



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

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

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

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

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

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

## Intitulé

**Sélection pour la performance et la stabilité du rendement de  
blé tendre (*Triticum aestivum* L.) en  
zone semi-aride d'altitude**

Présenté par : BOUROUH Lamia  
MAADADI Amina

Devant le jury :

<b>Président :</b>	M <sup>r</sup> BENTABET Abdelouahab	Pr	Université BBA
<b>Encadrant :</b>	M <sup>r</sup> FELLAHI Zine El Abidine	MCA	Université BBA
<b>Examineur :</b>	M <sup>me</sup> MAAFI Oula	MAA	Université BBA

Année universitaire : 2019/2020

# *Remerciements*

*El Hamdou-li-ALLAH* avant tout, tout puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donnée et le courage pour terminer ce travail.

Nous adressons nos plus vifs remerciements à notre promoteur **Dr FELLAHI Zine El Abidine**, pour avoir de bien voulu de nous encadrer, pour sa patience, son aide, ses conseils et encouragements, pour le temps qu'il nous a consacré pour réaliser ce travail.

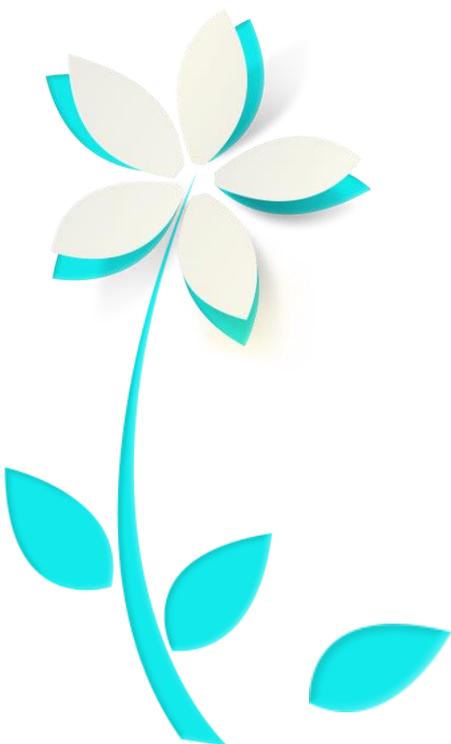
Nous exprimons nos remerciements aux honorables membres du jury :

Au Pr **BENTABET Abdelouahab**, pour avoir fait l'honneur de présider le jury de ce travail m' avoir accordé le temps et la patience pour évaluer notre travail.

Nous tenons également à adresser nos vifs remerciements à **Mme MAAFI Oula** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire et pour tous ses brillants conseils durant ses dernières années.

Nous aimerons remercier **Dr ALLIAT Toufik** pour sa longue haleine, ses 'Gold' conseils et encouragements et à tous nos professeurs qui nous ont transmis toutes leurs connaissances et leurs conseils.

**Bourouh, L. & Maadadi, A.**



# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire A mes parents,*

*A la mémoire de mon père,*

*Papa ton plus beau cadeau est de nous avoir transmis ton courage, aujourd'hui je dédie ce travail de fins d'étude a ton esprit, j'espère que, du monde qui sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prie pour le salut de ton âme.*

*A cette belle et forte dame, ma mère et au sourire de ma mère,*

*Mama, ce nom resonance en moi depuis 23 ans comme étant le seul remède a tous mes maux... les maux que ta seule présence arrive à apaiser. La douceur de ta main posée sur ma joue suffit à me soulager de bien des misères. Cet amour inconditionnel dont on sait qu'il vivra toujours est indispensable à ma vie. Sans toi, je n'aurais été rien. Je t'aime Yema.*

*A mes frères, Aymen et Chakib.*

*A ma tendre TouTa « Ammari El Yakoute ».*

*A toutes mes amies ;*

*Ma belle binôme Maadadi Amina, Benyahia Iman, Zamit Widad, Derrardja Aya...*

*A tous mes enseignants, et spécialement :*

*Dr Fellahi Z. et Dr Aliat T.*



*Bourouh Lamia.*

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.*

*Dédie ce modeste travail :*

*À celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à **ma mère** et **mon père**.*

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de ma vie et mon bonheur et tous beaux mots pour grand frère **Mohammed**, merci beaucoup pour vous m'avez fourni tout au long des années d'études.*

*À mes chers frères (**Mohammed** et sa femme) et **Ayoub**.*

*À ma belle-sœur **Ahlem** et aussi son mari.*

*À mes innocents nièces **Safoua Doua** et **Rahma**.*

*À ma **grand-mère** et **grand-père** pour leurs soutien et encouragé.*

*À mes oncles **Slimane**, **Hadj** et mes tantes **Samia**, **Mouna** et leurs enfants.*

*À mon mie **LAAMARA Asma** pour l'encouragement à reprendre mes études et les conseils que vous ne cossez de m'apporter.*

*À mon amie **BOUROUH LAMIA** pour ce travail commun.*

*À tous mes **amis** et mes **profs** surtout ma promotion pour sa fidélité, sa gentillesse et sa serviabilité.*

