- Acevedo E. (1991).** Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environment. Use of yield, morphological and physiological traits. In *Physiological-Breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments*. Montpellier France, 3-6 July 1989, *colloques INRA N° 55*: 273-305.
- Acevedo E. (1987).** Assessing crop and plant attributes for cereal improvement in winter -limited Mediterranean environment .In: *Drought tolerance in winter cereal*, John Willy (Ed.), New York, 303-320.
- Acevedo E., Ferers E., Hsio T.C., et Henderson D.W. (1979).** Diurnal growth trends, water potential and osmotic adjustment of maize and sorghum leaves in the field. *Plant Physiol* , 64: 476-480
- Ackerson R.C. (1981).** Synthesis and movement of abscisic acid in water stressed cotton leaves. *Plant physiol*, N° 67: 609-613.
- Anonyme (2000).** Le blé dur en Afrique du Nord. *Bulletin Bimensuel, Agriculture et Agroalimentaire Canada*, Vol 13 N° 11.
- Alexander W.L., Smith E.L., and Dhanasobhan C. (1984).** A comparison of yield and yield component selection in winter wheat. *Euphytica*, 33: 953-961.

**Anderson W.H., Gellerman J.L. and Schlenk H. (1984).** Effects of drought on phytol wax esters in *Phaseolus* leaves. *Photochemistry*, **23**, 2695-2696.

**Ashima S.G., and berkowitz G.A., (1987).** Osmotic adjustment symplast volume, and non stomatally mediated water stress inhibition of photosynthesis in wheat. *Plant Physiol.* **85**: 1040-1047.

**AlHakimi A., Monneveux P., Nachit M., (1994).** The use of alien tetraploid wheat species to improve drought tolerance in durum wheat. In : *Proceeding of the genetic resources section meeting of Eucarpia*, F. Balforier and M.R. Perrtant (Eds.), Clermont-Ferrand, 15-19 mars 1994, 171-186.

**Ali Dib T., Monneveux P. (1992).** Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. J. caractères morphologiques d'enracinement *Agronomie*, **12**: 371-379.

**Anderson W.H., Gellerman J.L., and Schlenk H. (1984).** Effect of drought on phytol wax esters in phaseolus leaves. *phytochemistry*, **23** : 2695-2696.

**Araus J.L., Alegre L., Ali Dib T., Benlaribi M., and Monneveux P. (1991).** Epidermal and stomatal conductance in seedlings of durum wheat landraces and varieties, In: *physiology breeding of winter cereals for stressed mediterranean environment* (E. Acevedo, A.P. Conesa,

**Araus J.L., Tapia L., and Alegre L. (1989).** The effect of changing sowing date on leaf structure and gas exchange characteristics of wheat flag leaves grown under Mediterranean climate conditions, *journal of experimental botany*, vol. 40, N° 215 : 639-646.

**Belhassem E., This D., et Monneveux P., (1995).** L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. *Cahiers Agricultures* 4: 251-261.

**Baldy C. (1992).** Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. In: *tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne diversité génétique et amélioration variétale*, Ed Monneveux P. et Bensalem M, *les colloques* N° 64: 83-99.

- Bamoun A. (1997).** Contribution à l'étude de quelques caractères morphophysologiques, biochimiques et moléculaires chez des variétés de blé dur (*Triticum turgidum esp durum.*), pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'ouest algérienne. Thèse de Magister p.1-33.
- Begg J.E. and Turner M.E. (1976).** Crop water deficits, *Adv. Agron*, N° 28: 161-217.
- Belaid A. (2000).** The economics of durum wheat production in WANA, past trends and future prospects, *symposium blé 2000*, 49-64.
- Belaid D. (1986).** Aspect de la céréaliculture algérienne *O.P.U. Alger*, 207 p.
- Benbelkacem A., et Kellou K. (2000).** Evaluation du progrès génétiques chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum, Desf.*). *Symposium blé 2000*, 123-131.
- Blum A. (1989a).** Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Sci*, 29: 230-233.
- Blum A. (1989b).** Breeding methods for drought resistance. *Plant stress, Cambridge University Press*, 1989, pp197-233.
- Benlaribi M. (1990).** Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) études des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Constantine, 164 p.
- Benlaribi M. Monneveux P., Grignac P. (1990).** Etude des caractères d'enracinements et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum Durum Desf.*). *Agronomie.*, 10,305-322.
- Benlaribi M., Monneveux P. (1988).** Etude comparée du comportement en situation de déficit hydrique de deux variétés Algériennes de blé dur (*Triticum durum Desf.*) adaptées à la sécheresse *C.R. Agric, Fr*, N° 74 (5): 73-83.
- Bensid A. (1995).** Possibilités d'application des techniques de l'aridoculture aux céréales à paille dans la région d'Oum El-Bouaghi, *Communication présentée aux journées scientifiques du 25 et 26 Avril 1995 organisée par la Wilaya d'Oum El-Bouaghi.*

- Bengston G., Larson S., and Lilienberg C. (1978).** Effect of water stress on cuticular transpiration rate and amount and composition of epicuticular wax in seedling of six ont varieties. *Physiol. Plant*, **44**: 319-324.
- Berger M., Planchon C. (1990).** Physiological factors determining yield in bread wheat, effects of dwarfing genes. *Euphytica*, N°51: 33-39.
- Bidinger F.R., Mahalakshmi V., Talukdar B.S., Alagarswamy G. (1987).** Improvement of drought resistance in millet. In: Drought resistance in crop plants with Euphasis on rice, international rice research institute, *los banos, Philippines*, 1987, 357-365.
- Barrs H. (1968).** Determination of deficit in plant tissues. In: *water deficit and plant growth* .T.T.Koslowski (ed.) *Academic Press* .New York, pp235-368.
- Basnayak J., Cooper M., Henzel R., and Ludlow M.M. (1996).** Influence of rate of development of water deficit on the expression of maximum osmotic adjustment and desiccation tolerance in three-grain sorghum lines. Elsevier science B.V., *Field Crops Research*, **49**: pp 65-76.
- Blum A. (1988).** Drought resistance. In: *Plant breeding for stress environnements*. Boca Racaton, Florida, Ed. C .R.C. Press, Inc **29**: 223p.
- Blum A. (1996).** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant growth regulation*, **20**(2): 135-148.
- Blum A., Gozlan G., et mayer J. (1981).** The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding gremplasm. *Crop Sci* , **21**: 495-499.
- Blum A., Mayer J., Golan G. (1983).** Associations between plant production and some physiological components of drought resistance in wheat. *Plant Cell Environ*, 1983, **6**: 219-25.
- Boiffin J., Caneill J., Meynard J. M., Sebillote M. (1981).** Elaboration du rendement et fertilisation azotée du blé d'hiver en champagne crayeuse. In: *Protocole et méthode d'étude d'un problem technique régionale*. *Agon* **1** (7): 549-558.

