



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI  
BOUJOURJOUR

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

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

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

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

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences science agronomique



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI  
BOUJOURJOUR

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Science agronomique

Spécialité : Amélioration des plantes

## Intitulé

**Étude du comportement agronomique de quelques  
variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) en milieu  
semi-aride.**

Présenté par : BENBLOUAR Dallel

LATTOUI Saida

Devant le jury :

Président : BENTABET Abdelouahab

Pr. Université de BBA.

Encadrant : MAAMRI Khelifa

M.C.B. Université de BBA.

Examineur : FELLAHI Zine Elabidine

M.C.B. Université de BBA.

Année universitaire : 2019/2020



Nous remercions avant tout **DIEU**, tout puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'il Nous avons donnée et le courage pour terminer ce travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous tenons à leur exprimer notre gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à, notre promoteur, **Dr MAAMRI khelifa** pour Avoir de bien voulu de nous encadrer, pour sa patience, son aide, ses conseils et Encouragements, pour le temps qu'il nous avons consacré pour réaliser ce travail.

Ont tiens aussi à exprimer notre plus grands respects et notre vifs remerciements à **Dr BENTABET Abdelouahab** professeur à l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. pour son acceptation de présider le jury.

Nos remerciements les plus profonds aux **Dr FELLAHI Zine Elabidine** maitre de conférences à l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A qui a fait l'honneur d'examiner ce travail et qui a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce mémoire.

Et, nous remercions le professeur **ZEROUALI Malek** qui a joué un rôle dans la réalisation de cette mémoire en particulier et dans notre parcours académique en général.

Enfin, nous ne saurons oublier de remercier tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à la Réalisation de ce travail, et toute personne qui nous ont éclairés le chemin.



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.*

*À mes chères sœurs : Hayat, Warda, Samra*

*À mes chers frères : Farhat, Azouz, Fares*

*À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire*

*À mon binôme Dallel.*

*À tous mes chers amis.*

*Je remercie tous ceux qui m'avaient aidée d'une façon ou d'une autre, ou encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire, qui était, pour moi, une expérience inoubliable et enrichissante.*

*À mes collègues de promotion d'Amélioration des plantes  
2019-2020.*



**SAIDA**



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*À mes parents, pour leur amour et leur encouragement qu'ils trouvent le témoignage de ma profonde affection et gratitude.*

*Merci que dieu vous garde et vous protège.*

*À mes frères: Aymen, Akram, Loay*

*À ma chère sœur Hoda.*

*À mon binôme Saida.*

*À tous mes chers amis.*

*Je remercie tous ceux qui m'avaient aidée d'une façon ou d'une autre, ou encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire, qui était, pour moi, une expérience inoubliable et enrichissante.*

*À mes collègues de promotion d'Amélioration des plantes 2019-2020.*

**DALLEL**



# Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction**.....1

## Chapitre I: Revue Bibliographique

I.1.Histoire du blé.....3

I.2. L'importance du blé dur .....3

    I.2.1. Dans le monde .....3

    I.2.2. En Algérie.....4

I.3.Origine de blé.....5

    I.3.1. Origine génétique .....5

    I.3.2. Origine géographique.....5

I.4.Classification du blé dur .....5

I.5. Caractéristique morphologiques.....6

    I.5.1. Le grain.....6

    I.5.2.Appareil aérien.....6

        I.5.2.a. La tige.....6

        I.5.2.b. La feuille.....6

    I.5.3. Appareil reproducteur.....7

    I.5.4. Appareil racinaire.....7

I.6.Cycle biologique du blé .....7

    I.6.1.La période végétative.....7

        I.6.1.a. La germination-levée.....8

        I.6.1.b. Tallage .....8

    I.6.2. Période de reproduction.....8

        I.6.2.a. Phase de la montaison.....8

        I.6.2.b. Phase de l'épiaison et de fécondation .....8

I.6.2.c. La maturation du grain .....	9
I.7. Les exigences du blé.....	9
I.7.1. Température.....	9
I.7.2. L'humidité.....	10
I.7.3. La photopériode.....	10
I.7.4. Sol.....	10
I.8. Le stress hydrique.....	10
I.8.1. Effets du stress hydrique sur le végétal.....	11
I.8.1.1. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse.....	11
I.8.1.2. Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé.....	12
I.8.1.3. Effet du stress hydrique sur le rendement.....	12
I.8.2. Mécanismes d'adaptation stress hydrique .....	13
I.8.2.1. Adaptation phénologiques.....	13
I.8.2.2. Adaptation morphologiques .....	14
I.8.2.3. Adaptation physiologique.....	14
I.8.2.4. Adaptation biochimique .....	15
I.8.2.4.a. Accumulation de la proline.....	15
I.8.2.4.b. L'accumulation de sucres solubles.....	16

## **Chapitre II : Matériel et méthode**

II.1. Description du site expérimental .....	17
II.2. Matériel végétal.....	17
II.3. Description des variétés .....	18
II.4. Le dispositif expérimentale .....	20
II.5. Paramètres étudiés .....	20
II.5.a. Paramètres climatiques .....	20
II.5.b. Paramètres de production.....	20
II.6. Analyse statistique .....	21

## **Chapitre III : Résultat et discussion**

III.1.Résultat .....	22
III.1.1. Paramètres climatiques.....	22
III.1.1.1. Pluviométrie.....	22
III.1.1.2. Température.....	23
III.1.2. Paramètres agronomiques.....	24
III.1.2.1. Le nombre d'épi par m <sup>2</sup> .....	24
III.1.2.2. Nombre de grain par m <sup>2</sup> .....	25
III.1.2.3. Poids de mille grains.....	26
III.1.2.4. Rendement grain.....	26
III.1.2.5. La biomasse arienne .....	27
III.1.2.6. Indice de récolte .....	28
III.2. Discussion.....	30
III.2.1.Relation entre le rendement et ses composantes.....	30
III.2.1.1.Nombre d'épis par m <sup>2</sup> .....	30
III.2.1.2.Nombre de grain par m <sup>2</sup> .....	31
III.2.1.3.Le poids de mille grains (PMG).....	32
III.2.1.4.Rendement en grain.....	33
III.2.1.5.Biomasse aérienne.....	33
III.2.1.6.Indice de récolte.....	34
<b>Conclusion .....</b>	<b>36</b>

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

## **Résumé**

## Liste des abréviations

---

J.C	Jésus Chris
ABA	Acide Abscisique
ANOVA	Analyse Of Variance
BIO	Biomasse Aérienne
CV %	Coefficient De Variation
ICARDA	Centre International De Recherche Agricole Dans Les Zones Humides
CIMMYT	Centre International Pour L'amélioration Du Maïs Et Du Blé.
INRAA	Institut National De La Recherche Agronomique D'Algérie
IR	L'indice De Récolte
ITGC	Institut Technique Des Grandes Cultures
G*E	Interaction Génotype-Environnements
NE	Nombre D'épi
NGE	Nombre De Grain Par Epi
PMG	Poids De Milles Grains.
RDT	Rendement Grain
FAO	Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture
Chl a	Chlorophylle A.
Chl b	Chlorophylle B.
NG/E	Nombre De Grains Par Epi.
NG/m <sup>2</sup>	Nombre De Grains Par Mètre Carré.
NE/m <sup>2</sup>	Nombre D'épis Par Mètre Carré.
°C	Degré Celsius.
T	La Température
Mm	Millimètre.
cm	Centimètre.
m <sup>2</sup>	Mètre Carré.
Ha	Hectare.
g	Gramme.
Kg	Kilogramme.
Qx	Quintaux
Max	Maximale

## Liste des abréviations

---

Min	Minimale
LSD	Least Signifiant Différence

## Liste des Tableaux

---

<b>Tableau 01:</b>	Classification botanique du blé dur selon feillet (2000)	<b>05</b>
<b>Tableau 02:</b>	Origine des sept variétés étudiées	<b>18</b>
<b>Tableau 03:</b>	Valeurs moyennes des variables étudiées	<b>29</b>
<b>Tableau 04:</b>	Corrélation matrix	<b>35</b>

## Liste des figures

---

<b>Figure 01 :</b>	Anatomie du grain de blé	06
<b>Figure 02 :</b>	Structure d'un épi et épillet du blé	07
<b>Figure 03 :</b>	Stade repères du cycle de développement du blé	19
<b>Figure 04 :</b>	Le site expérimental	17
<b>Figure 05 :</b>	Pluviométrie saisonnière des campagnes 2014-2016	22
<b>Figure 06 :</b>	Températures mensuelles du cycle végétatif des campagnes 2014-2016	23
<b>Figure 07 :</b>	Diagramme Ombrothermique des deux campagnes 2014-2016	24
<b>Figure 08 :</b>	Diagramme en bâtons de la moyenne du nombre d'épi/m <sup>2</sup> des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)	25
<b>Figure 09 :</b>	Diagramme en bâtons de la moyenne du nombre de grains /m <sup>2</sup> des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)	25
<b>Figure 10 :</b>	Diagramme en bâtons de la moyenne du PMG des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)	26
<b>Figure 11 :</b>	Diagramme en bâtons de la moyenne du rendement en grain des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)	27
<b>Figure 12 :</b>	Diagramme en bâtons de la moyenne de la biomasse aérienne des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)	28
<b>Figure 13 :</b>	Diagramme en bâtons de la moyenne de l'indice de récolte des variétés étudiées durant (2014/2016)	29
<b>Figure 14 :</b>	Relation entre le nombre des épis et le rendement	30
<b>Figure 15 :</b>	Relation entre le nombre de grains /m <sup>2</sup> et le rendement	31
<b>Figure 16 :</b>	Relation entre nombre de grains/m <sup>2</sup> et l'indice de récolte	31
<b>Figure 17 :</b>	Relation entre le poids de mille grains et le rendement	32
<b>Figure 18 :</b>	Relation entre la Biomasse et le rendement	34
<b>Figure 19 :</b>	Relation entre l'indice de récolte et le rendement	35

# *Introduction*



# Introduction

---

## Introduction

Les céréales constituent la ressource alimentaire la plus importante au monde, à la fois pour la consommation humaine directe et indirectement comme élément essentiel pour la production animale. Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum Desf*) compte parmi les espèces les plus anciennes qui constituent une grande partie de l'alimentation de l'humanité. Le blé représente presque la totalité de la nutrition de la population mondiale à côté du riz. Le blé dur représente environ 8% des superficies cultivées en blés dans le monde dont 70% est localisé dans les pays du bassin méditerranéen, notamment en Algérie (Nedjah, 2015).

En Algérie, la céréaliculture demeure le pivot de l'agriculture, c'est une filière stratégique et représente un poids considérable dans l'économie agricole. Les céréales sont la principale source calorique pour les différentes couches de la population quel que soit leur niveau de vie. Elles assurent 60% de cet apport et 75% à 85% de l'apport protéique (Ben salem, et *al.*, 1995).

Les caractéristiques climatiques des zones céréalières d'Algérie font que la culture du blé se trouve, en générale, exposée aux différents stress environnementaux défavorables qu'on peut dénommer la salinisation (Chaise et *al.*, 2005). Une grande partie de la céréaliculture se concentre à l'intérieur du pays dans les zones arides et semi arides, se caractérisant par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gels printaniers très fréquents et des vents chauds et secs en fin de cycle de culture. Toutes ces contraintes influentes sur la production céréalière qui se caractérise par une moyenne nationale très variable d'une année à l'autre (Selmi, 2000).

Le climat, notamment la pluviométrie, est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (Feliachi, 2000), néanmoins il n'est pas le seul. Les techniques culturales, la semence, la fertilisation sont aussi d'autres facteurs qui influencent la productivité. Environ 1,4 millions d'hectares soit 45% de la surface agricole utile céréalière sont localisés dans des zones agro écologiques semi arides, et reçoivent une pluviométrie annuelle entre 350 à 450 mm/an (Feliachi, 2000).

Notre travail consiste d'une part à étudier le comportement agronomique de 7 variétés de blé dur d'origine différentes, issues de sélection CIMMYT/ICARDA et de

## Introduction

---

variétés locales, cultivées en milieu semi-aride Est, région de Sétif au niveau de la station expérimentale de l'INRAA. D'autre part, une comparaison des deux campagnes agricoles durant lesquelles l'expérimentation s'est déroulée. Cette étude comporte trois grands chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est abordé par une présentation et description de l'espèce étudiée ainsi que son importance économique et alimentaire. Ensuite, il s'enchaîne par l'étude de l'influence du stress hydrique sur le développement des plantes, et les différents mécanismes d'adaptation des plantes (blé dur) au stress hydrique.
- ✓ Le second chapitre, porte sur « matériel et méthodes » qui décrit d'une manière détaillée la description du matériel végétal, les différents caractères mesurés et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.
- ✓ Le troisième chapitre comporte les résultats obtenus et évoque leurs discussions.

Le mémoire se termine, par une conclusion générale, synthétisant les différents résultats obtenus et proposant des perspectives de cette étude.

***Chapitre I :***

---

***Revue***

***Bibliographique***



## I.1.Histoire du blé

La culture des céréales a permis l'essor des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. En effet, Il y a plus de trois millions d'années, l'homme préhistorique était nomade, pratiquait la chasse et la cueillette des fruits pour assurer sa nourriture. Le nomadisme a progressivement laissé la place à la sédentarité qui permit la culture des céréales. Le blé est l'une de ces céréales connue depuis l'antiquité. Sa culture remontée au mésolithique vers 7000 avant Jésus-Christ **(Ruel, 2006)**. Historiquement le blé dur (*Triticum durum*) a été toujours cultivé dans les régions a climat de type méditerranéen telles que l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte), le sud de l'Europe (Espagne, France, Italie, Grèce), et le Moyen Orient (Turquie, Syrie, Palestine) **(Hannachi, 2018)**.

C'est en l'an 300 ans avant JC, que les premiers procédés de panification ont été élaborés par les Egyptiens qui préparaient déjà les premières galettes à base de blé. L'homme sait alors produire sa propre nourriture, en même temps celui-ci acquiert son autosuffisance alimentaire et en ces temps-là, apparaissent les premiers échanges commerciaux. Par la suite, les techniques de panifications se sont améliorées grâce au Hébreux, Grecs et enfin Romains qui en répandent l'usage à travers l'Europe et devenue, un des constituant essentiel de l'alimentation humaine **(Yves et de Buyer, 2000)**.