*MAADADI Amina*

# SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
<b>Introduction.....</b>	<b>01</b>
<b>CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>I.1. Généralités sur le blé.....</b>	<b>03</b>
<b>I.2. Importance et production du blé tendre.....</b>	<b>04</b>
I. 2. 1. Dans le monde.....	04
I. 2. 2. En Algérie.....	05
<b>I.3. Contraintes de la production du blé tendre.....</b>	<b>07</b>
I.3.1. Stress hydrique.....	07
I.3.2. Stress thermique.....	07
I.3.2.1. Les hautes températures.....	07
I.3.2.2. Les basses températures.....	08
<b>I. 4. Amélioration génétique du blé tendre.....</b>	<b>09</b>
I. 4. 1. Sélection pour le rendement.....	10
I. 4. 2. Sélection pour la stabilité.....	11
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES</b>	
<b>II.1. Site expérimental.....</b>	<b>13</b>
<b>II.2. Matériel végétal.....</b>	<b>13</b>
<b>II.3. Conditions expérimentales.....</b>	<b>14</b>
<b>II.4. Mesures et notations.....</b>	<b>15</b>
<b>II.5. Analyses des données.....</b>	<b>15</b>
<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
<b>III.1. Variabilité des caractères des générations F6 et F7.....</b>	<b>17</b>
<b>III.2. Corrélations phénotypiques inter-caractères intra-génération.....</b>	<b>22</b>
<b>III.3. Gain de sélection.....</b>	<b>24</b>
III.3.1. En génération F6.....	24
III.3.2. En génération F7.....	26
<b>III.4. Degré de ressemblance, héritabilité et sélection pour la performance de rendement.....</b>	<b>27</b>
<b>III.5. Sélection pour la stabilité du rendement.....</b>	<b>29</b>

<b>Conclusion.....</b>	<b>34</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>35</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Origin génétique des blés cultivés.....	<b>03</b>
<b>Figure 2 :</b> Production, utilisation et stocks de blé.....	<b>05</b>
<b>Figure 3 :</b> Production de céréales en Algérie durant les deux périodes (2000-2009 et 2010-2017).....	<b>06</b>
<b>Figure 4 :</b> La carte de localisation géographique du site d'étude (Wilaya de Sétif).....	<b>13</b>
<b>Figure 5 :</b> Pluviométrie et températures moyennes, minimales et maximales du site d'étude.....	<b>14</b>
<b>Figure 6 :</b> Distribution fréquentielle du nombre d'épis chez les lignées F6 évaluées.....	<b>18</b>
<b>Figure 7 :</b> Distribution fréquentielle du poids des épis chez les lignées F6 évaluées.....	<b>19</b>
<b>Figure 8 :</b> Distribution fréquentielle de la hauteur des plantes des lignées F7 évaluées....	<b>20</b>
<b>Figure 9 :</b> Distribution fréquentielle du rendement en grains des lignées F6 et leurs dérivées F7 évaluées.....	<b>21</b>
<b>Figure 10 :</b> Régression du poids des épis sur leur nombre chez les lignées F6 évaluées....	<b>22</b>
<b>Figure 11 :</b> Régression du rendement en grains sur le nombre d'épis des lignées F6 évaluées.....	<b>22</b>
<b>Figure 12 :</b> Régression du rendement en grains sur le poids des épis des lignées F6 évaluées.....	<b>23</b>
<b>Figure 13 :</b> Régression du rendement en grains sur la hauteur des lignées F7 évaluées....	<b>23</b>
<b>Figure 14 :</b> Valeurs moyennes caractéristiques du rendement en grains des 30 lignées sélectionnées en F6 et du témoin Hidhab.....	<b>25</b>
<b>Figure 15 :</b> Valeurs moyennes caractéristiques du nombre d'épis des 30 lignées sélectionnées en F6 et du témoin Hidhab.....	<b>25</b>
<b>Figure 16 :</b> Valeurs moyennes caractéristiques du rendement en grains des 30 lignées sélectionnées en F7 et du témoin Hidhab.....	<b>26</b>
<b>Figure 17 :</b> Valeurs moyennes caractéristiques de la hauteur des plantes des 30 lignées sélectionnées en F7 et du témoin Hidhab.....	<b>27</b>
<b>Figure 18 :</b> Lignées sélectionnées en F6 et celles identifiées en F7 sur la base du rendement en grains.....	<b>28</b>
<b>Figure 19 :</b> Régression du rendement en grains des lignées F7 sur celui de leurs ascendants F6.....	<b>28</b>
<b>Figure 20 :</b> 'Heat map' ou carte thermique montrant le degré d'association entre les différents indices de stabilité.....	<b>30</b>

**Figure 21** : Degré de coïncidence entre les différentes lignées sélectionnées pour la stabilité..... 32

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Test de la distribution normale de Kolmogorov-Smirnov des variables mesurées.....	<b>03</b>
<b>Tableau 2 :</b> Valeurs moyennes, minimales, maximales et écart-types des variables mesurées aux générations F6 et F7.....	<b>17</b>
<b>Tableau 3 :</b> Degré de détermination génétique du rendement en grains.....	<b>28</b>
<b>Tableau 4 :</b> Valeurs minimales et maximales prises par les indices de stabilité et lignées sélectionnées par indice.....	<b>31</b>

## **Liste des abréviations**

**CIC** : Conseil International des Céréales

**CIMMYT** : Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé

**FAO** : Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

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

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures

**MADRP** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche

## Introduction

Les céréales sont considérées comme la base des grandes civilisations et ont constitué l'une des premières activités agricoles, fournissant un moyen d'alimentation régulier, autour duquel l'activité humaine pouvait s'organiser (Abis, 2012). En Méditerranée, le blé occupe une place essentielle dans les sociétés et ses modes de consommation, dans les rapports entre le pouvoir et les populations, et dans les échanges commerciaux à l'œuvre au sein de cet espace (Abis, 2012).