- Brisson N. (1996).** Bien remplir le grain. Sécheresse : la tolérance variétale. *Colloques perspectives blé dur*. Toulouse Labège. Nov. 1996.
- Boulassel A. (1998).** Utilisation rationnelle de l'irrigation d'appointe sur deux variétés de blé dur (waha et ascade65). *Thèse de Magister ENASA EL-Harach Alger*.
- Bouzerzour H. (1990).** Caractéristiques des orges adaptés aux hauts plateaux setifiens. *Céréaliculture*, 28: 9- 15.
- Brinis L. (1995).** Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morphophysiologiques et biochimiques de traits d'adaptations et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum*. Desf). *These de Doctorat d'Etat en Sciences*, 156 pp.
- Brown R.W. and Collins J.M. (1980).** Ascreen caged thermocouple psychrometer and calibration chamber for measurments of plants and soil water potential. *Agronomy Journal*, 72: 851-854.
- Callot G. (1984).** Structure pédologique et fonctionnement du sol en relation avec la production végétale. *Analyse du niveau parcellaire*. *Extraits de Science du Sol-Bulletin de l'A.F.E.S N°2*, 167-181.
- Chopart J.L. (1984).** Développement racinaire de quelques espèces annuelles cultivées en Algérie de l'Ouest et résistance à la sécheresse. *Les Colloque, la sécheresse en zone intertropicale*, Cirao *et al*, Paris- France, 145-154.
- Clark and Mac-Graig. (1982).** Excised leaf water retention capability as an inducator of drought resistance of tricum genotypes, *Can J, Plant Sci*, 62: 571-576.
- Clark J.M. (1986).** Effect of leaf rolling in leaf water loss in *Triticum ssp*. *Can J, Plant Sci*, 66: 885-891.
- Clark J.M., and Richards R.A. (1988).** The effects of glaucourness, epicuticular wax leaf age, plant height and growth environment on water loss rates of excised wheat leaves. *Can J. Plant Sci*. 68, 957-982.

- Clark J.M., and Romagosa I. (1991).** Evaluation of excised leaf water loss rate for selection of durum wheat for dry environments. In Acevedo E, Conesa A.P, Monneveux P, and Srivastava J.P (eds). Physiology. breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments, *colloques N° 5, INRA, Paris*, pp 401-414.
- Cortes P.M., and Sichair T.R. (1987).** Osmotic potentiel and starch accumulation in leavers of field - grow soybean. *Published In Crop Sci*, 27: 80 - 84.
- Couvreur F. (1985).** Formation du rendement d'un blé et les risques climatiques. *Doc, Technique I.T.C.F*, 16 p.
- Culter J.M., et Rains D.W., (1978).** Effects of water stress and hardening on the internal water relations and osmotic constituents of cotton leaves. *Physiol Plant* 42: 261-268.
- Culter J.M, Shaham K.W, and Steporkus P.L. (1980).** Dynamics of osmotic ajustement in rice. *Crop Sci*, 20: 314-318.
- Day W., Legg B.J., French B.K, Lohnston A.E., Lawlor D.W. and Jeffers W. DE. C.(1978).** A drought experiment using mobile shelters: the effect of drought on barley yield. *J, Agric Sci, Comb.*, 91: 599-623.
- Deléens E., Barthers L., Hannachi L., Bousser A., Casabianca H., James H., Bigois M., Gate P., Vignier L., et Bouthier A. (1994).** Caractérisation variétale, un nouvel outil d'analyse de la composition isotopique, *perspectives agricoles*. 190:108-122.
- Diazperez J.C., Shekel K.A., and Sulter E.G. (1995).** Relative water content and water potentiel of tissue cultured apple shoots under water deficit. *Published in journal of Experimental, Botany*. Vol, 46, N° 282.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. (1956).** Colorimetic method for determination of sugar and related substances. Vol. 28, N°3: 350 - 356.
- Duffus C.M., et Binnie J. (1990).** Sucrose relationships during endosperm and embryo developement in wheat. *Plant Physiol, Biochem*, . Vol 28 N° 2:161-165.

- Eck H.V. (1986).** Effects of water deficits on yield components and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomy J.* Vol. 78 N°6 p 1035 – 1040.
- Ehdaie B., and Waines J.C. (1993).** Water requirement and transpiration efficiency of primitive wheat amodel for their use .in: A.B. Damania(Ed). *Biodiversity and wheat improvement*, 187-198pp.
- Elias E.M. (1975).** Durum wheat products in durum wheat quality in the mediterranean region. *Option méditerranéenne* 22, 23-31. Braum, 1996.
- Eljaafari S. (2000).** Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance : Defining physiological traits and criteria. *Option méditerranéenne*, N° 40; 251-256.
- Eljaafari S., Paul R., and Lepoivre P. (1993).** Response to abscisic acid and drought resistance in wheat (*triticum aestivum L.*). Arch. In: *Physiol, Biochem. Biophys*, 101, pp 7.
- Feldman (1979).** wheats (in Al Hakimi A. 1992) in N W Simonds (Eds) evolution of crop plants, longmon London, Aword survey of wheat genetic resources R.P. croston and J.T. Williams, IB PGR/80/59 February 1981, in (El Hakimi A, 1992).
- Feliachi K. (2000).** Programme de développement de la Céréaliculture en Algérie. In *proceeding Symposium- Blé 2000, Enjeux et stratégies. Alger*; 21-27.
- Fischer R.A, and Wood J.T. (1979).** Drought resistance in spring wheat cultivars .In: Grain yield responses with morphophysiological traits, *Aust. J. Agric. Res*, 29: 897-912.
- Fischer R.A., and Turner N.C. (1978).** Plant productivity in arid and semi-arid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29: 277-317.
- Fisher R.A. (1973).** The effect of water stress at various stage of developement on yield process in waheat. Pages 233–241. In plant responses to climatic factor. (E. Slatyer, R.O) unisco, Paris.
- Ftiti N. (2003).** Etude de l'efficacité de l'utilisation de l'eau chez quelques variétés du blé dur, Thèse de Magister. C.U.O

**Fussel L.K., Bidinger F.R., and Bieler P. (1991):** Crop physiology and breeding for drought tolerance, research and development. *Field Crop Res*, 27; 183-199.

**Forgeois P., Wertheimer D., Picard E. (1993).** Le transferts de gènes chez les céréales : Méthodes et enjeux ; avec un exemple d'essai de la méthode biolistique chez *Triticum Aestivum* et *Monococcum* : in le progrès génétique passe-t-il par le repérage par le repérage et l'inventaire des genes ? Ed John Libbey Paris 95-115p

**Fischer R.A., and Mourrer .R. (1987).** Drought resistance in spring wheat cultivars .Grain yield responses *Aust J.Agric.Res* 1978; 29:897-903.

**Galiba G., Zoltan n., Simon-sarkadi L.,Jozef S. and Laslo E.(1995).** Differential adaptation to non-ionic and ionic osmotic conditions in wheat. *INRA.Inter drought* VI-8.

**Galoud J.P., Daumas F., Carrasco A., Carriere M., Canut H.and Pont-Lezica R. (1995).**Biochemical and molecular events in Arabidopsis cells under osmoticum treatment: *INRA,Inter droutht, -2*

**Gate P. (1995).** Ecophysiologie du blé, de la plante à la culture, I. T.C.F, TEC, et Doc Lavoisier, 417-429p.

**Gate P. Bouthiees A. Casablanca H., Delleens E. (1993).** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse du blé cultivé en France: interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des gains.

**Gate P., Bouthier A., and moynier J.L (1992).** La tolérance des variétés à la sécheresse : *Une réalité à valoriser Perspectives Agricoles* N° 169 : 62-67.

**Gate P., Boutier A., Woznica, Manzo M.E. (1990).** La tolerance des variétés de blé tendre d'hiver à la sécheresse:*premier résultat perspectives. Agricoles* N°145: 17 – 24.

**Gaudillère J.P., Barcelo M.O. (1990).** Effets des facteurs hydriques et osmotiques sur la croissance des talles de blé. *Agronomie*, 10: 423-432.

**Gaudillere J.P. (1988).** Alimentation hydrique: Grandissement cellulaire, pression osmotique et croissance. *Compte rendu de la reunion tenue à l'INRA*, 25-33.