## I.2.L'importance du blé

### I.2.1.Dans le monde

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Ils sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale **(Slama et al., 2005)**.

Le blé dur est relativement peu produit dans le monde. Ainsi, la production mondiale de blé dur ne constitue en moyenne que quelques 5% de la production totale mondiale, qui a dépassé les 700 millions de tonnes au cours des dernières années, 20% de la production de blé dur est essentiellement échangée dans le monde **(Maamri, 2018)**.

Selon les statistiques de **(FAO, 2018)** la production mondiale de blé en 2018-2019 s'établit à 736,1 millions de tonnes en 2018, soit 2,7 pour cent de moins qu'en 2017. L'essentiel de la réduction résulte d'une baisse des rendements provoquée par des conditions climatiques défavorables, en particulier dans les principaux pays producteurs de la CEI.

## **I.2.2.En Algérie**

Le blé est un enjeu majeur pour l'Algérie dont la consommation nationale atteint 10 millions de tonnes. Un besoin qui avait longtemps fait les beaux jours des agriculteurs français comptant sur les rapports privilégiés entretenus entre Paris et Alger pour approvisionner ce marché, où la consommation de céréales est très importante et rentre même dans la stratégie gouvernementale de maintien de la paix sociale. Une situation qui place l'Algérie comme troisième plus grand importateur de blé dans le monde et qui fait d'elle un marché appétissant pour les producteurs de céréales [1].

« La campagne céréalière 2017/2018, a été particulièrement positive, et ce grâce aux efforts consentis par tous les acteurs du secteur », c'est ce qu'a déclaré Abdelkader Bouazghi, ministre de l'Agriculture, du développement rural, et de la Pêche, en ouverture de la réunion avec les cadres du secteur. Indiquant que la production réelle de cette campagne, est de l'ordre de 60,5 millions de quintaux contre 34,7 millions de quintaux pour la campagne précédente, soit une hausse de 74,4%. **(FCE, 2018)**

Dans ce sens, le blé dur est représenté par une production de 31,5 millions de quintaux, contre 19,9 l'année passée, l'orge enregistre une production de 19,5 millions de quintaux contre 9,6 millions de quintaux, soit 100% d'augmentation, le reste est constitué de blé tendre et d'avoine. Pour les superficies emblavées au titre de la campagne 2017/2018, elles sont de l'ordre de 3,4 millions d'hectares. Ce qui a donné, 1,6 millions d'hectares pour le blé dur soit 46%, 480 000 hectares pour le blé tendre soit 14%, l'orge avec 1,2 millions d'hectares, et l'avoine avec 81 171 hectares **(FCE, 2018)**.

### I.3. Origine de blé

#### I.3.1. Origine génétique:

Le genre *Triticum* comporte un certain nombre d'espèces cultivées. Génétiquement, elles sont classées en plusieurs groupes: diploïdes (*Triticum monococcum*: 14 chromosomes), tétraploïdes (*Triticum turgidum*: 28 chromosomes), et hexaploïdes (*Triticum aestivum*: 42 chromosomes). Le blé dur est un hybride issu du croisement aléatoire et naturel de l'espèce *Triticum monococcum* (sauvage) et une herbe spontanée au blé appelée *Aegilops speltoides*, qui se sont rencontrées dans la même aire géographique (Belaid, 1996).

#### I.3.2. Origine géographique:

Le blé dur, surtout cultivé en Europe, en Amérique du Nord et au Moyen-Orient. Il est très utilisé dans la région méditerranéenne (Italie, pays du Maghreb) [2].

### I.4. Classification du blé dur

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille qui sont caractérisée par des critères morphologiques particuliers. Le blé dur est une monocotylédone qui obéit à la classification détaillée est donnée par le tableau ci-dessous (Gouasmi *al.*, 2017).

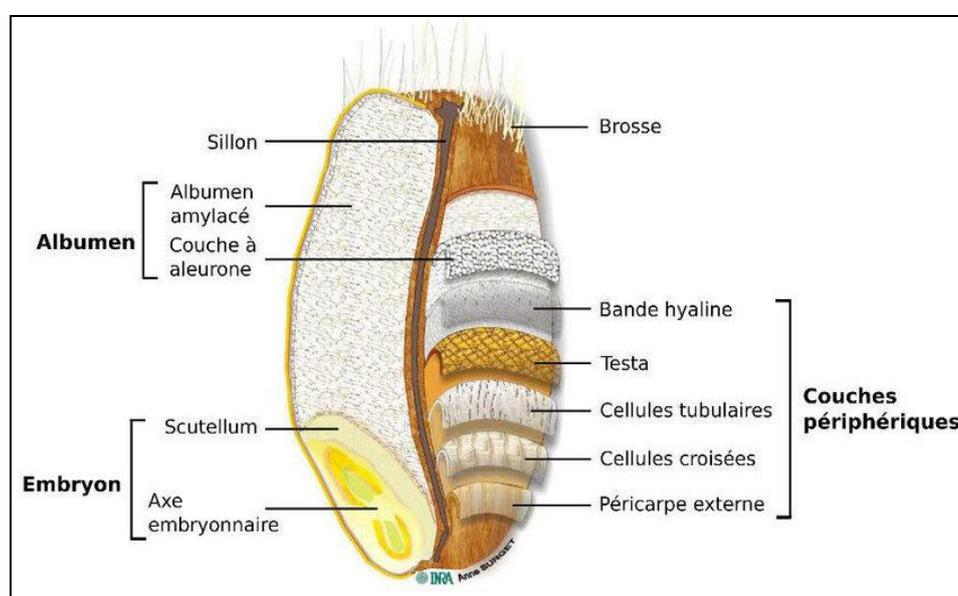
**Tableau.1.** Classification botanique du blé dur selon Feillet (2000) in : (Douaer et *al.*, 2018)

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Commeliniflorales
Sous ordre	Poales
Famille	Graminées
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticinae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

## I.5. Caractéristiques morphologiques

### I.5.1. Le grain

Le grain de blé est un caryopse, c'est un fruit sec indéhiscant, il est de couleur jaune ambrée à violacée selon l'espèce blé dur ou blé tendre et selon la variété. Il présente une partie plane (ventrale) et une partie dorsale légèrement bombée. La base élargie contient le germe et le sommet est garni de petits poils (la brosse) (figure 1), la partie ventrale est fondue par un sillon qui pénètre profondément dans le grain, cependant la partie dorsale présente une arête plus ou moins prononcée (**Gond et al., 1986 in Oudjani, 2009**).



**Figure 01** : Anatomie du grain de blé

### I.5.2. Appareil aérien :

#### I.5.2.a. La tige:

La tige commence à prendre son caractère au début de la montaison, c'est-à-dire prend sa vigueur et porte 7 à 8 feuilles, elle présente des bourgeons auxiliaires que servent à l'origine des talles, elle s'allonge considérablement à la montaison. (**Alismail et al., 2017**).

#### I.5.2.b. La feuille:

Les feuilles sont à nervures parallèles. Le limbe possède souvent à la base deux prolongements aigus embrassant plus ou moins complètement la tige : les

oreillettes ou stipules ; à la soudure du limbe et de la gaine peut se trouver une petite membrane non vasculaire entourant en partie le chaume (Belaid, 1986). La feuille terminale a un rôle primordial dans la reproduction (Soltner, 1988).

### I.5.3. Appareil reproducteur:

Les fleurs sont regroupées en une inflorescence composée d'unités morphologiques de base : les épillets (figure 2). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole (Soltner, 1988).

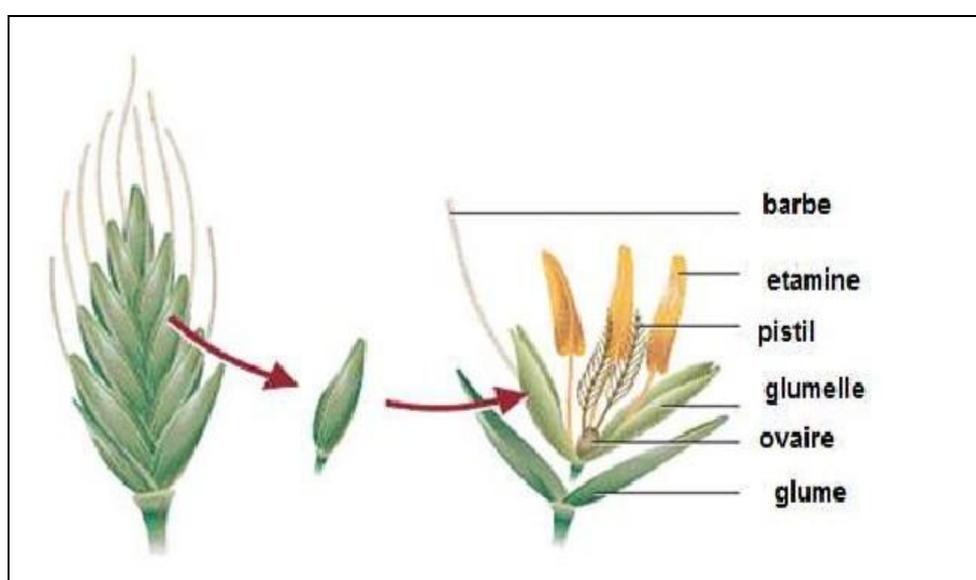


Figure 02 : Structure d'un épi et épillet du blé

### I.5.4. Appareil racinaire:

La racine du blé est fibreuse. A la germination la radicule ou racine primaire, et un entre-nœud sub-coronal émergent du grain. Le système racinaire secondaire peut être assez développé, s'enfonçant à des profondeurs atteignant jusqu'à deux mètres. Il apporte les éléments nutritifs à la plante (Soltner, 1988).

## I.6. Cycle biologique du blé

### I.6.1. La période végétative :

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à la fin de tallage (Bada., 2007).

## I.6.1.a. La germination-levée

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

Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis est visible (**Gate, 1995**). Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (**Eliard, 1979**).

## I.6.1.b. Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. La formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire (maitre-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> talle apparaissent à l'aisselle de la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> feuille (**Hamadache, 2013. In : Salmi, 2015**). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entrenœuds (**Gate, 1995. In : Salmi, 2015**).

## I.6.2. Période de reproduction

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi (Lunes et *al.*, 2010)

### I.6.2.a. Phase de la montaison

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (**Clément-Grandcourt; Prat, 1971**).

### I.6.2.b. Phase de l'épiaison et de fécondation

Elle est marquée par la méiose pollinique, l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi (figure 03). C'est au cours de cette phase que s'achève la

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

### I.6.2.c. La maturation du grain

Au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'album se charge de substances de réserve. On observe une augmentation du volume du poids des graines (stade laiteux). Ensuite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue (stade pâteux). Puis les grains deviennent durs et leur couleur devient jaunâtre (Boufnar-Zaghoune et Zaghouane, 2006).

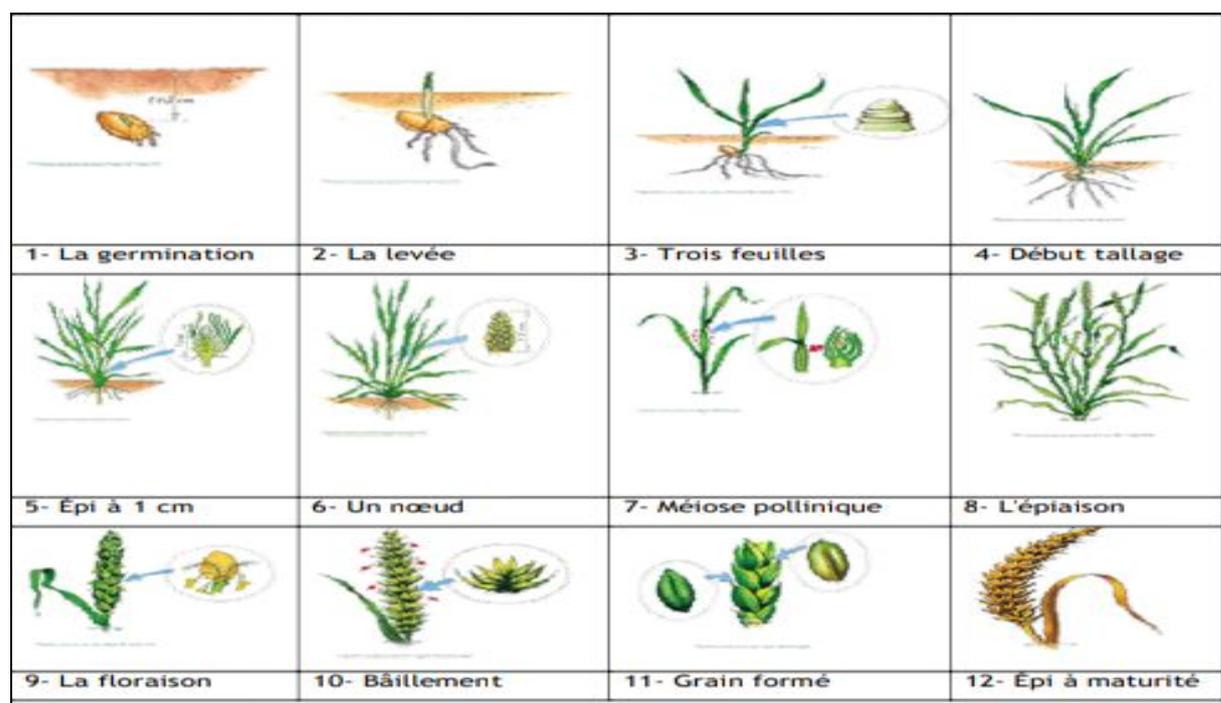


Figure03 : Stades repères du cycle de développement du blé

## I.7.les exigences de blé

### I.7.1. Température

La germination commence dès que la température dépasse 0°C, avec une température optimale de croissance située entre 15 à 22° C. Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400 °C selon les variétés.

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

## **I.7.2. L'humidité**

Les besoins en eau de la culture du blé varient entre 450 et 650 mm selon le climat et la longueur du cycle végétatif **(Baldy, 1974)**.

## **I.7.3. La photopériode**

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

## **I.7.4. Sol**

Le blé dur apprécie les sols limoneux, argileux calcaires ou les sols argileux siliceux profonds, il a besoin d'un sol sain, se ressuyant bien en hiver et à bon pouvoir absorbant. En terre peu profonde, il y a risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique).

Du point de vue caractéristique chimique, les blés dur sont sensibles à la salinité, un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation ce qui entrave la croissance et en particulier celle des racines **(Maachi, 2005)**.