La culture des céréales est fort ancienne en Algérie ; le blé et l'orge tiennent une place de premier ordre parmi les plantes cultivées (INRAA, 2006). Les zones céréalières se caractérisent par une grande variabilité climatique (Chennafi *et al.*, 2006). Les pluies sont généralement insuffisantes, irrégulières et inégalement réparties à la fois dans le temps et dans l'espace, les températures présentent une moyenne des minimales du mois le plus froid comprise entre  $-2$  et  $+4^{\circ}\text{C}$  dans les régions semi-arides et arides, et une moyenne des températures maximales du mois le plus chaud varie de  $33^{\circ}\text{C}$  à  $38^{\circ}\text{C}$  dans les Hautes Plaines steppiques (INRAA, 2006). Le rendement grain national de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen (Mekhlouf *et al.*, 2012). Cette faiblesse de la production est liée en partie à la variabilité climatique.

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) occupe une place importante dans les habitudes alimentaires de la population algérienne, sa culture est confrontée à plusieurs contraintes d'ordre biotique et surtout abiotique (Fellahi, 2013, 2017). En présence des stress abiotiques variables en intensité et durée, le génotype désirable est celui qui donne une production régulière et une bonne performance de rendement dans la région pour laquelle il est destiné (Kadi, 2012). Le rendement en grain est l'objectif final de tout programme d'amélioration quantitative des génotypes (Kara, 2015, Hannachi, 2017). Les variétés nouvelles sont le plus souvent sélectionnées sur la base de leur niveau de rendement sans tenir compte des caractères adaptatifs qui sont des régulateurs de la production en milieux variables (Laala, 2010). Ces variétés, si en milieux favorables ou sous irrigation, elles arrivent à exprimer leur potentiel de rendement, en pluviale et sous climat semi-aride, elles se montrent plus variables et souvent aussi, sinon moins, productives que les cultivars locaux qu'elles sont censées remplacer, suite à leur sensibilité aux stress (Benmahammed *et al.*, 2010).

L'amélioration génétique du blé tendre en zones sèches reste basée sur la recherche d'une meilleure adaptation de la plante à la variabilité du milieu de production (Fellahi *et al.*,

**2018, 2020**). L'aspect adaptation doit donc être pris en compte dans le processus de sélection en milieu variable (**Benmahammed, 2005**). Toutefois, pour des stress abiotiques d'intensité moyenne, il est possible de sélectionner des géotypes résistants et qui se distinguent aussi par de hauts rendements grains (**Fellah et al., 2002**). La stabilité du rendement est un critère important pour le développement de cultivars destinés à des milieux à pluviométrie variable (**Brancourt-Hulmel et al., 2003**). En effet il est connu que le rendement d'un cultivar donné varie d'un lieu à l'autre, notion d'adaptabilité, et d'une année à l'autre, notion de stabilité (**Lin et al., 1986**). Des résultats de plusieurs recherches semblent indiquer que le potentiel de rendement est peu ou négativement lié à la stabilité et à l'adaptabilité (**Benmahammed et al., 2010 ; Kadi et al., 2010 ; Nouar et al., 2012 ; Haddad et al., 2016, Hannachi et al., 2019**). Le potentiel de rendement est aisément mesuré en absence de stress dans un environnement donné, par contre la stabilité et l'adaptabilité sont des notions plus complexes et surtout plus difficiles à cerner surtout lorsqu'on cherche à cumuler chez un géotype donné la stabilité, l'adaptabilité et le potentiel de rendement (**Lin et al., 1986**).

L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances agronomiques et la stabilité de rendement de 153 lignées avancées de blé tendre aux conditions climatiques des Haut -Plateaux de l'Est Algérien et de sélectionner celles les plus productives et stables par rapport au témoin Hidhab (HD<sub>1220</sub>).



*Chapitre 01 :*

*Revue bibliographique*

*كتابية مرجعية*

# I. Chapitre 1 : Revue bibliographique

## I.1. Généralités sur le blé

Trois céréales blé, riz et maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation Indo-Européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (Henry et de Buyser, 2001). Le blé a été domestiqué par hybridation entre trois espèces d'une graminée sauvage, est une plante herbacée monocotylédone qui appartient au genre

*Triticum* de la famille des *Gramineae* (Figure 1). Les deux espèces dominantes sont le blé tendre « *Triticum aestivum* » et le blé dur « *Triticum durum* », il apparait que la polyploïdisation a joué un rôle majeur dans l'évolution de la famille des *Poacées* (Salse et al., 2008 ; Bolot et al., 2009) et plus largement dans celle des Angiospermes (Soltis, 2005). La nature polyploïde du génome des blés aurait également contribué au succès de leur domestication (Dubcovsky et Dvorak, 2007).