**Gnanasiri S.P., Hirohumi S., Kounosuke F. and Shoitsu O. (1992).** Osmotic adjustment and stomatal response to water deficit in maize. *Journal of Experimental Botany*, Vol.43, 252, pp 1451-1456.

**Geigenberger P., Remholz R., Geiger M., Merlo L., canal V. and Stit M. (1997).** Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers to short term water deficit. *planta*, **201**; 502 – 518.

**Geslin H, et Jonard P. (1948).** Maturation du blé et climat, *Ann, Nutrit. Aliment. Paris*, **2**; 326-371.

**Grignac P. (1981).** Rendement et composantes du rendement dans l'environnement méditerranéen français. *Communication présentée séminaire agrimed de bari (Italie)*, du 30 sept au 2 oct: 185-195.

**Hare P.D, Cressw A., and Van Staden J. (1998).** Dissciting the roles of osmolyte accumulation during, *Stress Plant, Cell and Environnement*; **21**: 535 – 553.

**Hartung W., and Daviés W.J. (1991).** Drought inducet changes in physiology and ABA. In: *Abascicic acid, physiology and biochemistry*. W. J. Daviesd and H.G. Jones (Ed).

**Hsiao T.C. (1973).** Plant responses to water stress, *Ann Rev Plant Physiol*, **24**: 519-570.

**Hsiao T.C., O'toole J.C., Yambao E.B., and turner N.C. (1984).** Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*oryza sativa l.*). *Plant Physiol*, **75**: 338-341.

**Hubac et vieira da silva (1980).** Indicateurs metabolique des contraintes mesologique, *physiol végét.* **18**(1): 45-54.

**Huneim N. (2000).** Economical policy of wheat in the word, *Symposium blé 2000*, 97-98.

**Hurd E.A. (1974):** Phénotypes and drought tolerance in wheat, *Agric, Meteer*, **14**, 39-55.

**Jaradat A., et Konzak C.F, (1983).** Screening of wheat genotypes for drought tolérance. In *Excised-leaf water retention. Cereal Research Commun.* **11**, 3-4.

**Johnson R.C., and Kanemasu E.T. (1982).** The influence of water availability on winter wheat yields can *J. Plant Sci.*, **62**: 831-838.

**Johnson D.A., Richards R.A., et Turner N.C. (1983).** Yield, water relations, Gaz exchange, and surface reflectances of near-isogenic wheat lines differing in glaucousness. *Crop.Sci*, **23**: 318-325.

**Johnson J.W., Box J.E., Mamandhar J.B., Ramseur E.L., et Cunfer B.U. (1991).** Breeding for improved rooting potentiel under stressed mediterranean environments, *Montpettier, France, 3-6 July 1989, colloques, INRA, N° 56*: 307-317.

**Johnson R.C., and Nguyen H.T. (1984).** Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance, *Crop. Sci*, **24**: 957-962.

**Johnson R.c., Nguyen H.T. and Groy L.L (1988).** Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop .Sci* , 957-962.

**Jones M.M, Osmoned C.B., et Turner N.C. (1980).** Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficit, *Aust. J. Plant physiol*, **7**, 193-205.

**Jones M.M., and Tuner N.C. (1980).** Osmotic adjustment in expanding and fully expanded leaves of sunflower in response to water déficits. *Aust. J. Plant physiol*, **7**: 191-192.

**Kahali L. (1998).** Etudes des paramètres de l'élaboration du rendement chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) cultivé en conditions de déficit hydrique. *Thèse de magister, pp 86, Université de Constantine.*

**Kameli A., Lösel D.M. (1995).** Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic ajustement in *wheat leavers under water stress. J. Plant physiol*, **145**: 363-366.

**Kara Y. (2000).** Etude de caractères morphophysiologiques d'adaptation à la sécheresse du blé dur et de quelques espèces apparentées, Intérêt potentiel de ces espèces pour l'amélioration de ces caractères. *Thèse Doctorat d'Etat, Université de Constantine.*

- Karrou M. (1995).** Genotypic response of wheat to early drought. *INRA, Inter drought*, VIII-46.
- Korell , Horn R. and Friedt W.(1995).** Developing a screening system in vitro to select for osmotic adjustment in an interspecific sunflower population. *INRA, Inter drought*, XI-8.
- Laarbi A, Mekliche A, Abed R, et Badis M. (2000):** Effet du deficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) en région semi-aride. *Option méditerranéenne*, N° 40, 295-297.
- Labbani Z. (1994).** Evolution des glucides hydrosolubles et de l'amidon au cours du cycle de développement des blés dur (*Triticum durum. Desf.*) cultivés dans le Constantinois, influence du déficit hydrique. Thèse de magister, *Université de Constantine*, 75 p.
- Larcher W.(1975).** Physiological Plant Ecology .ed: *SPRINGER-VERLOZ*. 341p
- Lewiki S.D. (1993).** Evaluation des paramètres liés à l'état hydrique chez le blé dur (*Triticum durum , Desf*) et l'orge (*Hordum vulgare L*), soumis à un déficit hydrique modéré , en vue d'une application à la sélection de génotypes tolérants. *Thèse de Doctorat ENSA-Montpellier (France)*. 87pp.
- Levitt J. (1980).** Responses of plants to environmental stress. 2<sup>nd</sup> Edition *Academic Press*, New York, 607 p.
- Ludlow M.M., and Muchow R.C. (1990).** A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environment, *Advances in Agronomy*, 43: 107-153.
- Ludlow M.M., Fisher M.J., Wilson J.R. (1985).** Stomatal adjustment to water deficits in three tropical grasses and tropical legumes grown in controlled conditions and in the field. *Aust. Plant Physiol*, 12: 131-139.
- Marigo G. And Peltier J.P. (1996).** Analysis of the diurnal change in osmotic potential in leaves of *fraxinus excelsior L.* *Journal of Experimental Botany*, Vol.47, N°299, pp. 763-769.
- Masse J. (1986).** Vitesse de migration des réserves et élaboration du poids de 1000 grains du blé tendre d'hiver, bulletin frames semences N° 100:67-70.

- Mouret J.C., Conesa A.P., Gaid A., Monneveux P. (1990).** Identification des facteurs de variabilité du rendement du blé dur en conditions hydriques limitantes dans la région de Sidi Belabbes, *Céréaliculture* 23:1-9.
- Matin M.A., Jarvis H.B., and Haydem F. (1989).** Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance in Barley. *Published in Agron. J.* 81:100-105.
- Mc Gowan M., and Tzimas. E. (1985).** Water relations of winter wheat, the root system, petiolar resistance, and development of a root abstraction equation. *Expl. Agric.*, 21.
- Medrano H., Aguilo F., and Socias F.X. (1992).** Effect of drought on subterranean clover 1- Leaf water relations of plants subjected to rapid or slowly induced drought photosynthetica, 27 (3): 413-419.
- Mekliche A., Bouthier A., Gate P. (1993).** Analyse comparative des comportements à la sécheresse d'un blé dur et d'un blé tendre. In: *tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne, diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France) 15-17 décembre 1992. Ed INRA Paris (1993). Les colloques 64: 199-309.*
- Merah O., Monneveux P., Nachit M.M., Deléens E. (1999).** La composition isotopique du carbone, critère intégratif du fonctionnement photosynthétique, application à deux génotypes du blé dur en conditions méditerranéennes. *Cahier Agriculture* 1: 37-47.
- Merah O., Araus J.L., Nachit M.M. and Monneveux P. (1995).** Leaf osmotic potential, relative water content and leaf excised water loss as screening criteria for drought tolerance in Durum wheat .INRA, Inter drought, X-17.
- Monneveux P. (1991).** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver? In: *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed AUPELF-UREF, John Libbey Euatext Paris, pp 165-186.*
- Meziani L. Bamoun A., Hamou M .H., Brinis et Monneveux P.(1997).** Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agroclimatiques de l'Algérie .*Déversité génétique et amélioration variétale , Montpellier ( France ) , Ed INRA , Paris(Les Colloques 64 , 191-203).*

**Monneveux P., et This D. (1995).** Intégration des approches physiologiques, génétiques et moléculaires pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez les céréales. Dubois J. et Demarly Y. (Ed), congrès Au PELF- UREF "quel avenir pour l'amélioration des plants? Namure, 18-21-octobre 1993 pp 149-163.