## **I.8. Le stress hydrique**

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire. La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol **(Laberche, 2004)**.

Le déficit hydrique à la montaison se traduit par la production très réduite du nombre d'épis par unité de surface. Il induit aussi la réduction du nombre de sites des grains par épi. Vers le stade méiose-épiaison, c'est l'avortement des fleurs qui devient important (**Debaeke et al., 1996**). Le manque d'eau après la floraison, combiné à l'effet des hautes températures, entraînent une diminution du poids moyen du grain. Il affecte, en effet, la vitesse et la durée du remplissage du grain (**Triboi, 1990**). L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi-arides, pour tolérer la sécheresse (**Slama et al., 2005**).

## **I.8.1.Effets du stress hydrique sur le végétal**

Les stress provoqués par un déficit en eau constituent une menace permanente pour la survie des plantes (**Hopkins, 2003**). L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (**Yokota et al., 2006**). Tous les processus de la plante sont affectés par un déficit hydrique, que ce soit le métabolisme, l'organogénèse (production d'organe par les méristèmes) et la morphogénèse (phénomène de différenciation, et de croissance aboutissant à des organes matures) (**Doré et al., 2006**).

### **I.8.1.1.Effet du stress hydrique sur la photosynthèse**

La diminution de la photosynthèse, liée à la diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est due essentiellement, à la réduction de la pénétration du CO<sub>2</sub>, limitée par une fermeture des stomates (**Plaut et Federman, 1991 in Salmi, 2015**). En effet, l'effet dépressif d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse des végétaux résulte non seulement d'une baisse de la conductance stomatique, mais également d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire (**Kaiser, 1987 in Salmi, 2015**). Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**). Selon (**Tahri et al., 1997 in Salmi, 2015**), une baisse dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b) a été enregistrée chez trois variétés de blé dur sous l'effet du stress. Par ailleurs, **Fahmi et al., (2011)** remarquent une nette diminution de la teneur en pigments chlorophylliens (chlorophylle a, b) et caroténoïdiques des feuilles d'arganier, avec le stress hydrique, cela peut être due à la fermeture partielle des

stomates qui limite la photosynthèse ou peut être le résultat de la dégradation de la chlorophylle.

## **I.8.1.2.Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé**

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

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

L'un des premiers effets provoqués par le déficit hydrique est une réduction de la croissance végétative. La croissance de la partie aérienne, et surtout celle des feuilles, est généralement plus sensible que celle des racines **(Hopkins, 2003)**. Toutefois, si le stress est sévère on peut observer aussi un arrêt total du développement foliaire **(Hegarty et Ross, 1978)**.

Pour les céréales, la période de sensibilité la plus élevée est celle qui va de la formation du grain de pollen (stade fin gonflement) à la fécondation. Tout déficit hydrique à ce moment affecte le nombre de grain/ épillet **(Gate et al., 1990)**.

Le stress hydrique a deux conséquences quasi simultanées sur le tallage du blé **(Casals, 1996)**. La première est l'arrêt du processus de tallage qui se traduit par un arrêt de la croissance des bourgeons axillaires. Une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit donc le nombre et la taille des talles chez le blé **(Davidson et Chevalier, 1990 ; Stark et Longley, 1986 ; Blum et al., 1990)**. La seconde est la réduction de la vitesse de croissance des talles les plus jeunes.

## **I.8.1.3.Effet du stress hydrique sur le rendement**

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs **(Debaeke et al., 1996 in Mouellef, 2010)**. Le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de

grains par épi, du poids de grains par épi et du nombre d'épis par m<sup>2</sup> (Triboï, 1990 in Mouellef, 2010). L'effet du déficit hydrique sur ces composantes et par conséquent sur le rendement, dépend du stade au cours duquel ce déficit survient. Ainsi, un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m<sup>2</sup>, la régression intense des talles et la baisse du nombre de grains par épi (Debaeke et al., 1996 in Mouellef, 2010).

À la fin de la montaison, 10 à 15 jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (Debaeke et al., 1996 in Mouellef, 2010). Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (Triboï, 1990 in Mouellef, 2010). Par ailleurs et pour bien se développer, la plante doit disposer de mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter le stress hydrique.

### **I.8.2.Mécanismes d'adaptation au stress hydrique**

La résistance globale d'une plante vis-à-vis du déficit hydrique est la résultante de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques (Passioura, 2004).

#### **I.8.2.1.Adaptation phénologique :**

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique.

La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle. Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (Ben Naceur et al, 1999). La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (Bajji, 1999). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (Gonzalez et al, 1999).

En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitant (**Poorter, 1989**). La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (**Ben Salem et al, 1997**).

## **I.8.2.2. Adaptation morphologiques**

L'adaptation peut prendre forme, suite à des modifications d'ordre morphologiques pour améliorer l'absorption de l'eau, et/ou diminuer la transpiration et la compétition entre organes pour les assimilats produits. Ainsi certaines variétés réduisent de la surface foliaire et le nombre de talles, pour ajuster leur consommation en eau. Elles sont dites plantes économes. D'autres possèdent la capacité d'enrouler le limbe foliaire pour minimiser la transpiration et réduire l'effet du stress lumineux. D'autres variétés investissent dans le développement d'un système racinaire profond, pour avoir accès à des horizons plus humides, et ainsi elles s'assurent une meilleure alimentation hydrique. Ces plantes sont dites dépendantes en eau (**Slafer et al., 2005**).

## **I.8.2.3. Adaptation physiologique**

Les protéines de sécheresse, analogue au heat shock proteins (HSP) et des polyamines (putrescine, spermidine), participent également dans le processus d'adaptation [3].

L'acide abscissique qualifié «d'hormone de stress», est synthétisé rapidement et semble avoir un rôle important dans la réponse au stress, dans l'inhibition de la photosynthèse et le ralentissement de la croissance des feuilles (MALAMY., 2005). D'autres substances sont synthétisées par les plantes stressées, telle que la proline, qui peuvent maintenir les fonctions cellulaires par la protection de ses structures et par l'ajustement osmotique (JUBAULT et al., 2008; HADAR et GALILI.,2008). Cette accumulation est un indice de résistance à la sécheresse (MANI et al., 2002).

## I.8.2.4. Adaptation biochimique

### I.8.2.4.a. Accumulation de la proline

Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. La proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (**Ben Rejeb et al, 2012**).

L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique (**Acevedo et al, 1989**). Selon **Tahri et al, (1997)** l'accumulation de la proline, induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires: stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. Son accumulation dans les feuilles de plantes qui souffrent d'un manque d'eau a été décrite très anciennement (**Cornic, 2008**). On pense que l'accumulation se fait dans le cytoplasme où sa concentration atteint parfois 230 à 250 mm. Elle peut à cette concentration participer effectivement à l'ajustement osmotique de la plante (**Samars et al, 1995**). Un déficit hydrique plus grave amplifie davantage l'accumulation de la proline dans les tissus foliaires, atteignant pratiquement le double de celle du témoin (757,15 contre 345,72 µg / 100 mg feuilles, soit 119,01 % d'augmentation) (**Hireche, 2006**). Outre son rôle osmotique, la proline semble aussi avoir un rôle dans l'enroulement foliaire, constituant un mécanisme de limitation de la transpiration chez les céréales, qui serait lié à l'accumulation d'acide abscissique (ABA) au niveau des feuilles. Elle pourrait en outre jouer plusieurs rôles dans le métabolisme intracellulaire, dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques, et favoriserait la reprise après réhydratation (**Lepoivre, 2003**). Plusieurs sélectionneurs et physiologistes ont utilisé la capacité de son accumulation dans le criblage de génotypes résistants au déficit hydrique sur le blé dur (**Benlarabi et Monneveux, 1988**).

## I.8.2.4.b. L'accumulation de sucres solubles

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (**Henchi, 1987**). Le potentiel osmotique peut être maintenu pour un stress hydrique de faible ou moyenne intensité, par ajustement osmotique. Les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour cet ajustement osmotique (**Dubos, 2001**). Ils permettent également une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés ainsi qu'une protection des protéines (**Darbyshire, 1974**).

Généralement, on pense que l'accumulation de sucres solubles peut avoir comme origine l'hydrolyse de réserves (en particulier, d'amidon) mais aussi une modification du métabolisme carboné, la dégradation de polysaccharides et une réduction de l'utilisation de carbohydrates plus importante que la réduction de la photosynthèse en conditions de déficit hydrique (**Lepoivre, 2003**).

De nombreuses études ont mis en évidence l'accumulation de sucres solubles lors de la dessiccation. Une idée principale en ressort: différents sucres solubles peuvent être présents dans des tissus bien hydratés, mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation (**Dubos, 2001**). Chez le soja, la teneur foliaire en saccharose contribuerait au maintien d'une pression osmotique élevée limitant les pertes d'eau par transpiration (**Bensari et al., 1990**). **Berka et Aïd, (2009)** montrent que la teneur en sucres solubles des feuilles des plants stressés augmente régulièrement et d'une manière significative en fonction de la diminution de la teneur relative en eau. Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmo-régulateurs (**Kameli et Losel, 1995; Sanchez et al., 1997**) qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse (**Morgan, 1984; Zhang et al., 1999**).

***Chapitre II :***

---

***Matériels et***

***méthodes***



### II.1. Description du site expérimentale

L'expérimentation a été réalisée durant deux campagnes agricoles : 2014-2015 et 2015-2016 au niveau des champs expérimentaux de l'institut national de recherche agronomique d'Algérie (INRAA) de Sétif.

- ✓ Elle se situe au sud - ouest à 5 km de la ville de Sétif.
- ✓ Latitude : 36°.168 ; Longitude : 05.369 ; Altitude : 970 m.
- ✓ Type de sol : lourds à texture limono- argileuse avec présence de calcaire.
- ✓ Climat se caractérise par des hivers froids, des gelées printanières très fréquentes et des vents chauds et desséchants en fin de cycle de la céréale. La pluviométrie est irrégulière avec une moyenne de 369 mm, ce qui situe cette zone des Hauts- Plateaux dans l'étage bioclimatique semi - aride.



Figure 04 : Le site expérimental (Google map 2020).

### II.2. Matériel végétal :

L'étude a comporté 7 variétés différentes de blé dur, issues de sélection CIMMYT/ICARDA et de variétés locales (Tableau02).

Tableau .2. Origine des sept variétés étudiées (Chaib et al., 2015)

Variétés	Origine
Waha	Syrie ICARDA/CIMMYT
Bousselem	ICARDA/CIMMYT
Mexicali75	Arizona
Oued Zenati	Algérie
Polonicum	Algérie
Hoggar	ICARDA/CIMMYT
Altar 84	ICARDA/CIMMYT

### II.3. Description des variétés :

#### ❖ Oued Zenati

Est une sélection locale faite à l'intérieure du matériel introduit de l'ITGC (Station de Guelma/1936.). C'est une variété tardive, est assez résistante à la moucheture et au mitadinage, avec un rendement moyen. Adapté aux plaines intérieurs, son épi est blanc, compact à barbes noirs et longues, sa paille est haute et pleine, le grain est ambré, gros et peu allongé, le PMG est élevé. C'est une variété tardive dont le tallage est moyen, tolérante à la septoriose sensible aux rouilles brunes et jaunes et à la fusariose. (Bouthiba et Debaeke, 2001).

#### ❖ Hoggar

Est une variété du sud de l'Espagne, sélection (ITGC de Tiaret/1986), C'est une variété dont l'épi est demi-lâche et blanc. Le grain moyen est roux, le PMG est élevé. La paille ainsi que le tallage sont moyen. Elle est peu sensible à l'helminthosporiose et moyennement tolérante aux rouilles, tolérantes à la verse. Elle est adaptée aux Hauts Plateaux et les zones Sahariennes. (Ait -kaki, 2008)

#### ❖ Waha

Est une sélection locale faite à l'intérieure du matériel introduit de l'ICARDA. Elle se caractérise par sa précocité, ce qui la rend sensible au gel tardif, très productive avec une stabilité du rendement élevée et tolérance à la sécheresse (Mziani et al.1993 ,Nachit, 1994).C'est une variété qui réussite à échapper aux stress de fin de cycle (Abassene, 1997). Elle présente un épi demi-lâche à compact, roussâtre, la paille est

courte et demie pleine. Le grain est moyen, clair ambré à roux. Le PMG est moyen. le tallage est moyen à fort avec une très bonne productivité. Elle est modérément tolérante aux rouilles, à la fusariose et à la septoriose, sensible au piétin-échaudage. Elle est adaptée aux hauts plateaux et aux plaines antérieures (Bouthiba et Debaeke, 2001).

### ❖ **Bousselem**

Sélectionné localement, à partir de CIMMYT/ICARDA, c'est une variété haute de paille, présentant des épis blancs, barbe noire-grise, demi-lâche, long et robuste et hauteur de la plante moyenne de 90 à 100 cm, elle se caractérise par une résistante aux maladies cryptogamiques, mais le traitement des semences aux fongicides est recommandé. Elle a aussi une résistance au froid, à la verse, à la sécheresse (Baghem, 2012).

### ❖ **Mexicali**

Est une variété CIMMYT, elle est caractérisée par sa précocité et son grain allongé, très productive avec une stabilité du rendement élevée. Adaptée aux Hauts plateaux et aux zones sahariennes (Ait -kaki, 2008).

### ❖ **Altar**

Est une variété CIMMYT mexico lancée en 1984. Elle possède une bonne qualité industrielle, combinée à un potentiel de rendement élevé, une grande capacité d'adaptation, et une meilleure résistance aux maladies par rapport a Mexicali 75 (Ait -kaki, 2008).

### ❖ **Polonicum**

Est une sélection locale, elle est caractérisée par sa tardivité, de type hiver, le grain est jaune terne, gros et allongé, avec une bonne résistance à la moucheture et au mitadinage. Elle a un rendement moyen, cultivée en plaines intérieures et hauts plateaux. (Ait -kaki, 2008).

## II.4. Le dispositif expérimental

Les génotypes sont semés dans un dispositif expérimental randomisé en blocs avec trois répétitions, avec des parcelles élémentaires comportant 6 lignes d'une longueur de 2,5 m avec un espace entre les lignes de 0.20m.