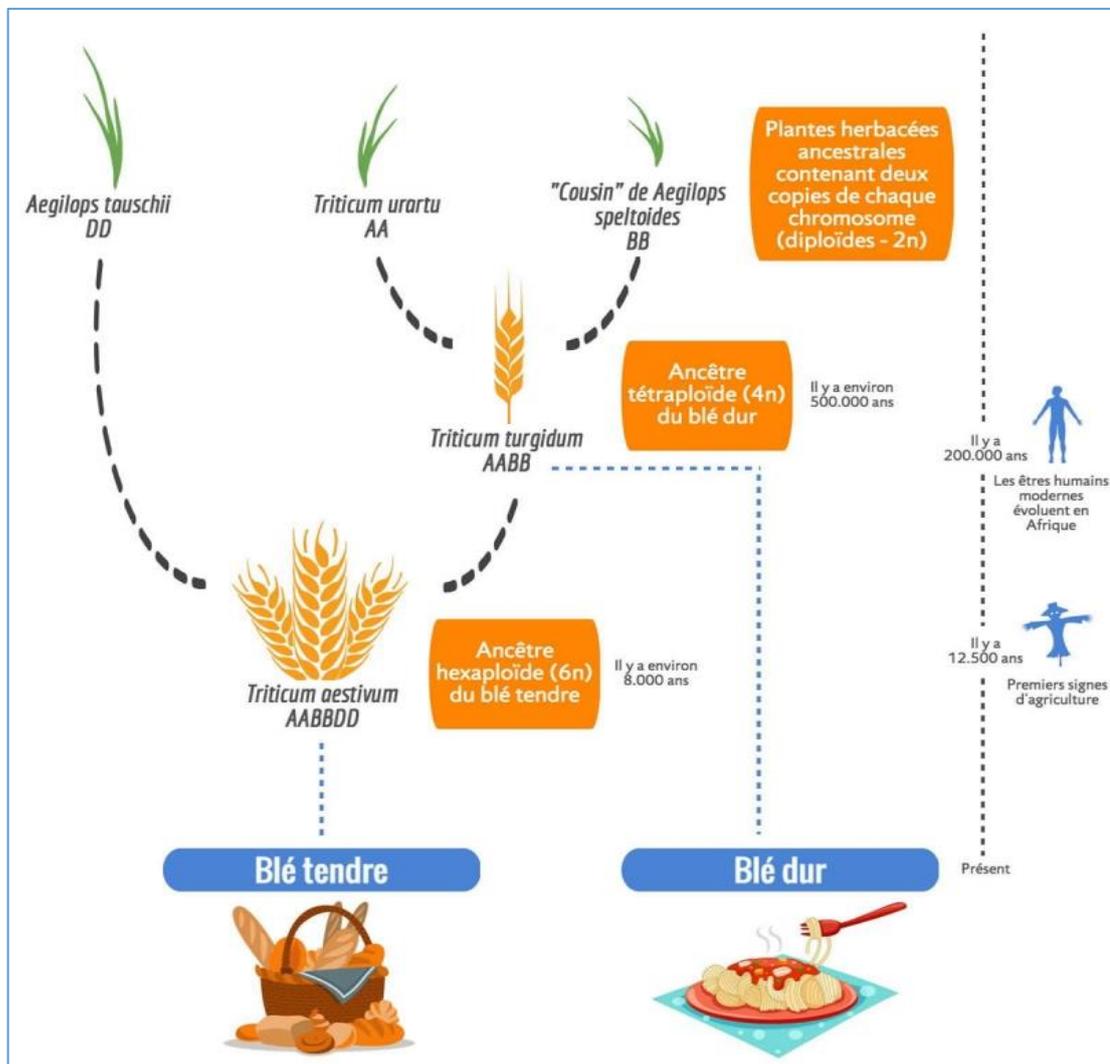


Figure 1 : Origine génétique des blés cultivés ([www.wheatgenome.org](http://www.wheatgenome.org)).

Le blé dur possède une structure génomique tétraploïde (AA BB) alors que le blé tendre a une composition complexe hexaploïde (AA BB DD) (**Prats et Grandcourt, 1971 ; Brancourt-Humel et Lecomte, 1994**). Le génome de ce dernier a une taille de 16 milliards de paires de bases d'acide désoxyribonucléotide, il est constitué de trois génomes possédants chacun 7 paires de chromosomes homéologues, soit 42 chromosomes au total.

## **I.2. Importance du blé tendre**

Depuis la nuit des temps les céréales nourrissent l'humanité, produire mieux et plus a été nécessaire pour répondre aux besoins d'une population grandissante. Nos ancêtres ont dû apprendre à améliorer progressivement les techniques de production, sélectionner des semences avec un meilleur potentiel génétique (**Profert, 2018**).

### **I.2.1. Dans le monde**

Depuis longtemps, les céréales, notamment le blé est devenu un produit de première nécessité à l'échelle mondiale. Son importance dépasse le rôle traditionnel considéré comme aliment (**Ammar, 2015**). Le blé tendre est utilisé pour faire de la farine qui est elle-même utilisée pour fabriquer les pains (panification) et les produits de biscuiterie (pâtisserie, viennoiserie). Ce blé se divise en trois catégories, le blé panifiable, biscuitier et fourrage (<http://www.consoglobe.com/>). L'amidon du blé tendre est également utilisé depuis plusieurs années comme matière première pour la fabrication de biocarburants (**Debiton, 2010**).

En 2018, la production mondiale de blé a atteint 762 millions de tonnes contre 732 millions de tonnes pour 2019 (Figure 2 ; **CIC, 2019**). Au cours la campagne agricole 2018-2019, les principaux producteurs de blé mondiaux sont, par ordre décroissant, sont l'Union Européenne (137.600 milliers de tonnes), la Chine (131.430 milliers de tonnes), l'Inde (99.700 milliers de tonnes), la Russie (71.600 milliers de tonnes), les Etats Unies (51.287 milliers de tonnes) et le Canada (31.800 milliers de tonnes) (**Statista, 2019**). Durant la campagne actuelle 2019-2020, la Russie restera le premier pays exportateur de blé (36 Millions de tonnes) même si le pays ne renouvelle pas l'exploit réalisé trois ans auparavant. En produisant 85 millions de tonnes, elle avait alors vendu 41 millions de tonnes durant la campagne 2017-2018 (**Willagri, 2019**).