**Morancho J. (2000).** Production et commercialisation du blé dur dans le monde. *Option méditerranéenne*, N° 40: 29-33.

**Morgan J.M. (1980).** Osmotic adjustment in the spikelets and leaves of wheat. *J. Exp Bot.* 31, N° 121: pp 655-665.

**Morgan J.M. (1984).** Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: 299-319.

**Morgan J.M., Hare R.A., Fletcher R.J. (1986).** Genetic variation in osmoregulation in bread and durum wheats and its relationships to grain yield in a range of field environments. *Aust. J. Agric. Res.* 37: 449-457.

**Muchow R.C., and Sinclair T.R. (1989).** Epidermal conductance, stomatal density and stomatal size among genotypes of sorghum bicolor L. Moench. *Plant Cell Env.* 12: 425-431.

**Munns R., et Weir R. (1991).** Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expanded zones of wheat leaves during moderate water deficits at low height levels. *Aust. J. Plant. Physiol.* 8: 93-105.

**Munns R. (1988).** Why measure osmotic adjustment. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 15: 717-726.

**Morgan J.M. (1992).** Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 19: 67-76.

**Morgan J.M., et Condon A., (1986).** Water use stress in higher plants, *Aust. J. Plant. Physiol.* 13: 523-532.

- Nachit M., Nachit G , Ketita H, Gauch H.g , Zobel R.W.(1992).** Use of AMMI and linear regression models to analyse genotype-environment interaction in durum wheat *Theor Appl Genet* 1992; **83**: 597-601.
- Nachit M.M., and Jarrah M. (1986).** Association of some morphological caractères to grain yield in durum wheat under mediterranean conditions. *Raclis*. Vol 5, N° 2: 33-34.
- Nasr K. (1994).** Etude comparative du rendement en grains et des composantes du rendement sous différents modes de semis et de regimes hydrique chez quinze varétés de blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) *Mémoire de fin de cycle*.
- Nouri L. (2002).** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photo synthétique chez le blé dur (*Triticum durum. Desf.*) En condition de déficit hydrique. *Thèse de magister Université de Constantine*.
- Obaton M. (1995).** Defferential sensitivity of the physiological mechanisms to hydric deficit for soybean *INRA, Inter drouht , VIII-17*
- O'brien L. (1979).** Genetic variability of root growth in wheat (*Triticum aestivum L.*). *Aust. J. of Agric. Res*, **30**: 587-595.
- Oosterom V.E., Cecca Reuis, Peacock J.M. (1993).** Yield response of barley to rainfall and temperature in mediterranean environments. *J. Agri. Sci*, **121**: 307-313.
- Osmanzai M., Rajaram S., and Knapp E.B (1987).** Breeding for moisture-stressed areas. In: *Drought tolerance in winter cereals*, J.P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo, and S. Varma Ed, John Wiley and Soms, 151-161.
- Paleg L.G., Stewart G.R., and Bradbeer J.W. (1984):** Proline betaine influence protein solvation. *Plant Physiol*, **75**: 975-978.
- Paquet J. (1968).** Action d'une élévation brusque de température sur l'évolution de la teneur en protéine du grain de blé tendre. *Ann. Amel. Plant*, **18** (1), 17-27.

- Rascio A. (1985).** Water retention capacity of Triticum cultivars receiving two different water regimes. *Gemet Agr.* 39: 409-416
- Rascio A., Platini C., Scalfati G., Tonti A., Fonzo N.D. (1994).** The accumulation of solutes and water binding strength in durum wheat. *Physiol Plant*, 90: 715-721.
- Rawson H.M., and Clark J.M. (1988).**Nocturnal transpiration in wheat. *Aust.J.Plant Physiol*, 15,397-406.
- Rekika D. (1997).** Identification et analyse génétique des caractères physiologique liés au rendement en condition de sécheresse chez le blé dur. *Intérêt potentiel des espèces sauvages apparentées pour l'amélioration de ces caractères.* Thèse Doctorat, ENSA, Montpellier, 158p.
- Renard C. (1985).** Mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez le riz pluvial, les besoins en eau des cultures. *INRA Paris.* pp 196-203.
- Renard C., and Ndayshimie V. (1982).** Etude des relations hydriques chez *coffea arabica L.*, comparaison de la presse à membrane et de la chambre à pression pour la mesure du potentiel hydrique foliaire. *Café, cacao, thé*, 26: 27-30.
- Rhodes D. (1987).** Metabolic responses to stress. In: *The biochemistry of plants a comprehensive treatise* (P.K stumf, EE Conn, eds). Vol 12: physiology and metabolism (DD Davies ed). *Academic Press*, New York, pp 201-241.
- Richards R.A., and Passioura J.B. (1981).** Seminal root morphology and water use of wheat .II. Genetic variation. *Crop. Sci*, 21 : 253-255.
- Richards R.A., Rawson H.M, and Johnson D.A. (1986).** Glauconsness in wheat: *its developpment and effect on water use efficiency, as exclang and photosynthetic tissue.* *Aust. J. Plant. Physiol.* 13: 465-473.
- Rodriguez M.L., claves M.M., Windler R., David M.M., Quick W.P., Leegood R.C., Stilt M., and Pareira J.S. (1993).** Osmotic adjustment in water stressed graprine leaves in relation to carbon assimilation . *Aust. J. Plant. Physiol*, Vol, 20, pp 309-321.

- Saadalla M.M. (1994).** Response to Early-generation selection for yield components in wheat. *Cereal Research Com.* **22**(3): 187-193.
- Salsac L., et Monneveux P. (1991).** Relations entre la nutrition minérale et la tolérance au déficit hydrique. In: *physiology Breeding of winter cereals for stress Mediterranean environment*, Montpellier France, 3-6 Juillet 1989, *Colloque de l'INRA*, **55** : 49-66.
- Sabour I., Qariani L., EL Jaafari S. And Paul R. (1995).** Biophysical and biochemical analysis of osmotic adjustment in wheat under water stress *INRA, Inter drought*, X-23.
- Schwab K.B., and Gaff D.F. (1986):** Sugar and ion content in leaf tissues of several drought tolerant plants under water stress. *J. Plant Physiol*, **125**: 257-265.
- Shonfeld A.M, Johnson Roc, Bretl F.C., and Marnhinwey D.W. (1988).** Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Published in Crop. Sci*, **28**: 526-531.
- Serieys H. (1991).** Agrophysiological consequences of a divergent selection based on foliar desiccation in sunflower. In: *Physiology-Breeding of winter cereales for stressed Mediteanean Environment*. Acevedo E., Conesa A.P., Monneveux ., et Srivastava J.P (ed) *INRA Paris* , Les Colloques N° **55**:211-224.
- Siddique K.H.M. and Whan B.R. (1994).** Ear: Stem ration breeding population of wheat: *signification for yield improvement. Euphytica*, **73**: 241- 254.
- Siddique K.H.M., Kirby E.J.M., and perry N.W. (1989).** Ear: Stem ration in old and modern wheat varieties relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field crops Res.*, **21**: 59 - 78.
- Spagnoletti Zeuli, P.L., and C.O., Qualset. (1990).** Flay leaf variation and the analysis of diversity in *durum wheat. Plant Breed*, **105**: 189-202.
- Tardin F., Davies W.T. (1993).** Integrations of hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and water status of drought plants *.Plants .Cell. Env.* , **16**: 341-349.