La densité de semis est de 300 grain/m<sup>2</sup>

Le semis est réalisé dans les dates suivantes :

- ✓ 16 décembre 2014(campagne 2014-2015)
- ✓ 21 décembre 2015 (campagne 2015-2016)

Les dates de récolte sont :

- ✓ 1 juillet 2015 (campagne 2014-2015)
- ✓ 6 juillet 2016 (campagne 2015-2016)

### II.5. Paramètres étudiés

#### II.5.1. Paramètres climatiques

La pluviométrie ainsi que la température maximale et minimale sont enregistrées quotidiennement. Elles sont obtenues à partir de la station météorologique proche du site expérimental.

#### II.5.2. Paramètres de production

##### II.5.2.1.Nombre d'épi par m<sup>2</sup> (NE/m<sup>2</sup>):

On a compté le nombre d'épis par 50 cm linier et à l'aide de la règle de trois on le ramène en m<sup>2</sup>.

##### II.5.2.2.Nombre de grain par m<sup>2</sup> :

Le nombre de grain par unité de surface est déterminé par calcul, utilisant la formule suivante:

$$NGM^2 = 1000(RDT/PMG)$$

NGM<sup>2</sup> = nombre de grains m<sup>2</sup>

RDT = rendement en g m<sup>2</sup>

PMG = poids de 1000 grains en g

##### II.5.2.3.Le poids de mille grains (PMG)

Le poids de milles grains (PMG, g) a été déduit par comptage manuel et pesage de 250 graines pour chaque variété et ce après élimination des impuretés et de grains cassés. Le poids obtenu est multiplié par 4. Trois répétitions sont faites pour cette variable.

##### II.5.2.4.Rendements en grains (RDT) :

Le rendement final a été calculé par peser des grains sur chaque station récoltée.

### II.5.2.5. La biomasse aérienne (BIO) :

Le poids de la biomasse aérienne accumulée à maturité, déterminée à partir d'un bottillon de végétation récolté d'un rang de 1m par parcelle élémentaire.

### II.5.2.6. L'indice de récolte (IR)

Il est déduit par le rapport du rendement en grain sur le poids de la biomasse aérienne accumulée à maturité :

$$HI\% = 100 \times (RDT/BIO)$$

## II.6. Analyse statistique

Les résultats présentés sous forme d'histogrammes, de courbes et de tableaux, sont réalisés par le logiciel Excel 2010. L'analyse de variance et la comparaison de moyennes ont été réalisées par l'utilisation du logiciel COSTAT. Les matrices des corrélations ont été faites par le logiciel STATISTICA version 8.0 (2007).

# *Chapitre III :*

---

## *Résultat et discussion*



### III.1.Résultat

#### III.1.1. Paramètres climatiques

##### III.1.1.1. Pluviométrie

L'eau est une ressource indispensable pour les végétaux, sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiques vitales (Mazouz, 2006).

D'après l'histogramme qui présente la pluviométrie mensuelle de nos deux campagnes d'étude (Figure 05), nous avons observé tout d'abord une grande variation de précipitation dans les trois premiers mois (décembre, janvier et février). Cependant la pluviométrie de la campagne 2014/2015 enregistre des valeurs importantes (61.97mm, 68.84mm, 60.95mm) par rapport à la deuxième campagne qui enregistre de faibles pluviométrie (10.16mm) et est une sécheresse totale dans le premier mois, par contre on constate une nette augmentation de la pluviométrie printanière dans la campagne 2015/2016 par rapport à la campagne précédente pour les mois de mars, avril et mai.

Enfin, on constate que durant les deux campagnes, la répartition pluviométrique est instable est irrégulière au cours du cycle de développement de la plante (Figure 05).

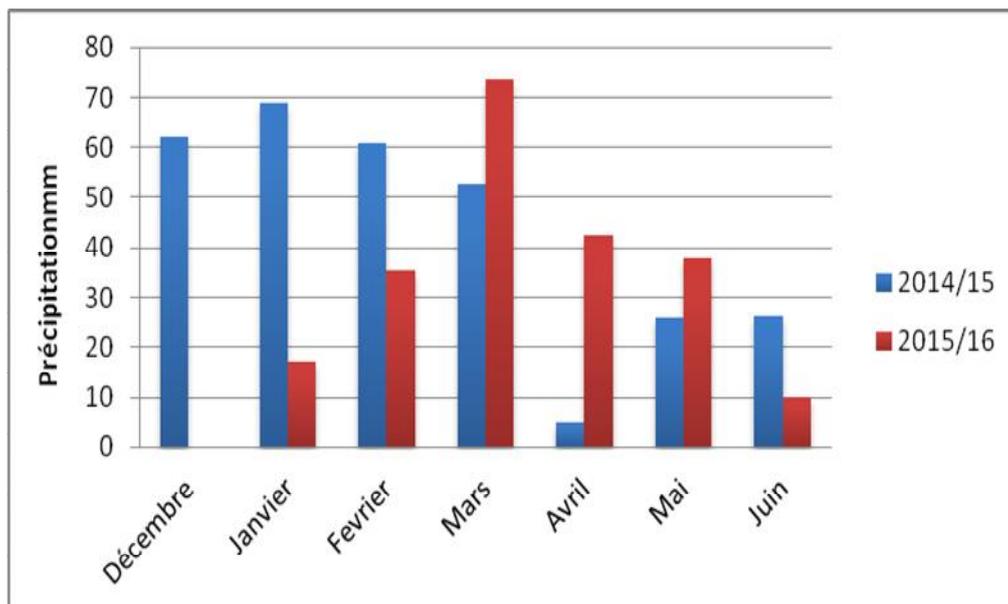


Figure 05 : Pluviométrie mensuelle des campagnes 2014-2016

III.1.1.2. Température

D’après la courbe qui présente les températures mensuelles des deux campagnes d’étude 2014-2016 (Figure 06), nous avons observé tout d’abord une petite variation entre les deux courbes pendant les trois mois d’hiver (décembre, janvier et février) où la campagne 2014/2015 a enregistré les plus basses températures (5°C, 3.7°C, 4°C), ensuite on constate une augmentation similaire et relative des températures pour les deux campagnes au cours du reste de cycle de développement de nos variétés (04 mois derniers).

Enfin on peut conclure que les courbes des campagnes 2014-2016 présentent la même allure et la même tendance d’évolution de température, ce qui signifie une stabilité thermique au cours de temps étudié (Figure 06).

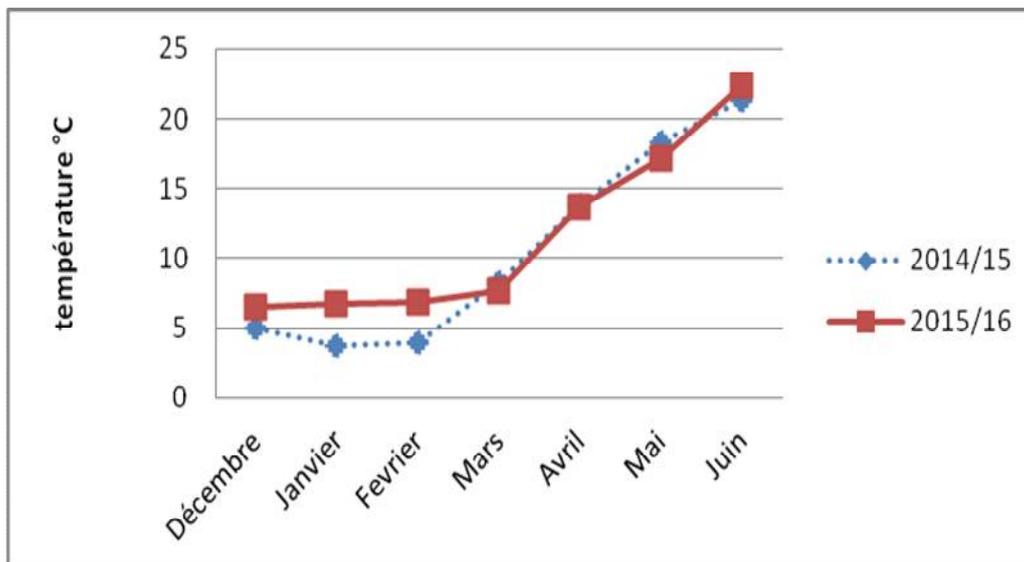


Figure 06 : Températures mensuelles des campagnes 2014-2016

Le diagramme ombrothermique (Figure), réalisé à partir des moyennes des températures et des précipitations de nos deux campagnes agricoles (2014/2015, 2015/2016). Il est caractérisé par une période sèche débutant au mois d’avril, période coïncidant aux phases de floraison et au remplissage du grain.

Concernant la période humide, elle s’étend du mois de décembre jusqu’à la fin du mois de mars. Elle correspond aux stades végétatifs, tallage, montaison et gonflement.

Il est à souligner que la variation de la température limite la croissance de la végétation au cours de la période où généralement le sol est humide et accélère la croissance à un moment où la contrainte hydrique est plus présente. Ces résultats suggèrent que la sélection doit cibler des génotypes qui tolèrent les basses températures au cours de la phase végétative et les températures élevées au cours de la phase de reproduction.

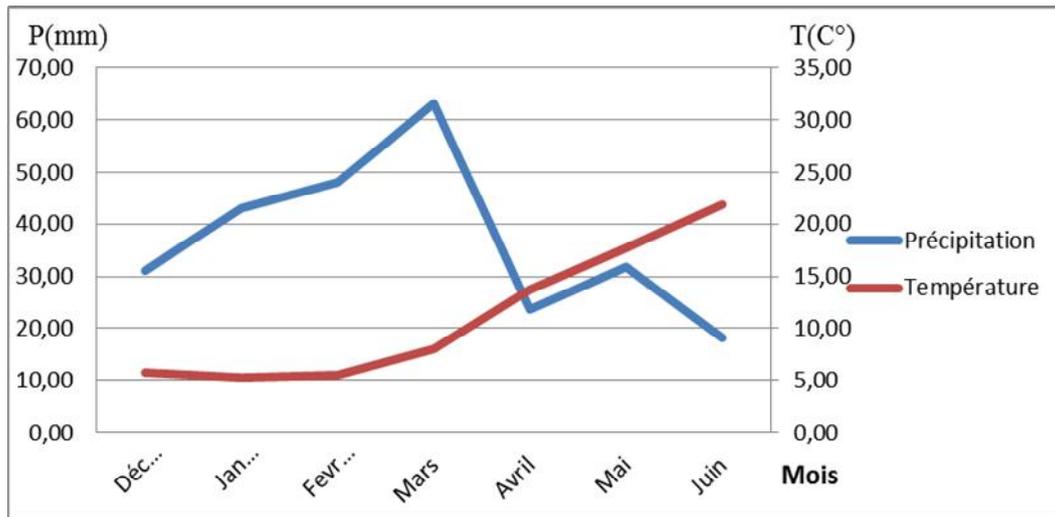


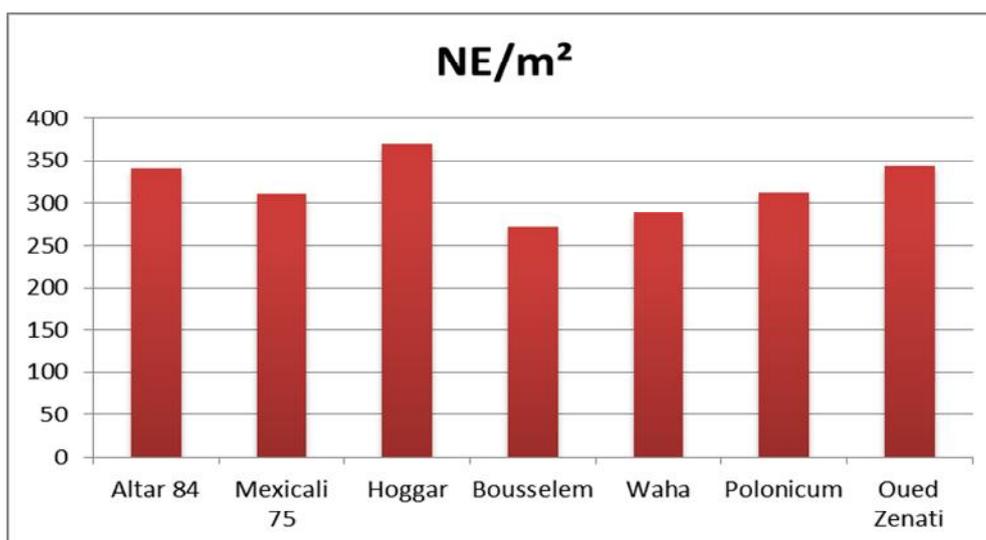
Figure 07 : Diagramme Ombrothermique des deux campagnes 2014-2016

### III.1.2. Paramètres agronomiques

#### III.1.2.1. Le nombre d'épi par m<sup>2</sup>

L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative et bien claire entre les sept génotypes, avec un coefficient de variation de 3,56% (Tableau 04). La moyenne de l'effet génotype du nombre d'épis/m<sup>2</sup> est 319,679 épis/m<sup>2</sup>. Les meilleures valeurs sont mesurées chez la variété Hoggar (369,44 épis/m<sup>2</sup>) suivi d'Altar84 avec 339,995 épis/m<sup>2</sup> (figure 08), Bousselem présente la plus faible valeur (272,22 épis/m<sup>2</sup>). La comparaison des moyennes fait ressortir cinq groupes homogènes (Tableau 04).

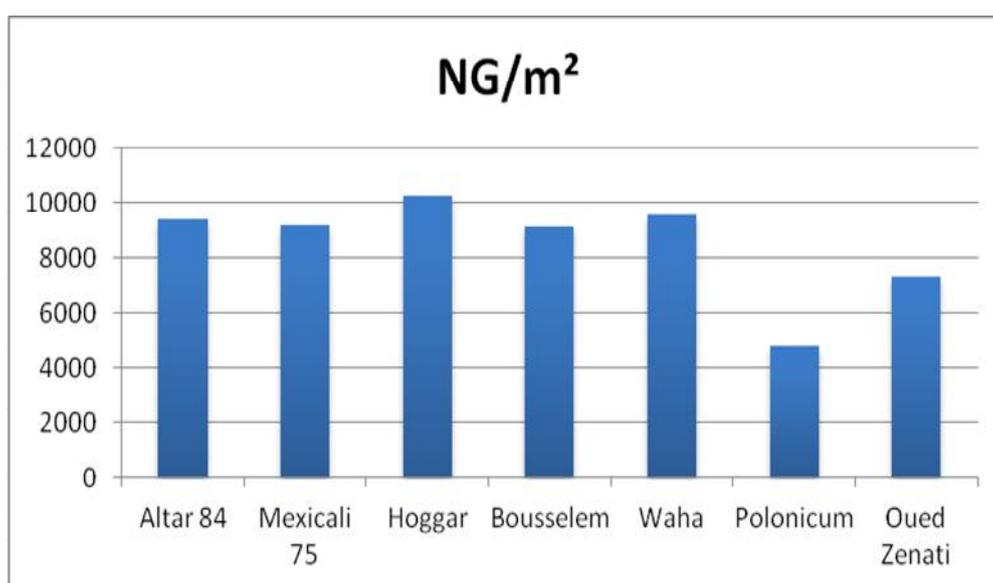
Cependant pour l'effet campagne, La campagne 2014/2015 enregistre le meilleur peuplement épis (527,617 épis /m<sup>2</sup>) et la valeur faible caractérise la campagne 2015/2016 (111,741 épis /m<sup>2</sup>), On distingue par le test LSD deux groupes homogènes (Tableau 04).