Le marché mondial du blé est segmenté en différents groupes de pays qui ont diverses capacités de production et de consommation de blé, ce qui rend ce marché plus propice à la volatilité des prix. Seulement 20% de la production mondiale du blé est échangée et il s'agit d'un marché de surplus et d'excédents. Cependant ce commerce mondial du blé a été multiplié

par trois entre 1961 et 2005 et le blé conforte ainsi sa place de céréale « la plus échangée » dans le monde.

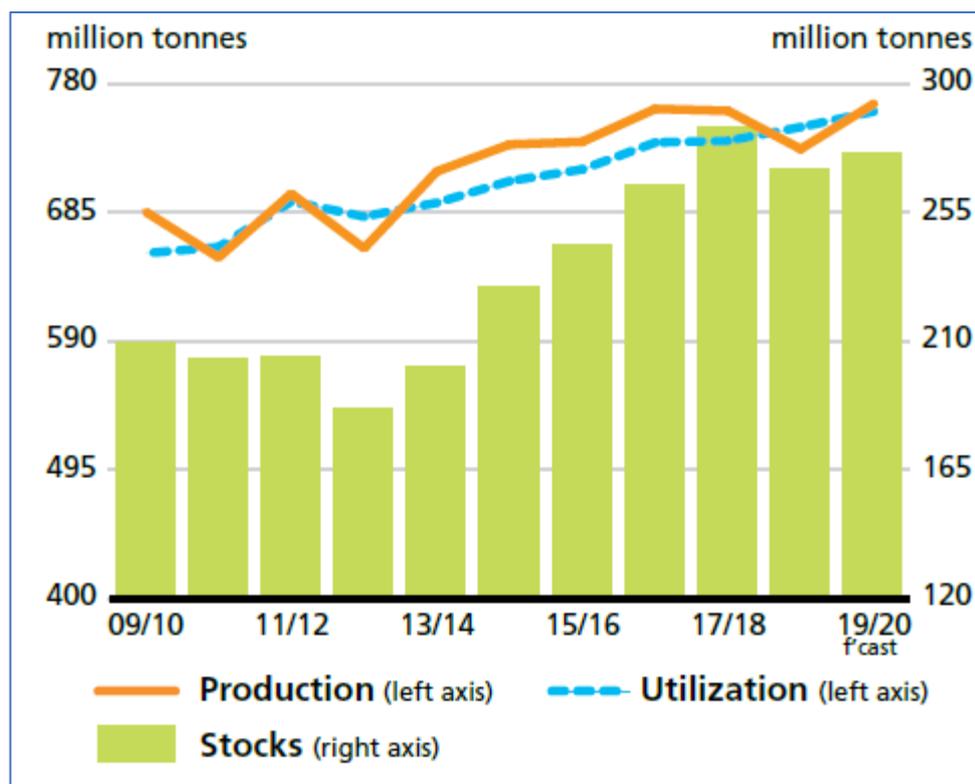


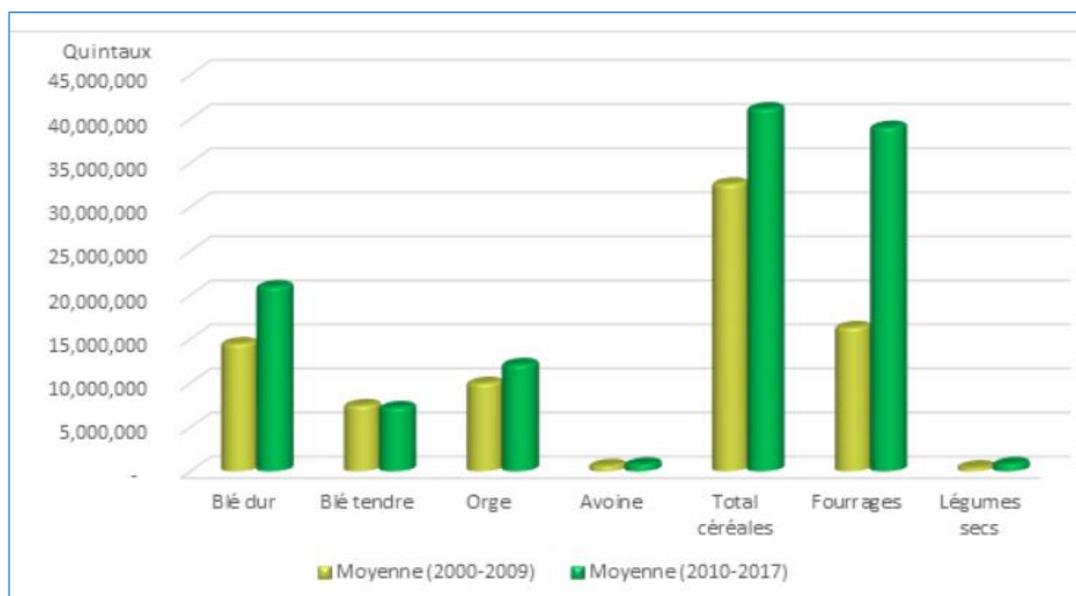
Figure 2 : Production, utilisation et stocks de blé (CIC, 2019).