- Thorne G.N., Woos D.W., and Stevenson H.J. (1988):** Effects of nitrogen supply and drought on early development of winter wheat in the field in Eastern England. *J. Agric. Sci, Camb*, **110**: 109-117.
- Timpa J.D, Burke J.J., Quisenberry J.E., and Wendt C.W. (1986).** Effects of water stress on the organic acid and carbohydrate compositions of cotton plants. *Plant Physiol*, **82**: 724-728.
- Turner N.C. (1979).** Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: *Stress physiology of crop plants*. Mussel H & staples. R, Ed, New York.
- Turner N.C. (1986).** Adaptation to water deficits, a changing perspective *Aust. J. Plant physiol*, **13**: 175-190.
- Turner N.C. (1997).** Further progress in Crop water relations. *Adv. Argon*, **58**: 293-338.
- Turner N.C., Jhon E.B. And Lorraine T. (1978).**Osmotic adjustment of sorghum and sunflower crops in response to water deficits and its influence on the water potential at witch stomata close. *Aust.J.Plant Physiol.*, **5**:597-608.
- Tyree M.T. (1976).** Physical parameters of soil plant atmosphere system, breeding for drought resistance characteristics that might Improve wood yield. In *cannel MGR, last FD*, Tree physiology and yield improvement *academic press, New York*.
- Valentine J. (1979).** The effect of competition and method of sowing on the efficiency of single plant selection for grain yield, yield components and other characters in spring barley. *Z. Pflanzenz Üchtz.* **83** : 193-204.
- Vanrensburg L., and krüger G.H.J. (1995).** Osmoregulation, monitored by pressure -volume tissue water component analysis in cultivars of *nicotina tabacum l* of different droutht tolerance.*INRA, Inter droutht X-25*.
- Vavilov N.I. (1951).** The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants.
- Virgona J.M., and Barlow E.W.R. (1991).** Drought stress induces changers in the nom structural carbohydrate composition of wheat stem. *Aust. J. Plant, physiol*, **18**: 239-247.

*References Bibliographiques*

**Wang Z., Quebedeaux B. and Stutle G.W.(1995).** Osmotic Adjustment: *Effects of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple* .Aust.J. Plant Physiol., **22**: 747-754.

**Whan B.B., Knight R., and Pathjen A. J. (1981).** Response to selection for grain yield and harvest index in the F2, F3 and F4 of two wheat crosses, *Euphytica* **31**, 139-150.

**Wonzica K., Manzo E.M. (1989).** Appréciation de la tolérance du blé dure d'hiver au déficit hydrique, thèse DAA. INA paris Grig. ENSA rennes – ITCF, 90p.

**Wilson J.R., Fisher M.J., Schultze E.D., Dolby G.R., et Ludow M.M., (1979).** Comparaison between pressure-volume and leaf point-hygrometry techniques for determining water relation characteristics of grass and legume leaves. *Oecologia*, **41**, 77-88. With the scanning electron microscope. *Can. J. Bot.*, **58**, 2467-2480.

**Wardlaw L. F. (1970).**The early stages of grain development in wheat : Response to light and Temperature in single variety . *Aust .J.Bio. Sci.*, **20** : 309-318.

**Zaharieva M.N. (1996).** Etude des ressources génétiques des espèces d'aegilops de Bulgarie, Thèse de Doctorat d'Etat en science de la vie et de la terre.

**Zhang J., Nguyem H.T., and Blum A. (1999).** Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants, *Journ of Exp Bot*, Vol. 50, N° 332, pp 291-302.

**Zohary D., Hopf M. (1994).** Domestication of plants in the old world, 2<sup>nd</sup> *Oxford Clarendon Press*, pp 39-46.

## Annexes

Annexe 01. Matrice des corrélations des différentes variables analysées pour les paramètres agronomiques (cas du blé dur).

	NP/m <sup>2</sup>	NT/m <sup>2</sup>	NTP	DE	NE/m <sup>2</sup>	CE	LB	LE	HP	SF	NG/E	BIO	PMG
NT/m <sup>2</sup>	0.216												
NT/P	0.401	0.571*											
DE	-0.068	-0.155	-0.045										
NE/m <sup>2</sup>	0.256	0.498*	0.655**	-0.476									
CE	0.321	0.373	0.590*	0.506*	0.382								
LB	0.347	0.007	0.270	0.062	0.415	0.629**							
LE	0.126	0.591*	0.726***	0.015	0.593*	0.418	-0.021						
HP	0.303	0.245	0.425	0.567*	0.240	0.952***	0.639**	0.241					
SF	0.198	0.400	0.263	0.202	0.265	0.541*	0.386	0.209	0.512*				
NG/E	-0.165	0.017	0.192	-0.111	0.187	-0.024	-0.045	0.196	-0.061	-0.131			
Bio	0.259	0.478*	0.612**	-0.157	0.603**	0.569*	0.109	0.689**	0.564*	0.539*	0.200		
PMG	0.350	0.632**	0.686**	0.038	0.629**	0.750***	0.485*	0.595*	0.629**	0.456	-0.062	0.599*	
RDT	0.171	0.561*	0.521*	0.236	0.484*	0.710***	0.369	0.461	0.578*	0.681**	-0.025	0.417	0.704***

\*: Significatif pour  $P \leq 0.05$ , \*\*: Très significatif pour  $P \leq 0.01$ , \*\*\*: Très hautement significatif pour  $P \leq 0.001$ .

**Annexe 02: Etude des variations des différentes variables agronomiques analysées par l'ACP  
chez les cinq variétés testées du blé dur.**

Variables	Composantes principales			
	Axe 1		Axe 2	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
NP/m <sup>2</sup>	0.4493	0.2019	-0.0830	0.0069
NT/m <sup>2</sup>	0.6599	0.4354	0.3362	0.1131
NT/P	0.8238	0.6786	0.2631	0.0692
DE	0.1040	0.0108	-0.7709	0.5944
NE/m <sup>2</sup>	0.7207	0.5195	0.4622	0.2137
CE	0.8377	0.7018	-0.4882	0.2383
LB	0.5344	0.2856	-0.4429	0.1962
LE	0.7004	0.4906	-0.4303	0.1851
HP	0.7186	0.5163	-0.6260	0.3919
SF	0.5789	0.3351	-0.3039	0.0924
NG/E	0.0468	0.0039	-0.3727	0.1389
BIO	0.6790	0.4611	0.4342	0.1886
PMG	0.9006	0.8111	-0.0244	0.0006
RDT	0.8074	0.6518	-0.1576	0.0248

r : Corrélation entre les variables et les axes principaux

r<sup>2</sup> : Corrélation

Annexe

Annexe 03. Matrice des corrélations des différentes variables analysées pour les paramètres agronomiques (cas du blé tendre).