**Figure 08 :** Diagramme en bâtons de la moyenne du nombre d'épi/m<sup>2</sup> des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)

### III.1.2.2. Nombre de grain par m<sup>2</sup>

L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très significative entre les sept génotypes, la moyenne du NG/m<sup>2</sup> varie entre 10255,165 grain/m<sup>2</sup> et 4805,425 grain/m<sup>2</sup> pour les variétés Hoggar et Polonicum respectivement (figure 09). La comparaison des moyennes par le test LSD nous a permis de différencier sept groupes homogènes (tableau 04).



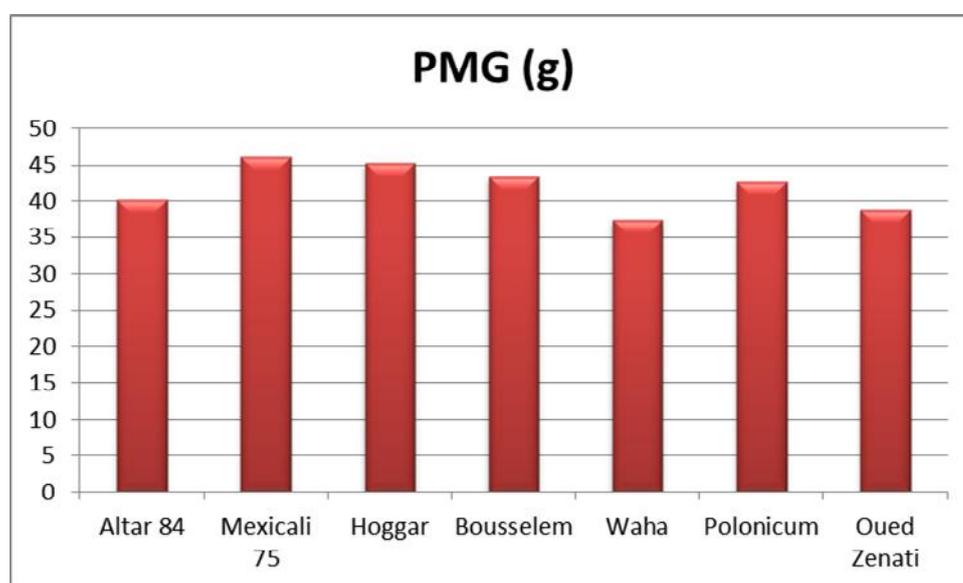
**Figure 09 :** Diagramme en bâtons de la moyenne du nombre de grains /m<sup>2</sup> des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)

La moyenne générale du nombre de grain par m<sup>2</sup> est 8508,01, la campagne 2014/2015 marque le meilleur nombre avec 13302,786 grain/m<sup>2</sup>, alors que la saison 2015/2016 marque la faible valeur de 3713,247 grain/m<sup>2</sup>. On distingue par le test LSD deux groupes homogènes (Tableau 04).

### III.1.2.3. Poids de mille grains

L'analyse de variance du poids de mille grains montre une différence très hautement significative entre les variétés testées et aussi entre les campagnes. La moyenne du PMG est de 41,97 g. La variété qui a le plus grand PMG est Waha avec une valeur maximale qui atteint 45,4g par contre la variété de Mexicali 75 enregistre une valeur minimale de 33,93 g (figure 10). On distingue 3 groupes homogènes (Tableau 04).

La première campagne 2014/2015 enregistre le meilleur PMG (44,33g) alors que deuxième campagne agricole 2015/2016 marque un faible PMG (39,629). Le test LSD permet de différencier deux groupes homogènes (Tableau 04).



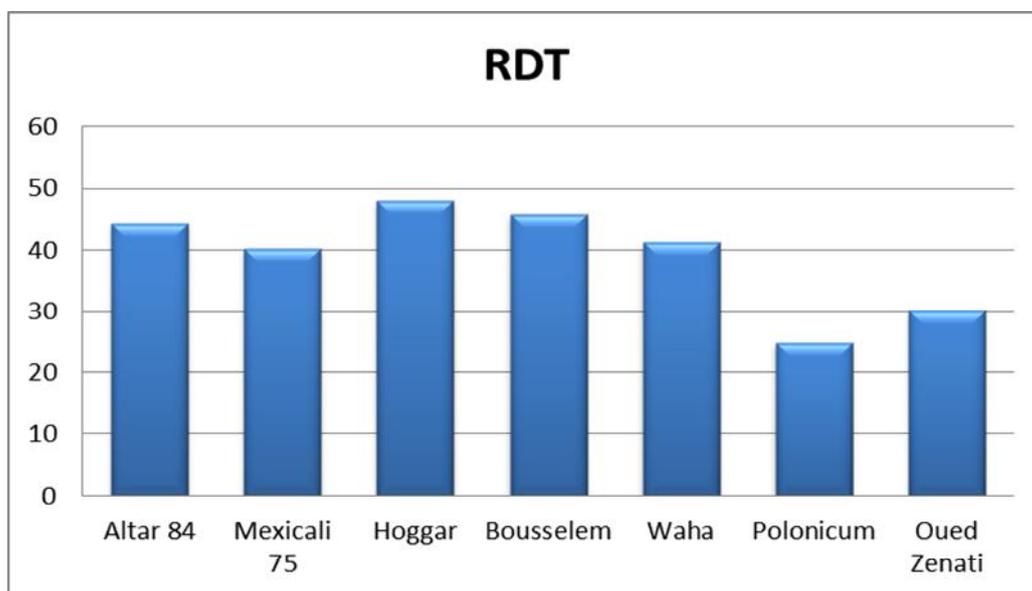
**Figure 10 :** Diagramme en bâtons de la moyenne du PMG des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)

### III.1.2.4. Rendement grain :

L'analyse de variance du rendement grains montre une différence très hautement significative entre les variétés testées et également entre les campagnes. La variété Hoggar se détache en tête avec une moyenne 47,345 Qx/ha, en revanche la

variété Polonicum marque le plus faible rendement avec 21,35 Qx/ha (figure 11), la moyenne générale du rendement grain enregistre une valeur de 36,30 Qx/ha. La comparaison des moyennes par le test LSD nous a permis de différencier six groupes homogènes (tableau 04).

La campagne 2014/2015 marque le meilleur rendement avec 58,824 Qx/ha, en revanche, c'est la campagne 2015/2016 qui a le plus faible rendement avec 14,821 Qx/ha. Deux groupes homogènes se distinguent lors de la comparaison des moyennes (tableau 04).

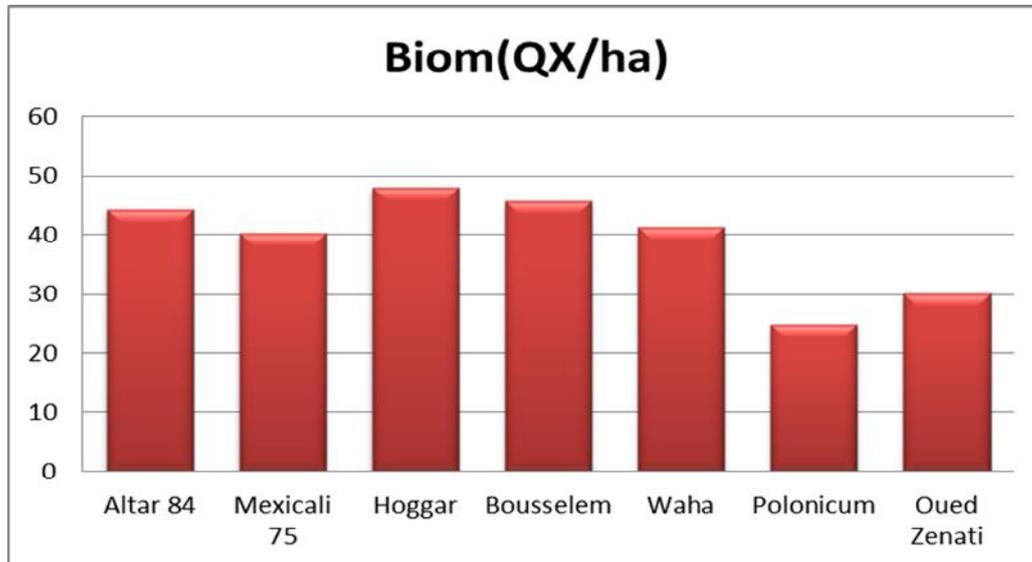


**Figure 11 :** Diagramme en bâtons de la moyenne du rendement en grain des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)

**III.1.2.5. La biomasse arienne :**

A maturité, la biomasse accumulée est d'une différence hautement significative entre les génotypes d'après le test ANOVA, avec une moyenne générale de 135,762 Qx/ha. L'histogramme de la figure 11, révèle une élévation de biomasse chez Hoggar avec une valeur maximale qui atteint 154,315 Qx/ha , par contre la variété Waha enregistre une valeur minimale de 125,765 Qx/ha. La comparaison des moyennes par le test LSD nous a permis de différencier sept groupes homogènes (Tableau 04).

La comparaison des deux campagnes d'étude montre que la première (2014/2015) se détache en tête avec une valeur de 149,25 Qx/ha, alors que la seconde campagne (2015/2016) marque la plus faible biomasse avec 122,274 Qx/ha. On distingue par le test LSD deux groupes homogènes (Tableau 04).

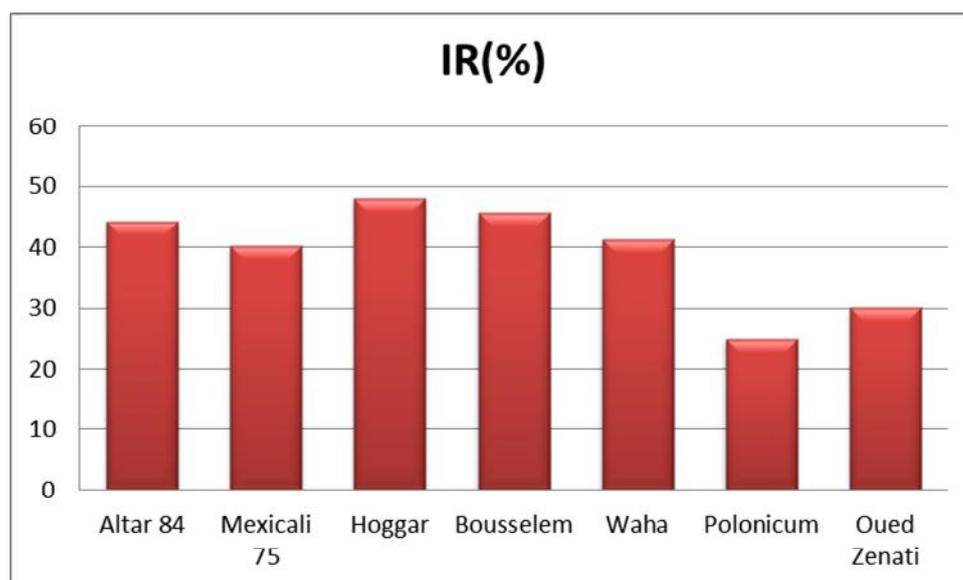


**Figure 12 :** Diagramme en bâtons de la moyenne de la biomasse aérienne des variétés étudiées durant deux campagnes (2014/2016)

#### III.1.2.6. Indice de récolte :

L'indice de récolte est très hautement et significativement différent d'une variété à une autre et entre les campagnes avec une moyenne de 39,22 %. La figure 12 montre une élévation de l'indice de récolte chez Hoggar avec un pourcentage maximal qui atteint 48,055 %, par contre la variété Polonicum enregistre un pourcentage minimal de 24,945 %. On distingue par le test LSD six groupes homogènes (Tableau 4).

Concernant l'effet campagne, la comparaison des moyennes via le test LSD donne un seule groupe homogène. Donc les valeurs de l'indice de récolte entre les deux campagnes sont proches, avec 39,39 % pour la première campagne (2014/2015) et 39,06 % pour la seconde campagne (2015/2016) (tableau 04).