### I.2.2. En Algérie

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares. La superficie agricole représente 3% de ce total. La surface agricole utile (SAU) est de 7.14 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne (Cadi, 2005). La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle 40% de la SAU (MADRP, 2018). Durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne 3 385 560 ha, en évolution de 6% par rapport à la période précédente (2000-2009) (MADRP, 2018). Par espèce, le blé dur occupe la plus grande part de la superficie céréalière, soit 44% du total, suivi de l'orge avec 33%, du blé tendre avec 20% et de l'avoine avec seulement 3% (MADRP, 2018).

Selon le MADRP (2018), la production réalisée des céréales au cours de la période 2010-2017 est estimée à 41.2 Millions de quintaux en moyenne, soit un accroissement de 26% par rapport à la décennie 2000-2009 où la production est estimée en moyenne à 32.6 Millions de quintaux (Figure 3). La production est constituée essentiellement du blé dur bien adapté aux

conditions locales et de l'orge qui représentent respectivement 51% et 29% de l'ensemble des productions de céréales en moyenne 2010-2017 (Figure 3 ; MADRP, 2018).



**Figure 3 :** Production de céréales en Algérie durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017 (MADRP, 2018).

La production céréalière en Algérie est fortement dépendante des conditions climatiques. Cela se traduit d'une année à l'autre par des variations importantes de la SAU, de la production et du rendement. Ainsi, le manque de précipitations, mais aussi la mauvaise répartition des pluies pendant l'année explique en grande partie la forte variation de la production céréalière (Djermoun, 2009).

L'Algérie est classée comme l'un des pays les plus consommateurs de blé de la région du Moyen-Orient. Sur le marché mondial, elle demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population (Ammar, 2015). Les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 216 kg/hab/an (Derbal, 2015). La demande de blé dur progresse beaucoup plus rapidement que celle de blé tendre jusqu'à la première moitié de la décennie 1980. Ensuite s'amorce une substitution blé tendre-blé dur, caractérisée par une décélération de la demande en blé dur et une accélération de la demande en blé tendre (Bencharif *et al.*, 1996).

### **I.3. Contraintes de la production du blé tendre**

#### **I.3.1. Stress hydrique**

Le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalière dans les zones arides et semi-arides (qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations (**El Mourid *et al.*, 1996**). Le stress hydrique a été défini comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation su optimale des tissus (**Lamaze *et al.*, 1994**). Le stress hydrique se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles (**Mefti *et al.*, 2000**).

Le climat méditerranéen est caractérisé par des périodes de sécheresse erratiques imprévisibles, ce qui limite considérablement les productions végétales et celle des céréales en particulier (**Adda *et al.*, 2005**). 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**). L'effet du déficit hydrique peut engendrer des pertes de rendement à n'importe quel stade de développement du blé (**Semcheddine, 2008**). Le nombre d'épi par plant, la fertilité des épis et le poids du grain qui intervient d'une façon prépondérante dans la détermination du rendement final, demeurent les composantes les plus importantes en présence d'un déficit hydrique (**Fellahi *et al.*, 2013 ; Haddad *et al.*, 2016**). Pendant la phase de remplissage de grain, un déficit hydrique affecte fortement le rendement en grains en limitant le poids final des grains (**Bhouri khila *et al.*, 2015**).

#### **I.3.2. Stress thermique**

##### **I.3.2.1. Les hautes températures**

L'élévation de la température, tard au cours du cycle de développement de la plante, et particulièrement après anthèse, est une contrainte à l'augmentation des rendements en zones semi-arides (**Bouzerzour et Benmahammed, 1994**). Dans ces zones, beaucoup d'auteurs ont observé une réduction du rendement des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épi et du poids moyen du grain, causée par les effets des hautes températures (**Wheeler *et al.*, 1996 ; Viswanathan et Khanna-Chopra, 2001 ; Tahir and Nakata 2005**). L'effet pénalisant du

stress thermique se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante, une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (**Dakheel et al., 1993**). La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante. **Wardlaw et al. (1989)** montrent que la baisse du rendement due au stress terminal, est corrélée positivement à la réduction du poids moyen du grain et à la variation du nombre de grain/m<sup>2</sup>. Ces auteurs observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température au-delà de 12 à 15 °C, température optimale pour le développement et le remplissage du grain.

### **I.3.2.2. Les basses températures**

Le climat de type méditerranéen se caractérise par un hiver très froid et pluvieux, ce qui limite la croissance au moment où l'eau est disponible pour la plante et se traduit par un allongement du cycle pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (**Chennafi et al., 2006**). Les dégâts causés par le gel tardif sont aussi très fréquents sur céréales, rendant l'adoption des variétés précoces dans ces régions trop risquée (**Bouzerzour et Benmahammed, 1994**). L'esquive est une stratégie souvent utilisée comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, toutefois, elle est peu opérante dans le cas où les génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid (**Mekhlouf et al., 2006**).

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire (**Levitt, 1982**).

La réversibilité du phénomène n'a lieu que si la structure cellulaire n'est pas fortement endommagée. Lors du dégel, les cellules intactes se réhydratent et redeviennent fonctionnelles (**Blouet et al., 1984**). La déshydratation des cellules s'accompagne d'une augmentation de la concentration en substances organiques, et en sels minéraux. D'après **Passioura (1996)**, si le froid persiste, il y a dessèchement foliaire. Les basses températures réduisent la croissance durant l'hiver alors que les plantes peuvent utiliser plus efficacement l'eau stockée dans le sol suite à la faible demande climatique qui caractérise cette période.