	NP/m <sup>2</sup>	NT/m <sup>2</sup>	NT/P	DE	NE/m <sup>2</sup>	CE	LB	LE	HP	SF	NG/E	Bio	PMG
np/m <sup>2</sup>	-0.181	0.707***											
nt/p	-0.232		0.311										
de	-0.445	0.268		0.311									
nc/m <sup>2</sup>	0.292	-0.002	0.063	-0.714***									
ce	0.331	0.246	0.217	-0.693***	0.457								
lb	-0.137	0.014	0.104	0.249	0.189	-0.622							
le	-0.367	0.524*	0.499*	0.724***	-0.454	-0.283	0.172						
hp	0.174	0.479*	0.507*	0.394	0.267	0.908***	-0.575*	0.009					
sf	0.298	-0.043	0.073	-0.719***	0.567*	0.560*	-0.034	0.420	0.470				
ng/e	-0.336	0.681**	0.650**	0.369	0.064	-0.112	0.456	0.629**	0.111	-0.102			
Bio	-0.063	0.600**	0.610**	0.118	0.108	0.406	-0.027	0.401	0.437	-0.019	0.553*		
PMG	0.040	0.429	0.383	-0.355	0.251	0.668*	-0.324	0.063	0.659**	0.197	0.340	0.550*	
RDT	0.336	0.150	0.183	-0.814***	0.706***	0.816***	-0.255	-0.510	0.688**	0.752***	-0.06	0.192	0.562*

\*: Significatif pour  $P \leq 0.05$ , \*\*: Très significatif pour  $P \leq 0.01$ , \*\*\*: Très hautement significatif pour  $P \leq 0.001$ .

**Annexe 04: Etude des variations des différentes variables agronomiques analysées par l'ACP  
chez les cinq variétés du blé tendre.**

Variables	Composantes principales			
	Axe 1		Axe 2	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
NP/m <sup>2</sup>	0.4231	0.1790	- 0.3598	0.1295
NT/m <sup>2</sup>	0.1476	0.0218	0.8569	0.7343
NT/P	0.1573	0.0247	0.8440	0.7123
DE	- 0.8403	0.7061	0.4486	0.2012
NE/m <sup>2</sup>	0.6616	0.4377	- 0.1188	0.0141
CE	0.9345	0.8733	0.1311	0.0172
LB	- 0.4243	0.1800	0.0793	0.0063
LE	- 0.4694	0.2203	0.7428	0.5518
HP	0.7958	0.6333	0.4248	0.1805
SF	0.7324	0.5364	- 0.1688	0.0285
NG/E	- 0.1173	0.0138	0.8272	0.6843
Bio	0.2481	0.0616	0.7596	0.5770
PMG	0.6301	0.3970	0.4973	0.2473
RDT	0.9473	0.8974	- 0.0123	0.0002

r: Corrélation entre les variables et les axes principaux

r<sup>2</sup>: Corrélation au carré

**Annexe 05: Matrice de coefficient de corrélations des différentes variables analysées du statut hydrique et biochimique chez les cinq génotypes de blé dur.**

	TRE	PO	AO	SUCR
TRE	1,000			
PO	0.980***	1,000		
AO	-0.906***	-0.910***	1,000	
SUCR	-0.690**	-0.729***	0.713***	1,000

\*\*\* Très hautement significatif pour  $P \leq 0.001$

\*\* Très significatif pour  $P \leq 0.01$

**Annexe 06: Etude des variations des différentes variables du paramètre hydrique et biochimique analysées par l'ACP pour les cinq génotypes testés de blé dur.**

Variables	Composantes principales			
	Axe 1		Axe2	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
TRE	0.965	0.931	0.205	0.042
PO	0.976	0.952	0.148	0.022
AO	-0.951	0.904	-0.127	0.016
SUCR	-0.83	0.689	0.557	0.311

**Annexe 07: Matrice des corrélations des différentes variables analysées pour les paramètres physiologiques et biochimiques (cas du blé tendre).**

	TRE	PO	AO	SUCR
TRE	1.000			
PO	0.968***	1.000		
AO	-0.892***	-0.907***	1.000	
SUCR	-0.625**	-0.661***	0.718***	1.000

\*\*\* Très hautement significatif pour  $P \leq 0.001$ .

\*\* hautement significatif pour  $P \leq 0.01$

**Annexe 08: Etude des variations des différentes variables physiologiques et biochimiques analysées par l'APC chez les variétés testées du blé tendre.**

	Composantes principales			
	Axe 1		Axe 2	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
TRE	0.953	0.909	0.247	0.061
PO	0.966	0.934	0.198	0.039
AO	-0.958	0.640	0.596	0.356
SUCR	-0.800	0.918	-0.053	0.003

**Annexe 09 : Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé dur pour le rendement avec barbes.**

Variétés	Rendement avec barbes (qx/ha)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Cirta	32.72	25.47
Hedba 3	21.81	16.44
Vitron	23.01	18.94
Bidi 17	27.15	26.47
D.K	29.58	24.16

**Annexe 10 : Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé tendre pour le rendement avec barbes.**

Variétés	Rendement avec barbes (qx/ha)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Mexipak	24.35	21.31
Florence- aurore	29.34	22.89
Hidhab	28.23	21.70
Arz	26.04	19.98
Ain Abid	15.63	11.36

**Annexe 11 : Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé dur pour le rendement sans barbes.**

Variétés \ Paramètre	Rendement sans barbes (qx/ha)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Cirta	27.73	22.38
Hedba 3	18.96	15.14
Vitron	19.35	16.86
Bidi17	25.44	23.92
Djennah-Khetifa	25.52	21.46

**Annexe 12 : Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé tendre pour le rendement sans barbes.**

Variétés \ Paramètre	Rendement sans barbes (qx/ha)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Mexipak	21.69	16.62
Florence- aurore	23.67	24.16
Hidhab	25.76	20.49
Arz	23.01	16.42
Ain Abid	12.65	09.41

**Annexe 13 : Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé dur pour le PMG avec barbes.**

Variétés	Poids de mille grains avec barbes (g)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Cirta	52.59	44.09
Hedba3	46.82	41.56
Vitron	42.24	37.80
Bidi17	45.10	42.70
Djennah-Khetifa	51.70	42.40

**Annexe 14: Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé tendre pour le PMG avec barbes.**

Variétés	Poids de mille grains avec barbes (g)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Mexipak	39.24	35.86
Florence- aurore	41.50	40.38
Hidhab	42.40	41.94
Arz	38.90	32.95
Ain Abid	38.08	36.07

**Annexe 15 : Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé dur pour le PMG sans barbes.**

Variétés \ Paramètre	Poids de mille grains sans barbes (g)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Cirta	46.10	39.69
Hedba	42.68	38.00
Vitron	38.67	35.32
Bidi17	44.33	39.97
Djennah-Khetifa	45.46	39.53

**Annexe 16 : Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé tendre pour le PMG sans barbes.**

Variétés \ Paramètre	Poids de mille grains sans barbes (g)	
	Conditions irriguées	Conditions pluviales
Mexipak	24.35	21.31
Florence-aurore	29.34	22.89
Hidhab	28.23	21.70
Arz	26.04	19.98
Ain Abid	15.63	11.36

Annexe 18 : Classification des moyennes des divers paramètres morphologiques et agronomiques mesurés dans l'essai au champ chez les cinq géotypes de blé tendre.