**Figure 13 :** Diagramme en bâtons de la moyenne de l'indice de récolte des variétés étudiées durant (2014/2016).

**Tableau 04:** Valeurs moyennes des variables étudiées.

Génotypes	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	Biom (Qx/ha)	IR (%)
Altar 84	339,995(b)	9366,53(c)	41,23(c)	39,695(c)	127,045(f)	44,285(c)
Mexicali 75	311,665(c)	9154,285(d)	33,93(d)	28,315(e)	128,35(e)	40,3(d)
Hoggar	369,44(a)	10255,165(a)	44,8(ab)	47,345(a)	154,315(a)	48,055(a)
Bousselem	272,22(e)	9099,72(e)	42,365(c)	41,41(b)	132,945(d)	45,73(b)
Waha	288,885(d)	9529,255(b)	45,4(a)	41,34(b)	125,765(g)	41,205(d)
Polonicum	312,775(c)	4805,425(g)	43,23(abc)	21,35(f)	135,865(c)	24,945(f)
Oued Zenati	342,775(b)	7345,735(f)	42,9(bc)	38,305(d)	146,05(b)	30,07(e)
<b>Moyenne</b>	319,679	8508,016	41,979	36,823	135,762	39,227
max	369,44	10255,165	45,4	47,345	154,315	48,055
min	272,22	4805,425	33,93	21,35	125,765	24,945
LSD 0,05	13,502	48,611	2,301	1,075	0,775	1,385
Campagnes	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	Biom (Qx/ha)	IR (%)
2014/2015	527,617(a)	13302,786(a)	44,33(a)	58,824(a)	149,25(a)	39,394(a)
2015/2016	111,741(b)	3713,247(b)	39,629(b)	14,821(b)	122,274(b)	39,06(a)
<b>Moyenne</b>	319,679	8508,0165	41,9795	36,8225	135,762	39,227
Max	527,617	13302,786	44,33	58,824	149,25	39,394
Min	111,741	3713,247	39,629	14,821	122,274	39,06
LSD 0,05	7,22	25,98	1,23	0,57	0,41	0,74
CV (%)	3,56	0,48	4,62	2,46	0,48	2,98

## III.2. Discussion

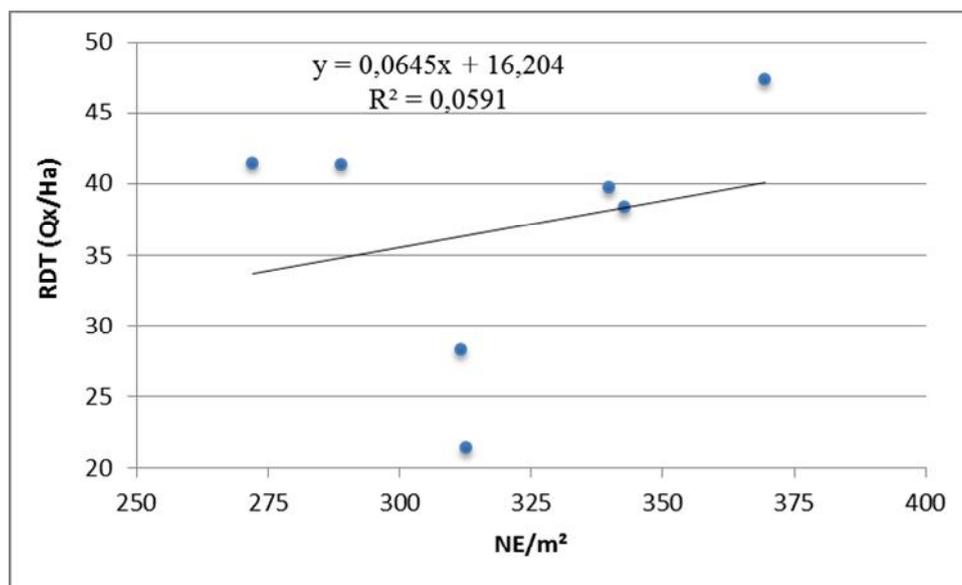
### III.2.1. Relation entre le rendement et ses composantes

#### III.2.1.1. Nombre d'épis par m<sup>2</sup>

Bensalem et *al.* (1991) ont établi une liaison entre le tallage épi et le rendement, par contre ils n'ont pas trouvé de liaison entre le tallage herbacé et le rendement en grain. Selon Austenson et Walton cités par Nass (1973), le nombre d'épis par plante est la composante la plus prépondérante du rendement. L'accroissement du nombre d'épis n'entraîne pas toujours une augmentation du rendement à cause de la compétition induite par le nombre de grains par épi (Combe, 1981).

Dans notre essai, le nombre des épis au m<sup>2</sup> n'est pas corrélé au rendement ( $r = 0,24$ ), ni au poids de mille grains ( $r = 0,10$ ) (tableau 05).

Nos résultats corroborent avec ceux de Moumni (2013) indiquant que le rendement n'est pas corrélé au nombre de grains/épi ( $r = 0,61$ ), et aussi ceux Maamri (2011) qui a constaté l'absence de corrélation entre le rendement et le nombre de grains/épi ( $r = 0,21$ ).



**Figure 14** : Relation entre le nombre des épis et le rendement

III.2.1.2. Nombre de grain par m<sup>2</sup>

Le rendement en grains intègre deux composantes majeures, le nombre de grains /m<sup>2</sup> et le poids moyen du grain (Slafer et Rawson, 1994). Dans notre essai, le nombre de grains par mètre carré est corrélé positivement et significativement avec le rendement ( $r = 0,79$ ) (figure 14) ainsi qu’avec l’indice de récolte ( $r = 0,94$ ) (figure 15). Alors qu’il est en relation faible et négative avec la biomasse ( $r = -0.034$ ) et le poids de mille grains ( $r = -0.068$ ) pour nos deux campagnes d’étude (tableau05).

Maamri (2011), trouve que les génotypes modernes présentent un nombre de gains/m<sup>2</sup> élevé comparés aux génotypes locaux. Ceci peut s’expliquer d’une part, par la bonne fertilité des génotypes introduits, et d’autre part, par le fait que les génotypes modernes produisent plus d’épis par unité de surface.

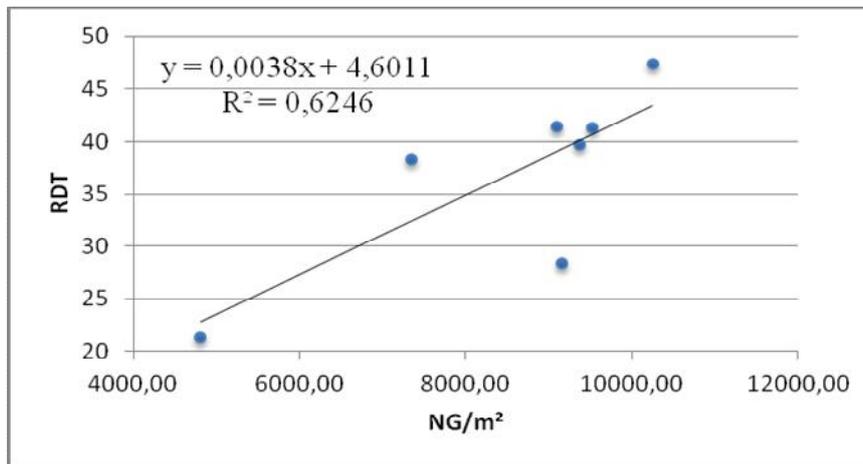


Figure14: Relation entre le nombre de grains /m<sup>2</sup> et le rendement

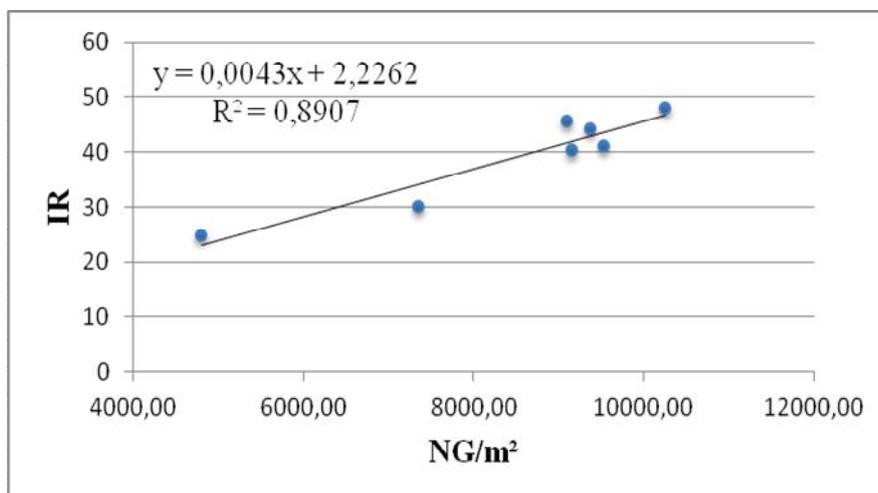


Figure 15: Relation entre nombre de grains/m<sup>2</sup> et l’indice de récolte

## III.2.1.3. Le poids de mille grains (PMG)

Chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*), le rendement en grains maximal résulte de l'équilibre optimal entre le nombre d'épis par unité de surface, le nombre de grains/épi et le poids des grains (Prystupa *et al.*, 2004).

L'étude des coefficients de corrélation, au cours de notre expérimentation, indique qu'une faible association est enregistrée entre le rendement grain et le PMG de l'ensemble des variétés ( $r = 0.46$ ) (figure 16). Sachant que (Maamri, 2011) et (moumni, 2013) notent aussi une absence de relation significative entre le rendement et le PMG. Des résultats similaires ont été reportés par Del Blanco *et al.*, (2001) et Ozturk and Aydin (2004), qui montrent une corrélation positive entre le PMG et le rendement.

Golabadi et ses collaborateurs, (2005) mentionnent que la sélection sur la base de la biomasse doit être faite sous conditions favorables, alors que sous conditions défavorables, la sélection doit être conduite sur la base du poids de l'épi et du poids de 1000 grains.

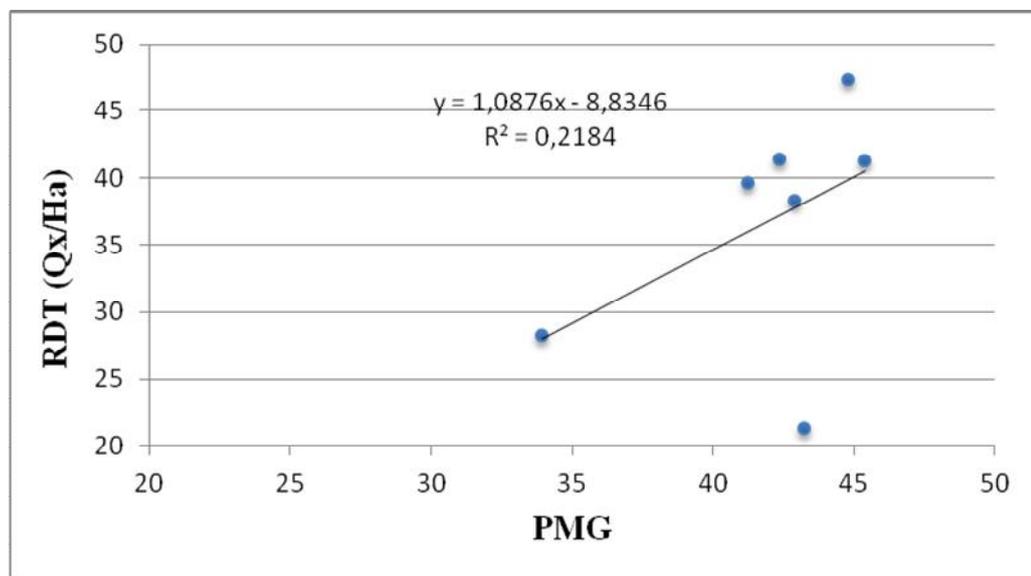


Figure 16: Relation entre le poids de mille grains et le rendement

**III.2.1.4.Rendement en grain**

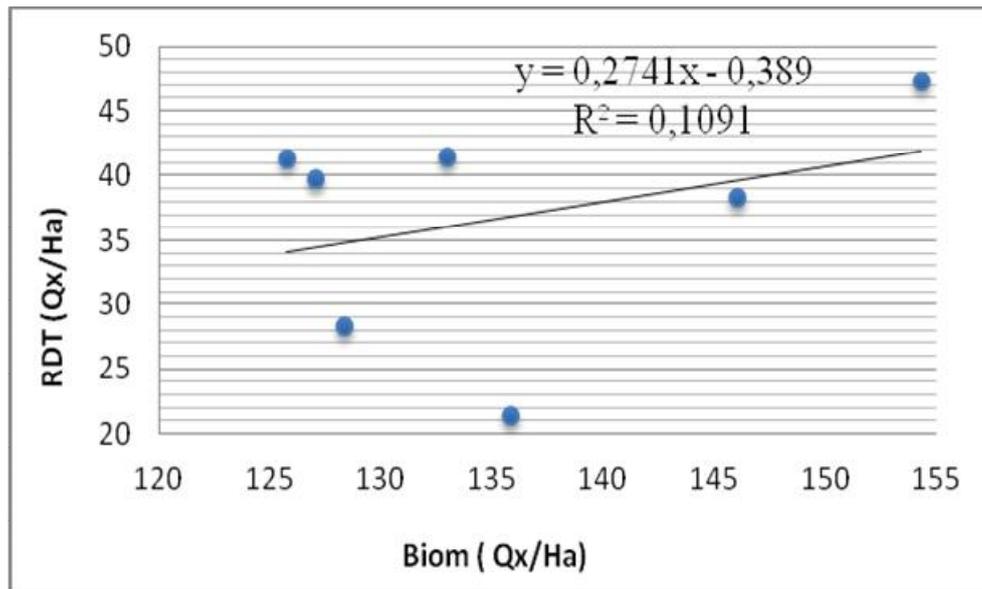
L'analyse des corrélations entre les paramètres mesurés montre qu'il y a des liaisons positives et négatives entre ces paramètres variant d'un faible à une forte corrélation. Dans notre étude, le rendement (RDT) est corrélé positivement et significativement avec le nombre de grains par mètre carré ( $r = 0,79$ ) et avec la biomasse aérienne ( $r = 0.33$ ) (tableau 05).

Slafer et Andrade (1991) notent que l'amélioration du rendement se fait suite à celui de l'indice de récolte, avec peu de changements de la biomasse produite. L'amélioration du rendement s'est faite par augmentation du nombre de grains produits par unité, de surface semée plus que par l'augmentation du poids individuel du grain.

**III.2.1.5.Biomasse aérienne**

L'amélioration de la biomasse et la photosynthèse est un objectif majeur pour l'amélioration du potentiel de rendement du blé (Waddington et *al.* 1987). La biomasse aérienne accumulée au stade épiaison est indicatrice de l'activité photosynthétique de la période de pré-anthèse. Cette période est relativement plus favorable à la culture dans les zones semi-arides. Il est donc souhaitable de développer un matériel végétal qui se distingue par sa capacité à accumuler plus de biomasse aérienne au stade épiaison (Mazouz et *al.*, 2017).

Dans cette étude, la production de biomasse aérienne à maturité ne semble pas différée d'un génotype à un autre. La production de biomasse aérienne à maturité est en relation positive avec le rendement ( $r = 0.33$ ) (figure17), ceci est en accord avec les résultats de (Khebbat, 2015), (Maamri, 2011) et (Moumni, 2013). Par contre, elle est corrélé faiblement et négativement avec l'indice de récolte ( $r = -0.040$ ) et avec le nombre de grains /m<sup>2</sup>( $r = -0.034$ ).



**Figure 17:** Relation entre la Biomasse et le rendement

#### III.2.1.6. Indice de récolte

L'indice de récolte est une mesure de la capacité d'une plante à accumuler les assimilât dans les organes d'une manière économique (Donald, 1968).