#### **I.4. Amélioration génétique du blé tendre**

L'amélioration génétique des plantes représente les activités qui tendent à ajuster génétiquement les plantes pour les rendre aptes aux besoins de l'homme. Cette activité cherche à rendre les plantes mieux adaptées aux milieux physique, biologique et économique (**Gallais, 1999**). L'amélioration des plantes est au cœur des métiers des semenciers. Les connaissances et les outils nécessaires à l'obtention de nouvelles variétés ont conduit à l'émergence du métier de sélectionneur. C'est avant tout un métier de terrain, d'observation et de patience : le développement d'une nouvelle variété nécessite jusqu'à 15 ans de travail, avant sa mise sur le marché (**Agence Ressources de la Nature, 2017**).

L'évolution permanente des conditions climatiques, écologiques, sociales et économiques conduit à un ajustement continu des objectifs (**Feldmann et Feyt, 1998**). Le rendement et sa stabilité, la tolérance des stress biotiques et abiotiques et la qualité sont des objectifs souvent recherchés en amélioration du blé (**Gallais et Bannerot, 1992 ; Benmahammed *et al.*, 2010**). La productivité qui est la capacité potentielle d'une variété à produire des rendements élevés quand les conditions optimales sont réalisées (**Roseille et Hamblin, 1981 ; Simmonds, 1991 ; Lafon, 1987 ; Ceccarelli *et al.*, 1991**).

La sélection pour la résistance ou la tolérance à des conditions hostiles de l'environnement permet d'augmenter et de stabiliser la production (**Zahour, 1992**). La difficulté d'identifier et de caractériser les paramètres de la tolérance au stress hydrique chez les plantes, à travers l'observation d'un caractère phénotypique complexe et de faible héritabilité, comme le rendement en conditions de déficit hydrique, a conduit à s'intéresser à des critères morpho-physiologiques de la tolérance à la sécheresse (**Oulmi *et al.*, 2014 ; Mansouri *et al.*, 2018**).

Des approches analytiques, consistant à isoler et à étudier individuellement un mécanisme de résistance donné, via l'observation d'un paramètre particulier (critère de sélection) ont été proposées. Plusieurs critères physiologiques et biochimiques ont été ainsi identifiés dans le but de distinguer les variétés sensibles des variétés résistantes au stress hydrique : accumulation de proline, des sucres, induction de protéines spécifiques, résistance stomatique, fluorescence chlorophyllienne (**Oulmi *et al.*, 2014 ; Cossani et Reynolds, 2012**). L'héritabilité est une des propriétés les plus importantes d'un caractère mesurable. Elle exprime la part de la variance totale attribuable à l'effet moyen des gènes. C'est ce qui détermine le degré de ressemblance entre apparentés (**Acquaah, 2007**). Elle permet de

discerner si les différences observées entre individus proviennent de variations dans les constitutions génétiques des plantes ou sont liées aux facteurs du milieu (**Demarly, 1977**). Plus un caractère est héritable, plus la possibilité de l'utiliser comme critère de sélection indirecte est faisable. Les caractères ciblés par la sélection doivent avoir en plus d'une héritabilité élevée, un degré de liaison inter générations ou environnements assez élevé. Ils doivent être facilement mesurables et significativement liés au caractère d'intérêt qui est le rendement en grains (**Laala, 2018**).

#### **I.4.1. Sélection pour le rendement**

La productivité est définie comme la capacité de produire plus. C'est une notion relative. En sélection, elle désigne souvent le rendement grain. Une variété productive ne l'est, en fait que par rapport à une autre variété qu'elle remplace et à laquelle elle est comparée. Cette dernière est alors utilisée comme témoin de référence (**Reynolds et al., 2007 ; Adjabi et al., 2007**).

Le rendement grain est un caractère génétiquement complexe et son amélioration passe par la sélection conjointe de la productivité et des caractères adaptatifs aux milieux biotiques et abiotiques (**Oulmi et al., 2014 ; Fellahi et al., 2017 ; Salmi et al., 2019**). L'amélioration génétique du rendement se fait de manière progressive et continue, suite à la modification des composantes (**Doré et Varoquaux, 2006**).

L'amélioration du rendement en grain est généralement abordée de manière directe ou indirecte (**Fellahi et al., 2018, 2020**). La sélection directe utilise le rendement lui-même qui est mesuré après la mort de la plante. La sélection indirecte utilise les composantes du rendement et les caractères morpho-physiologiques (**Reynolds et al., 2007 ; Adjabi et al., 2007**). La connaissance des liaisons qui existent entre les composantes et le rendement permet d'identifier les composantes à utiliser comme critères de sélection. Ces informations permettent d'orienter le processus de sélection de manière à promouvoir les caractères capables d'engendrer une amélioration du rendement (**Mekhlouf et Bouzerzour, 2000 ; Fellahi et al., 2018, 2020**).

La sélection du rendement grain n'est efficace que si les conditions de milieu qui ont permis la réalisation d'un rendement en grain donné, se répètent de façon régulière. En milieux relativement plus stables, les progrès de la sélection directe sont, donc plus évidents, qu'ils ne le sont en milieux variables où les interactions génotype x environnements amenuisent le gain génétique réalisé (**Bouzerzour et Djekoun, 1996 ; Cattivelli et al., 2002**). L'inefficacité de la sélection directe est expliquée par des interactions génotype x lieux qui réduisent la variance

génomique et le coefficient de l'héritabilité (**Annicchiarico et al., 2006 ; Kamoshita et al., 2008**).