Variétés paramètres	Mexipak		Florence-aurore		Hidhab		ARz		Ain Abid	
	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial
IP/m <sup>2</sup>	207.25	190.25	203.75	203.75	214.00	179	209.5	184.5	174.5	174.5
IT/m <sup>2</sup>	552.72	476.82	649.50	507.41	695.40	577.22	644.32	565.53	629.50	616.41
IT/p	4.18	2.92	6.18	3.10	6.27	4.82	7.38	3.17	6.20	4.07
DE (jours)	56.75	54.25	56.50	50.50	62.75	59.25	66.75	59.25	72.80	86.25
IG/E	45.03	34.53	38.76	34.50	48.62	49.80	45.95	36.98	49.13	48.60
bio (g)	6.62	4.96	6.85	4.06	8.50	5.10	7.49	4.12	5.03	5.01
CE (cm)	30.30	28.69	46.43	30	37.53	20.55	35.95	24.20	32.82	19.65
IP (cm)	67.44	51.19	100.92	69.63	78.91	50.06	69.54	57.06	63.92	52.25
IF (cm <sup>2</sup> )	28.52	20.08	24.88	18.88	20.24	15.03	24.45	18.81	12.27	11.78
LE (cm)	10.30	7.99	9.50	8.62	12.21	11.39	9.14	8.40	13.54	12.51
LB (cm)	5.82	5.18	00	00	6.7	6.53	6.08	5.072	7.36	7.072
VE/m <sup>2</sup>	512.19	412.50	571.31	457.50	620.00	531.56	525.94	427.25	287.19	227.25
PMG (g)	39.24	35.86	41.50	40.38	42.40	41.94	38.90	32.95	38.08	36.07
RDT (g/m <sup>2</sup> )	243.50	213.10	293.4	228.9	282.3	217.00	260.4	199.8	156.3	113.6

Annexe 17: Classification des moyennes des divers paramètres morphologiques et agronomiques mesurés dans l'essai au champ chez les cinq géotypes de blé dur.

Variétés Paramètres	Cirta		Hedba 3		Vitron		Bidi17		Djennah-Khetifa	
	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial	irrigué	pluvial
IP/m <sup>2</sup>	202	171.50	221	198.25	198.5	149	211.5	180.50	212	186
IT/m <sup>2</sup>	772.2	684.7	652.40	532.80	704.64	559.80	622.75	554.80	628.36	610.10
IT/p	6.30	3.20	4.78	2.82	6.55	2.80	4.98	3.35	5.25	3.43
VE (jours)	59.2	62.5	63	65	59.2	62	68	70	74	76.25
IG/E	54.92	42.75	44.07	40.50	52.05	43.28	49.92	38.53	51.82	39.53
lio (g)	6.98	5.327	6.27	4.71	6.29	3.13	7.007	5.48	7.49	4.45
IF (cm <sup>2</sup> )	21.77	19.13	21.35	18.54	20.06	17.17	25.26	22.33	25.05	21.76
IP (cm)	72.23	50.37	100.91	62.10	63.01	47.19	109.09	75.43	130.99	92.55
VE (cm)	38.16	23.91	42.81	28.38	32.40	20.17	49.63	32.38	59.31	38.63
VE (cm)	9.34	7.49	6.55	6.32	8.61	6.53	7.37	6.07	8.06	5.30
VB (cm)	11.82	10.44	12.66	11.22	11.96	10.55	13.76	12.79	13.35	11.45
VE/m <sup>2</sup>	645.31	576.87	590.81	441.88	639.69	527.06	596.75	507.56	572.75	458.5
PMG (g)	52.59	44.09	46.82	41.56	42.24	37.80	45.10	42.70	51.70	42.40
RDT (g/m <sup>2</sup> )	327.2	254.7	218.1	164.4	230.10	189.4	271.5	264.7	295.8	241.6

**Annexe 19: Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé tendre pour la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ.**

Variétés \ Paramètre	TRE (15% cc)	
	Bloc témoin	Bloc stressé
<b>Mexipak</b>	78.39	44.24
<b>Florence-aurore</b>	81.24	46.70
<b>Hidhab</b>	82.68	56.14
<b>ARz</b>	73.93	47.86
<b>Ain Abid</b>	85.99	60.87

**Annexe 20: Classification des moyennes des cinq géotypes testés de blé dur pour la teneur relative en eau à 15% de la capacité au champ.**

Variétés \ Paramètre	TRE (15% cc)	
	Bloc témoin	Bloc stressé
<b>Cirta</b>	84.48	54.26
<b>Hedba3</b>	86.74	62.86
<b>Vitron</b>	83.50	53.03
<b>Bidi17</b>	78.93	40.36
<b>Djennah-Khetifa</b>	79.05	49.88

**Annexe 21: Classification des moyennes des cinq géotypes testés du blé dur pour la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ.**

Variétés	Paramètre	SUCR ( $\mu\text{g}/100\text{mgMF}$ )	
		Bloc témoin	Bloc stressé
Cirta		470.83	1084.43
Hedba3		295.50	1407.42
Vitron		275.95	885.35
Bidi17		438.24	809.10
Djenneh-Khetifa		545.13	1123.91

**Annexe 22: Classification des moyennes des cinq géotypes testés du blé tendre pour la teneur en sucres solubles à 15% de la capacité au champ.**

Variétés	Paramètre	SUCR ( $\mu\text{g}/100\text{mgMF}$ )	
		Bloc témoin	Bloc stressé
Mexipak		371.77	693.73
Florence x aurore		539.27	1162.73
Hidhab (HD1220)		318.32	1266.36
ARz		631.17	805.19
Ain Abid		629.39	1404.80

**Annexe 23: Classification des moyennes des divers paramètres d'état hydrique dans les deux niveaux de la capacité au champ, chez les cinq géotypes testés du blé dur.**

Variétés		Paramètres	Teneur relative en eau (%)	Teneur en sucres solubles $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$	Potentiel osmotique (- Bars)	Ajustement osmotique
Cirta	100% cc		84.48	470.83	20.87	
	15% cc		54.26	1084.43	37.52	2.70
Hedba3	100% cc		86.74	295.50	20.61	
	15% cc		62.86	1407.42	35.04	4.13
Vitron	100% cc		83.50	275.95	16.56	
	15% cc		53.03	885.35	38.90	6.76
Bidi17	100% cc		78.92	438.24	18.37	
	15% cc		40.36	809.10	49.68	5.50
Djennah-Khetifa	100% cc		79.05	545.13	20.70	
	15% cc		49.88	1123.91	43.20	5.15

**Annexe 23: Classification des moyennes des divers paramètres d'état hydrique dans les deux niveaux de la capacité au champ, chez les cinq géotypes testés du blé dur.**

Variétés		Paramètres	Teneur relative en eau (%)	Teneur en sucres solubles $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$	Potentiel osmotique (- Bars)	Ajustement osmotique
Cirta	100% cc		84.48	470.83	20.87	
	15% cc		54.26	1084.43	37.52	2.70
Hedba3	100% cc		86.74	295.50	20.61	
	15% cc		62.86	1407.42	35.04	4.13
Vitron	100% cc		83.50	275.95	16.56	
	15% cc		53.03	885.35	38.90	6.76
Bidi17	100% cc		78.92	438.24	18.37	
	15% cc		40.36	809.10	49.68	5.50
Djennah-Khetifa	100% cc		79.05	545.13	20.70	
	15% cc		49.88	1123.91	43.20	5.15

**First Name:**

Zoghmar

**Name:**

Meriem

**Title :** Studies of the morphophysiological characteristic related to the output in conditions of dryness on some varieties of corn cultivated in Constantine

**Summary:** Various morph physiological and biochemical characteristics related to the tolerance to the hydrous deficit (relative contents of water, soluble sugars and osmotic adjustment) were studied at ten varieties of corn of various origin (five varieties of durum wheat as well as five varieties of common wheat), and of deferent organic behaviour. The relations between the characters and the strategies of adaptation developed by each genotype were described.