Nos résultats, indiquent que l'indice de récolte a une corrélation positive et significative avec le rendement soit ( $r=0.75$ ) (figure 18), et surtout avec le nombre de grains/m<sup>2</sup> ( $r= 0.94$ ) (tableau05), alors qu'il est faiblement et négativement corrélé avec la biomasse aérienne ( $r= - 0.04$ ) et le PMG ( $r= -0.02$ ) (tableau05).

Nos résultats sont analogues avec ceux de (Khebbat, 2015) et (Bahlouli, 2006). Semcheddine (2008) a rapporté que la supériorité du rendement en grains des génotypes modernes, s'est traduite par une supériorité de l'indice de récolte (HI).

Siddique et ses collaborateurs (1989) montrent que l'indice de récolte est un bon indicateur de la tolérance à la sécheresse et aux hautes températures de fin de cycle.

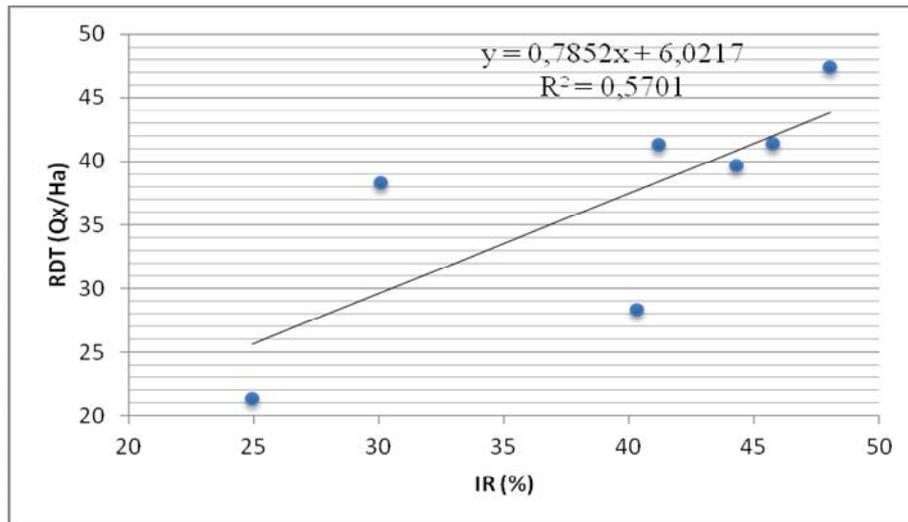


Figure 18: Relation entre l'indice de récolte et le rendement

Tableau05: Matrice des corrélations.

Variables	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG	RDT	BIO	IR
NE/m <sup>2</sup>	<b>1</b>	0,1029	0,1024	0,2430	0,6890	0,0297
NG/m <sup>2</sup>	0,1029	<b>1</b>	-0,0681	<b>0,7903</b>	-0,0341	<b>0,9438</b>
PMG	0,1024	-0,0681	<b>1</b>	0,4673	0,3780	-0,0232
RDT	0,2430	<b>0,7903</b>	0,4673	<b>1</b>	0,3303	<b>0,7551</b>
BIO	0,6890	-0,0341	0,3780	0,3303	<b>1</b>	-0,0401
IR	0,0297	<b>0,9438</b>	-0,0232	<b>0,7551</b>	-0,0401	<b>1</b>

# *Conclusion*



## Conclusion

---

A fin de tester et de déterminer le comportement agronomique de quelques variétés de blé dur, nous avons établi un protocole expérimentale qui consiste à étudier quelques paramètres agronomique de ces variétés, dans des conditions agro climatiques propre à la zone semi- aride.

Le but visé, est de déterminer les meilleurs génotypes en terme de productivité qualitative et quantitative d'une part, d'autre part étudier l'interaction et les effets des conditions agro-climatiques (effet campagne) sur les différents génotypes étudiés.

Les résultats, nous montre que les 07 variétés ont un rendement approximatif en les comparant au rendement moyen de la zone étudiée et au rendement national ; cependant la valeur la plus élevée est représentée par la variété **Hoggar** avec (47,345qx/ha), suivit de **Bousselem, Waha et Altar84** ; et le plus faible rendement est donné par la variété **Polonicum** avec (21,35qx/ha).

La variété Hoggar enregistre les valeurs les plus élevées des différents paramètres agronomiques étudiés : **NE/m<sup>2</sup>, NG/m<sup>2</sup>, PMG, Biomasse, et Indice de récolte (IR)**

Et ce qui concerne l'étude de la corrélation entre le rendement et les différentes composantes agronomiques des différents génotypes nous avons constaté que le nombre des grains par m<sup>2</sup> et l'indice de récolte sont fortement corrélées. Par contre les autres composantes nous montre une relation faiblement corrélée et surtout avec le nombre des épis par m<sup>2</sup> qui nous offre une corrélation très faible.

La comparaison de nos deux campagnes d'étude indique que la deuxième année (2015 /16) est à potentialités limitées où tous les caractères mesurés enregistrent des valeurs faibles, et cela est probablement dû à la déficience des précipitations (216,66 mm seulement). En revanche, à la première année (2014 /15), la totalité des variables mesurées présentent les meilleures valeurs ; donc, elle est considérée comme campagne à hautes potentialités.

# Conclusion

---

## Perspectives

D'après cette étude on recommande des points importants à appliquer dans l'agriculture au futur :

- L'introduction d'un plus grand nombre de géotypes de blés durs locaux dans le travail de sélection.
- L'étude de plus de caractères agronomiques relatifs au développement végétatif et au rendement (Tallage et composantes du rendement).
- Un essai sous des conditions contrôlées serait intéressant (serre contrôlée).
- Faire une étude globale sur un nombre maximale de variétés (plus de 07 variétés).
- Reprise de cette étude dans des différents endroits (terrains agricoles) avec des conditions edapho-climatiques différentes (climat humide, sub humide).

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques

1. **Abbassenne F., (1997).** Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). Thèse magister, INA Alger, **81p.**
2. **Ait Kaki S., (2008).** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse doctorat, Université de Annaba, **174 p.**
3. **Alismail W et al., (2017).** Influence de la densité de semis sur la production du blé dur dans la zone semi-aride du Haut Cheliff. Thèse de mastère. Univ de Khemis-Miliana. **51p.**
4. **BADA LEILA 2007.** variabilité génotypique du blé dur (*Triticum durum Desf.*) vis à vis de la nuisibilité directe
5. **Baghem O., (2012).** Effet des Techniques Culturelles sur la Biodiversité Faunistique des céréales dans la zone Semi-aride. Thèse de Magister, Université de Sétif, **75 p.**
6. **Bajji M. 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variantssomaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
7. **Baldy C., 1974.** Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques. Leurs influences sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. INRA (France)-CCCE (France)-Projet céréales (Algérie). **183 p.**
8. **Belaid 1996.** Aspects de la céréaliculture algérienne offices de publication universitaires **203P.**
9. **Belaid D., 1986.** Aspect de la céréaliculture algérienne, *ed-* O.P.U, **217**
10. **Belhassen, E., This, D., Monneveux, P. 1995.** L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. Cahiers Agricultures. **4 : 251 – 61.**
11. **Ben Salem M., Boussen H. et Slama A. 1997.** Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour

## Références bibliographiques

---

- l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF / U R E F). Orsay. Sécheresse. **2** : 75- 83 p.
- 12. Bensalem M. Acevedo E. et Srivastava J., 1991.** La sélection des céréales dans les zones arides. Rev. Sécheresse **1 (2)** : 17-20.
- 13. Blum, A. 1989.** Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. CropSci . **29** : 230-233.
- 14. Boufenar- Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC, ICARDA., Alger. **154** p.
- 15. Boulal H., Zaghouane O., El mourid M et Rezgui S. (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Co Edition ITGC/INRA/ICARDA. **176** p.
- 16. Bousba, R., Ykhlef., N., Djekoun, A. (2009).** Water use efficiency and flag leaf photosynthesis in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*). World Journal of Agricultural Sciences, **5**: 609 -616 .
- 17. Bouthiba A., Debaeke P., (2001).** Besoins en eau de différente variété de blé dur en condition semi-arides. LRBN, Laboratoire de Recherche Bioressources Naturelles, Faculté des sciences agronomiques et biologiques, Université Hassiba Benbouali, BP151, Chlef (Algérie), Email: bouthiba\_aek62@yahoo.fr Relations eau-production agricole **p188-195**.
- 18. Bray E et Ziegler P. 1989.** Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. Annual Review of Plant Physiology. And plant mol. Bio., **40**: 95-117p.
- 19. CHABI H., DEROUICHE M., KAFI M. et KHILASSI E. 1992.** Estimation du taux d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya de sétif. Thèse. Ing. INA. El Harrach. **317**p.
- 20. Chadouli, A., Djane-hamed, M., 2015.** L'irrigation d'appoint du blé. Revu ITGC : **14**p.
- 21. Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R. (2005).** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
- 22. Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971.** Les céréales Collections d'enseignement agricole 2eme Ed, Ballier France. **351**p.

## Références bibliographiques

---

23. Debaeke, P., Puech, J., & Casals, M. L. (1996). Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. I. Etude en lysimètres. *Agronomie*, **16** : 3-23.
24. Déjardin A., Sokolov L.N. & Kleczkowski L.A. 1999 .Sugar/osmoticum levels modulated differential abscisic acid independent expression of two stress-responsive sucrose synthesis genes in Arabidopsis. *Biochem J.* **344**: 503 -509 p.
25. Donald, C.M., (1968). The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* **17**: 385–403.
26. Doré T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., & Roger-Estrade, J., 2006 : L'agronomie aujourd'hui. Quae, Versailles Cedex. **114-118**.
27. Douaer a et al .,(2018). Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques Variétés de Blé dur (*Triticum durum Desf.*). Thèse de mastère. Univ de Khemis-Miliana. **44p**.
28. Dubos ., 2001. Sairam et tyagi, 2004).( Dubos C., 2001. Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse de doctorat. Univ. Henri Poincaré, Nancy-I. France.
29. Eliard JL., 1979. Manuel d'agriculture générale. Bases de la production végétale. Ed. J.B. Baillièrre. **344 p**.
30. FAO. (2018). site des données statistique de la FAO (Food and agriculture organisation of the united national).
31. FCE. (2018) fourm des chefs d'entreprise; revu de presse **13 p**.
32. Feillet P. (2000), Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris. **308p**
33. Feldman, M. 2001. Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P et Angus W.J (éd.). The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre, pp **3-58**.
34. Feliachi K, Amroune R et Khaldoune. 2001. Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N0 **35**.ED. ITGC. Algérie.
35. Feliachi K., 2000. Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. Blé 2000-Enjeux stratégies, Actes du 1<sup>er</sup> symposium international sur la filière blé Alger. Ministère de l'agriculture, office Algérien interprofessionnel des céréales, Alger.

## Références bibliographiques

---

36. Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier, Paris. 429 p.
37. Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351 p.
38. Gate Ph. Et Giban M., 2003. Stades du blé. Edition ITCF, Paris. 68 p.
39. Geigenberger et al., 1997. Geigenberger P., Reimholz R., Geiger M., Merlo L., Canale V. & Stitt M. 1997. Resolution of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term water deficit. *Planta*. 201: 502 -518 p.
40. Gouasmi R et al., (2017). Etude biochimique de l'influence du séchage sur la valeur nutritionnelle de deux variétés de blé dur Algériennes (Bousseleme et Siméto). Thèse de mastère. Univ de Khemis-Miliana. 61p.
41. Guettouche, R. (1990). Contribution à l'identification des caractères morphophysiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). Thèse diplôme d'agronomie approfondie.
42. Hamadache, A. (2013). Eléments de phytotechnie générale : Grandes Culture- Tom I : Le blé. 1<sup>ère</sup> édition. Mohamed Amrani. 49-69.
43. Hannachi A, (2017). Aptitude à la combinaison, sélection mono et multi caractères et adaptabilité du blé dur (*Triticum durum Desf.*) aux conditions semi-arides. Thèse de doctorat. Univ Sétif .156p.
44. Hannachi A., Z.Fellahi, H.Bouzerzour, A.Boutekrabt., 2013: Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum Durum Desf.*) under Rainfed Conditions. Journal of Agriculture and Sustainability., 3 (2) :122-131.
45. Henchi, 1987 .Henchi, B. 1987. Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albanica* L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis
46. Herbek, J., & Lee, C. (2009). Growth and development. In: A comprehensive guide to wheat management in Kentucky. The Univ. of Kentucky. [http://www.uky.edu/Ag/GrainCrops/ID125 Section2.html](http://www.uky.edu/Ag/GrainCrops/ID125%20Section2.html) (accessed 29 Nov. 2012).
47. Hopkins, W. G. (2003). Physiologie végétale. 2<sup>ème</sup> édition. De Boeck, Bruscelles: 61 -476.
48. Ingram J et Bartlitz D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*., 47 :377-403p.