The possibility of connecting, at these two species, the tolerance with the dryness with the high potential output was discussed. Significant relations were observed between the osmotic potential and the soluble sugar content; this result confirms the significant part played by this osmoticum in the maintenance of the outputs in conditions of dryness.

The results obtained reveal variability in accumulation of this aqueous solution between the genotypes of the two studied corn species, which well informed on the existing biological diversity between them. Significant correlations between the morphological characters and the output were noted. The output is correlated positively with the index of sensitivity.

The weight of thousand grains is the character related to the output. This study with licence to highlight the interest of the osmotic adjustment and the accumulation of sugars to maintain the cellular turgescence of the plants subjected to the hydrous deficit suggests the use of these two parameters as criteria of selection as well as the relative water content to improve the tolerance to the dryness.

**Key words:** *Triticum sp.* Water stress, Relative water content, Osmotic adjustment, Soluble sugar content, Morphophysiological characters, Osmotic potential.

<b>Nom :</b> Zoghmar	<b>Prénom :</b> Meriem
<b>Titre :</b> Etudes de caractères morphophysiologiques liés au rendement en conditions de sécheresse sur quelques variétés de blé cultivées dans le Constantinois	
<p>Divers caractères morphophysiologiques et biochimiques liés à la tolérance au déficit hydrique (teneurs relative en eau, sucres solubles et ajustement osmotique) ont été étudiés chez dix variétés de blé d'origine diverse (cinq variété de blé dur et cinq variété de blé tendre) de comportements agronomiques différents. Les relations entre les caractères et les stratégies d'adaptations développées par chaque génotype ont été décrites. La possibilité de relier chez ces deux espèces la tolérance à la sécheresse au rendement potentiel élevé a été discutée.</p> <p>Des relations significatives ont été observées entre le potentiel osmotique et la teneur en sucres solubles. Ce résultat confirme le rôle significatif joué par cet osmoticum dans le maintien des rendements en condition de sécheresse.</p> <p>Les résultats obtenus révèlent une variabilité dans l'accumulation de ce soluté entre les génotypes des deux espèces de blé étudiées. Ce qui renseigne sur la diversité biologique existant entre eux.</p> <p>Des corrélations significatives entre les caractères morphologiques et le rendement ont été notées. Le rendement est corrélé positivement avec l'indice de sensibilité.</p> <p>Le poids de mille grains est le caractère le plus lié au rendement. Cette étude a permis de mettre en évidence l'intérêt de l'ajustement osmotique et l'accumulation des sucres à maintenir la turgescence cellulaire des plantes soumises au déficit hydrique. Ceci suggère l'utilisation de ces deux paramètres comme critères de sélection au même titre que la teneur relative en eau pour améliorer la tolérance à la sécheresse et par conséquent augmenter le rendement.</p>	
<p><b>Mots clés :</b> <i>Triticum sp.</i>, stress hydrique, teneur relative en eau, ajustement osmotique, teneur en sucres solubles, caractères morphophysiologiques, potentiel osmotique</p>	

الموضوع : دراسة الصفات المورفوفيزيولوجية المرتبطة بالمردود تحت ظروف الجفاف عند عدة

أصناف من القمح المزروعة بقسنطينة

ملخص :

قمنا في بحثنا هذا بدراسة الصفات المورفوفيزيولوجية والبيوكيميائية المرتبطة بالتأقلم مع الجفاف (المحتوى النسبي المائي، محتوى السكريات، التعديل الأسموزي ) عند عشرة أصناف من القمح ذات أصل وراثي مختلف، خمس أصناف قمح صلب وخمس أصناف قمح لين وهذه الأصناف ذات سلوك زراعي مختلف .

تم وصف ومناقشة العلاقات الموجودة بين هذه الخصائص وإمكانية التأقلم المتطورة من طرف كل صنف واحتمال الارتباط عند هذين النوعين من القمح لإعطاء مردود معنوي مرتفع .  
الارتباطات المعنوية الملاحظة بين الضغط الأسموزي ومحتوى السكريات المذابة وضحت الدور الأساسي الذي يلعبه هذا المذاب لإعطاء مردود معنوي في ظروف الجفاف .  
النتائج المتحصل عليها توضح اختلاف في تراكم هذا المذاب بين الأصناف المدروسة لكل من القمح الصلب والقمح اللين هذا الذي يوضح التنوع البيولوجي الموجود بينهما .

في دراستنا تبين ارتباطات معنوية بين الصفات المورفولوجية والمردود الأخير مرتبط إيجابيا مع مؤشر الحسابية يعتبر وزن الألف حبة أكثر الصفات ارتباطا مع المردود .  
سمحت لنا هذه الدراسة بوضع بعين الاعتبار أهمية كل من التعديل الأسموزي وتراكم السكريات لتعديل الانتاج الخلوي للنباتات المعرضة للإجهاد المائي وهذا يسمح لنا باستعمال هذين المعيارين كمؤشر للانتخاب في نفس مرتبة المحتوى النسبي المائي لتحسين التأقلم مع الجفاف وهذا بغرض زيادة الإنتاج .

الكلمات المفتاحية :

قمح صلب، قمح لين، الجفاف المائي، المحتوى النسبي المائي، التعديل الأسموزي، محتوى السكريات المذابة، الصفات المورفوفيزيولوجية، الضغط الأسموزي .

<p><b>Nom :</b> Zoghmar</p> <p><b>Prénom :</b> Meriem</p>	
<p><b>Titre :</b> Etudes de caractères morphophysiologicals liés au rendement en conditions de sécheresse sur quelques variétés de blé cultivées dans le Constantinois</p>	
<p>Divers caractères morphophysiologicals et biochimiques liés à la tolérance au déficit hydrique (teneurs relative en eau, sucres solubles et ajustement osmotique) on été étudiés chez dix variétés de blé d'origine diverse (cinq variété de blé dur et cinq variété de blé tendre) de comportements agronomiques différents. Les relations entre les caractères et les stratégies d'adaptations développées par chaque génotype ont été décrites. La possibilité de relier chez ces deux espèces la tolérance à la sécheresse au rendement potentiel élevé a été discutée.</p> <p>Des relations significatives ont été observées entre le potentiel osmotique et la teneur en sucres solubles. Ce résultat confirme le rôle significatif joué par cet osmoticum dans le maintien des rendements en condition de sécheresse.</p> <p>Les résultats obtenus révèlent une variabilité dans l'accumulation de ce soluté entre les génotypes des deux espèces de blé étudiées. Ce qui renseigne sur la diversité biologique existant entre eux.</p> <p>Des corrélations significatives entre les caractères morphologiques et le rendement ont été notées. Le rendement est corrélié positivement avec l'indice de sensibilité.</p> <p>Le poids de mille grains est le caractère le plus lié au rendement. Cette étude a permis de mettre en évidence l'intérêt de l'ajustement osmotique et l'accumulation des sucres à maintenir la turgescence cellulaire des plantes soumises au déficit hydrique. Ceci suggère l'utilisation de ces deux paramètres comme critères de sélection au même titre que la teneur relative en eau pour améliorer la tolérance à la sécheresse et par conséquent augmenter le rendement.</p>	
<p><b>Mots clés :</b> <i>Triticum sp.</i>, stress hydrique, teneur relative en eau, ajustement osmotique, teneur en sucres solubles, caractères morphophysiologicals, potentiel osmotique</p>	