## Références bibliographiques

---

49. **Kalarasse A,(2018)**. Effet des altérations de la semence sur le développement de la culture et la qualité du rendement chez le blé. Thèse de mastère. Univ Guelma.
50. **KhebbatZ. (2015)**.Etat hydrique du sol et performance d'une collection de variétés de blé dur.
51. **Laberche, J-C.( 2004)**. La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2eme (éd). Paris.**154 -163** p.
52. **Maachi L., 2005**: Etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : Evaluation de l'efficience de l'irrigation et de la fertilisation azotée, Thèse., Ing, agro, Sah. ITAS, Ouargla, **91**p.
53. **Maamri K., (2011)**. Stabilité du critère de la discrimination du carbone isotopique en relation avec le poids spécifique de la feuille drapeau chez quelques variétés de blé dur cultivées en milieu semi-aride. Mémoire de magister. Faculté SNV. UFA, Sétif. **75** p.
54. **Masale MJ., 1980**. L'élaboration du nombre d'épi chez le blé d'hiver. Influences de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse doctorat. ING. INA, Paris Grignon, **274** p.
55. **Masle, Meynard, J., (1981)**. Relation entre croisement et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, influence des conditions de nutrition. *Agronomie.1* : **365-374**.
56. **Mazouz L et Bouzerzour.H. (2017)** Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans la sélection du blé dur (*TriticumdurumDesf.*) dans le climat semi-aride, *Rev. Sci. Technol., Synthèse* **35**, pp **45-58**.
57. **Mazouz L., (2006)**. Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticumdurumdesf.*) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Thèse de magister. Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, **65** pages
58. **Mekhlouf A., Bouzerzour H., Bemahammed A., Hadj Sahraoui A. et Harkati N. 2006**. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticumdirum, Desf.*) au climat semi- aride. *Sécheresse* **17 (4)** :**507-513**.
59. **Meziani L., Bamoun A., Hamou N ., Brinis L., &Mounneveux P., (1993)**.Essai de définition des caractères d'adaptation de blé dur des différentes

## Références bibliographiques

---

- zones agroclimatiques de l'Algérie. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéennes. Diversité et amélioration variétales. P. Monneveux and M. Bensalem (eds) . Les colloques , **64**. INRA. Paris **191-203** .
- 60. Moumni L. (2013)**. Quantification de la contrainte hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf*) en milieu semi-aride.
- 61. Nachit M. M., (1994)** . Germplasm program céréales : productivity and yield stability. In : Céréales improvement Program Annual Report . ICARDA, Alpos, Syria . 116p. Nature et Technologie, **01**: pp **45-53**.
- 62. Nass H.G., 1973**. Détermination of characters for yield, sélection in spring wheat. Can. J. Plant. Sci. **53**, **755-762**.
- 63. Ondo EO, (2014)**. Caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain. Thèse de doctorat. Université de Bourgogne. **157p**.
- 64. Plaut, Z., & Federman, E. (1991)**. Acclimation of CO<sub>2</sub> assimilation in cotton leaves to water stress and salinity. Plant Physiol., **97** : **515-522**.
- 65. Prystupa, P., Savin, R., Slafer, G.A. 2004**. Grain number and its relationship with dry matter, N and P in the spikes at heading in response to N × P fertilization in barley. Field Crops Res. **90** : **245-254**.
- 66. Ruel T., 2006**. Document sur la culture du blé, Ed: Educagri. **18p**
- 67. Salmi M., 2015**. Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F<sub>2</sub> de blé dur (*Triticum durum Desf.*) sous conditions semi-arides. L. Thèse de magistère. Univ. ferhat Abbas-setifufas (Algérie).
- 68. Selmi R., 2000**. Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. Revue Afrique Agriculture. N° **280**. Pp. **30-23**. IN: Evaluation de la qualité d'un germoplasme de blé dur (*Triticum durum Desf*): appréciation de l'aptitude technologique et biochimique. **Ait Kaki.S. (2001)**. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba.
- 69. Semcheddine N., 2015**. **Evaluation** de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) par l'étude du bilan hydrique et des paramètres phéno-morpho-physiologiques. Thèse doctorat. Université 1
- 70. Slafer G.A., Rawson H., 1994**. Sensitivity of wheat phenic development to major environmental factors: re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant Physiol.* **21**, **393-426**.

## Références bibliographiques

---

71. **Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid E.D. (2005).** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
72. **Slyter, R. (1974).** The effect of internal water status on plant growth development and yield In: plant responses to climatic factors. Proc. of the symposium, Unesco.
73. **Soltner (1999) :** les grandes productions végétales ,19eme édition. P **21 -19-17-37-11-13**
74. **Soltner P., 2005.** Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration. 4ème Ed. Collection et Techniques Agricoles. **248p.**
75. **Soltner, 1988.** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16ème éditions **464P.**
76. **Soltner, D., 1985.** Les grandes productions végétale, céréale, plantes et prairies sarclées Edition ; *collections science et technique agricole.* **471P.**
77. **Tahri, E., Belabed, A., Sadki, K. (1997).** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat. **21: 81 – 89**
78. **Velasco R Salaminif et Bartlets D. 1994.** Dehydration and ABA increase mRNA levels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the resurrection plant. Plant mol. Biol., **26: 541-546p.**
79. **Waddington S.R., Osmanzai M., Yoshida M., Ransom J.K., 1987.** The yield of durum wheats released in Mexico between 1960 and 1984. J Agric Sci Camb **108: 469–477.**
80. **Winkel, T. 1992.** Caractères morphologiques et physiologiques de résistance du mil (*Peiznisetirmglaiciirn (L.) R. Br.*) À la sécheresse L'AGRONOMIE TROPICALE. **46(4) : 339-351.**
81. **Yasmine LOUNES ; Amina GUERFI, 2010.** Mémoire : *De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie* Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Algérie-Diplôme d'ingénieur d'état en agronomie **2010**
82. **Yokota A., Takahara, K., & Akashi, K., 2006:** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, **15–39.**

## Références bibliographiques

---

83. Yves.H et Buyer.J.; (2000), l'origine des blés. Pour les sciences hors-série n°  
26,60 - 62 pp.

### Site d'internet :

[1].[WWW.elwatan.com](http://WWW.elwatan.com) / L'Algérie a importé 4,6 millions de tonnes de blé français

(Consulté le 27-08-2020)

[2].<https://fr.wikipedia.org/wiki/Blé>

(Consulté le 27-08-2020)

[3].<https://agronomie.info/fr/le-stress-hydrique>

(Consulté le 17-08-2020)

# **Annexes**

## Annexe

**Annexe 01 :** Températures, Précipitations moyennes mensuelles des campagnes de l'étude (2014-2016).

2014/2015	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Température	5	3,7	4	8,3	13,8	18,3	21,3
Précipitation	61,97	68,84	60,95	52,82	5,08	25,91	26,15
2015/16	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Température	6,5	6,7	6,9	7,7	13,7	17,1	22,4
Précipitation	0	17,27	35,31	73,66	42,42	37,84	10,16

**Annexe 02 :** Les paramètres agronomiques des variétés étudiés

Génotype	Campagne	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Altar 84	2014/15	553,33	14079,95	42,66	60,76	138,83	44,07
	2015/16	126,66	4653,11	39,8	18,63	115,26	44,5
	<b>Moyenne</b>	<b>339,995</b>	<b>9366,53</b>	<b>41,23</b>	<b>39,695</b>	<b>127,045</b>	<b>44,285</b>

Génotype	Campagne	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Mexicali 75	2014/15	523,33	15313,34	37,66	47,6	136,9	42,3
	2015/16	100	2993,23	30,2	9,03	119,8	38,3
	<b>Moyenne</b>	<b>311,665</b>	<b>9153,285</b>	<b>33,93</b>	<b>28,315</b>	<b>128,35</b>	<b>40,3</b>

Génotype	Campagne	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Hoggar	2014/15	650	17468,19	45	81,13	175,03	46,81
	2015/16	88,88	3042,14	44,6	13,56	133,6	49,3
	<b>Moyenne</b>	<b>369,44</b>	<b>10255,165</b>	<b>44,8</b>	<b>47,345</b>	<b>154,315</b>	<b>48,055</b>

Génotype	Campagne	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Bousselem	2014/15	453,33	14941,79	47,33	70,66	147,66	47,06
	2015/16	91,11	3257,74	37,4	12,18	118,23	44,4
	<b>Moyenne</b>	<b>272,22</b>	<b>9099,765</b>	<b>42,365</b>	<b>41,42</b>	<b>132,945</b>	<b>45,73</b>

## Annexe

Génotype	Campagne	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Waha	2014/15	460	15016,32	43	63,36	144	44,11
	2015/16	117,77	4042,19	47,8	19,32	107,53	38,3
	<b>Moyenne</b>	<b>288,885</b>	<b>9529,255</b>	<b>45,4</b>	<b>41,34</b>	<b>125,765</b>	<b>41,205</b>

Génotype	Campagne	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Polonicum	2014/15	490	6259,79	47,66	29,7	143,33	21,23
	2015/16	135,55	3351,06	38,8	13	128,4	28,66
	<b>Moyenne</b>	<b>312,775</b>	<b>4805,425</b>	<b>43,23</b>	<b>21,35</b>	<b>135,865</b>	<b>24,945</b>

Génotype	Campagne	NE/m <sup>2</sup>	NG/m <sup>2</sup>	PMG (g)	RDT (Qx/ha)	BIO (Qx/ha)	IR (%)
Oued Zenati	2014/15	563,33	10038,21	47	58,56	159	30,18
	2015/16	122,22	4653,26	38,8	18,05	133,1	29,96
	<b>Moyenne</b>	<b>342,775</b>	<b>7345,735</b>	<b>42,9</b>	<b>38,305</b>	<b>146,05</b>	<b>30,07</b>

**Annexe 03** : Résultat du test de l'analyse de la variance (ANOVA) de la variable étudiée

### Nombre d'épée par mètre carré

Source	df	Type III SS	MS	F	P
Blocks	2	594.5057286	297.25286	2.2962774	.1207 ns
Main Effects					
G notype	6	40409.03233	6734.8387	52.026606	.0000 ***
Campagne	1	1816002.402	1816002.4	14028.612	.0000 ***
Interaction					
G notype x Campagne	6	50970.74996	8495.125	65.624812	.0000 ***
Error	26	3365.697271	129.4499<		
Total	41	1911342.387			

### Nombre du grain par mètre carré

Source	df	Type III SS	MS	F	P
Blocks	2	15203.71613	7601.8581	4.5306792	.0205 *
Main Effects					
G notype	6	123962157	20660359	12313.498	.0000 ***
Campagne	1	965572125.1	9.65572e8	575477.41	.0000 ***
Interaction					
G notype x Campagne	6	149251084.5	24875181	14825.515	.0000 ***
Error	26	43624.43247	1677.8628<		
Total	41	1238844195			

## Annexe

### Le poids de mille grains

Source	df	Type III SS	MS	F	P
Blocks	2	3.009728571	1.5048643	0.4002558	.6742 ns
Main Effects					
G notype	6	525.4255286	87.570921	23.291646	.0000 ***
Campagne	1	232.0860214	232.08602	61.729002	.0000 ***
Interaction					
G notype x Campagne	6	264.9775286	44.162921	11.746218	.0000 ***
Error	26	97.75367143	3.7597566<-		
Total	41	1123.252479			

### Le rendement du grain

Source	df	Type III SS	MS	F	P
Blocks	2	3.2368	1.6184	1.9690407	.1599 ns
Main Effects					
G notype	6	2846.405057	474.40084	577.18399	.0000 ***
Campagne	1	20330.64009	20330.64	24735.454	.0000 ***
Interaction					
G notype x Campagne	6	2334.372514	389.06209	473.35584	.0000 ***
Error	26	21.37	0.8219231<-		
Total	41	25536.02446			

### La biomasse

Source	df	Type III SS	MS	F	P
Blocks	2	1.311557143	0.6557786	1.5355263	.2342 ns
Main Effects					
G notype	6	4133.200157	688.86669	1613.0032	.0000 ***
Campagne	1	7640.736193	7640.7362	17891.026	.0000 ***
Interaction					
G notype x Campagne	6	840.7145571	140.11909	328.0933	.0000 ***
Error	26	11.10384286	0.4270709<-		
Total	41	12627.06631			

### Indice de récolte

Source	df	Type III SS	MS	F	P
Blocks	2	8.736057143	4.3680286	3.2043238	.0570 ns
Main Effects					
G notype	6	2632.175657	438.69594	321.82112	.0000 ***
Campagne	1	1.173342857	1.1733429	0.8607477	.3621 ns
Interaction					
G notype x Campagne	6	176.5316571	29.421943	21.58352	.0000 ***
Error	26	35.44234286	1.363167<-		
Total	41	2854.059057			

## ملخص

هذه الدراسة أجريت لاستنبان و تقييم السلوك الزراعي لعدة أنواع من القمح الصلب على المستوى الكمي و النوعي في المنطقة شبه الجافة. التجربة أنجزت طيلة الموسمين الزراعيين 2014/2015 و 2015/2016 في المعهد الوطني للبحث الزراعي في الجزائر محطة سطيف.

بصفة عامة العلاقة و التأثير النوعي و المكاني جد معتبر ؛ أكده تفوق الحملة الأولى 15/2014 لجميع المتغيرات المدروسة (حملة عالية الإمكانيات). توفر لنا الأصناف المختلفة مردود أكثر تقريبا بالنسبة للمردود المحلي ب 36.823 قنطار/هكتار .

نتأجنا تبين ان الارتباط بين المردود و التراكيب الزراعية الأخرى تكشف وجود تغير نوعي و الذي يمنحنا علاقة ترابطية قوية في كل من عدد الحبوب في المتر مربع و مؤشر المحصول وبالعكس فيما يخص التراكيب الأخرى والتي تسجل علاقة ترابطية ضعيفة .

**كلمات مفتاحية :** سلوك ، تفاعل نوعي ، شبه جاف ، القمح الصلب.

## RESUME :

La présente étude a été faite pour identifier et évaluer le comportement agronomique de plusieurs géotypes de blé dur (*Triticum durum Desf*), en termes de quantitatif et qualitatif en zone semi-aride. L'expérimentation a été réalisée, durant les deux campagnes agricoles 2014/2015 et 2015/2016, à l'institut national de la recherche agronomique d'Algérie (INRAA) de Sétif.

En général, l'interaction géotype et milieu est très forte; confirmée par la supériorité de la première campagne 2014 /15 pour toutes les variables étudiées (campagne à haute potentialités). Les différentes variétés nous offrent des rendements approximatifs très proches par rapport au rendement moyen local avec une moyenne de 36,823 Qx/ha.

Nos résultats montrent que la corrélation entre le rendement et les autres composantes agronomique révèle la présence d'une variabilité intra-spécifique qui nous offre une relation fortement corrélée pour le nombre des grains par m<sup>2</sup> et l'indice de récolte, par contre les autres composantes enregistrent une relation faiblement corrélée.

**Mots clés :** Comportement, interaction géotype, semi aride, blé dur.

## Abstract:

The present study was made to identify and evaluate the agronomic behavior of several genotypes of durum wheat (*Triticum durum desf*), in terms of quantity and quality in semi-arid zone. The experiment was carried out during the two agricultural seasons 2014/2015 and 2015/2016, at the National Institute of Agronomic Research of Algeria (INRAA) in Setif.

In general, the genotype and environment interaction is very strong ; confirmed by the superiority of the first season 2014/15 for all the variables studied (high potential campaign). the different varieties give us approximate results very close to the average local yield with an average of 36,823Qx/ha.

Our results come from the fact that the correlation between the yield and the other agronomic components reveals the presence of an intra-specific variability which offers us a strongly correlated relationship for the number of grains per m<sup>2</sup> and the harvest index, on the other hand the other components. Record a weakly correlated relationship.

**Key words :** Behavior, genotype interaction, semi-arid, durum wheat.