#### **I.4.2. Sélection pour la stabilité**

Dans tout programme d'amélioration du blé, la recherche de la stabilité du rendement est un objectif prioritaire. Elle cible de cumuler chez un génotype donné la productivité et l'adaptation à la variation de l'environnement de production (**Benmahammed et al., 2010 ; Haddad, 2010 ; Hannachi et al., 2019**). En milieu semi-aride, la stabilité du rendement est bien plus importante que le rendement potentiel, car les conditions climatiques et la technologie mise en œuvre pour la production sont très rarement favorables à la culture. On doit donc attacher plus d'importance à la régularité du rendement (**Boubaker, 1995**). La stratégie de sélection fondée sur des rendements moyens à travers des conditions environnementales différentes est efficace (**Finlay et Wilkinson, 1963 ; Eberhart et Russell, 1966 ; Rosielle et Hamblin, 1981**). Cette approche limite les effets des risques et augmente les profits des agriculteurs (**Sassi et Boubaker, 2006**).

Parmi la multitude de termes employés, les termes de stabilité phénotypique, de stabilité du rendement et d'adaptation ou d'adaptabilité sont le plus souvent utilisés avec des sens parfois différents (**Brancourt et al., 1997**). La stabilité phénotypique caractérise l'importance des fluctuations du rendement observées pour un même génotype cultivé dans différents milieux (**Brancourt et al., 1997**). Ces fluctuations dépendent des effets des milieux et des interactions génotype\*milieu. L'absence de définition unique est due au fait que lorsqu'on analyse l'interaction génotype\*milieu, seulement une partie de la variation des interactions peut être expliquée par les méthodes décomposant l'interaction. Toutes les définitions qui vont suivre recouvrent ce sens de stabilité phénotypique.

**Becker et Leon (1988)** opposent le concept statique de la stabilité au concept dynamique. Derrière le concept statique se cachent plusieurs synonymes : stabilité de type I (**Lin et al., 1986**), homéostasie et concept biologique (**Becker, 1981**). Un génotype stable présente une faible variance due aux milieux (**Brancourt et al., 1997**). Le concept dynamique repose sur toutes les procédures qui permettent de quantifier l'interaction génotype\*milieu et, quelle que soit la procédure, le matériel utilisé influence les résultats (**Becker et Leon, 1988**). Il recouvre donc le concept agronomique de stabilité (**Becker, 1981**), l'adaptation ou l'adaptabilité et les différents types de stabilité (II, III et IV) définis par **Lin et al. (1986, 1988)**.

Le concept agronomique fait intervenir des paramètres de stabilité de type II. Un génotype stable réagit parallèlement à la réponse moyenne des génotypes avec lesquels il est testé (**Brancourt et al., 1995**). Cette stabilité est définie selon la qualité d'ajustement des données au modèle additif. L'écovalence variétale (**Wricke, 1962**) est l'un des paramètres statistiques rencontrés pour décrire la stabilité. **Becker (1981)** a pris ce paramètre comme exemple pour définir le concept agronomique. Il s'agit de la contribution du génotype à la somme totale des carrés des écarts de l'interaction. De la même façon, on peut définir une écovalence du milieu (**Parisot-Baril, 1992**).

La stabilité de type III est reliée à l'adaptation ou l'adaptabilité : un génotype stable présente un faible écart par rapport à la régression sur l'index du milieu (moyenne de tous les génotypes du milieu). Cette définition est donc reliée à la qualité d'ajustement selon le modèle de régression conjointe. Plusieurs auteurs ont décrit et élaboré cette méthode de régression : **Yates et Cochran (1938)**, **Finlay et Wilkinson (1963)**, **Eberhart et Russell (1966)** et **Perkins et Jinks (1968)**. D'après **Bilbro et Ray (1976)**, la stabilité est mesurée par le coefficient de détermination, c'est-à-dire le rapport entre la variation expliquée par le modèle et la variation totale. Le coefficient de régression est une mesure de l'adaptation ou de l'adaptabilité. On oppose l'adaptation spécifique à une région, à certains types de milieux à l'adaptation générale qui désigne un génotype adapté à une large gamme de milieux. On parle aussi de génotypes spécialistes et de génotypes généralistes (**Brancourt et al., 1995**). Selon **Becker (1981)**, cette méthode de régression peut être assimilée à une combinaison des concepts biologique et agronomique de stabilité dans la mesure où les coefficients de régression sont très bien corrélés aux variances du milieu (concept biologique) et que les déviations à la régression le sont très bien aux écovalences (concept agronomique). Par ailleurs, **Denis (1980, 1988)** a généralisé cette méthode à travers l'utilisation de covariables associées aux génotypes et aux milieux : la régression factorielle (**Brancourt et al., 1995**).

La stabilité de type IV, défini par **Lin et al. (1988)**, fait intervenir le facteur temps. La variation du milieu est séparée en une composante prévisible due à l'interaction génotype\*milieu et une composante imprévisible due à l'interaction génotype\*année. Cette dernière permet une mesure de la stabilité ou de la capacité d'un cultivar à résister à des variations imprévisibles qui sont en effet causées par les effets années.

Pour ces deux derniers types (III et IV), la stabilité ou plus exactement l'instabilité est donc mesurée par les irrégularités imprévisibles du génotype dans la réponse aux environnements (**Brancourt et al., 1995**).



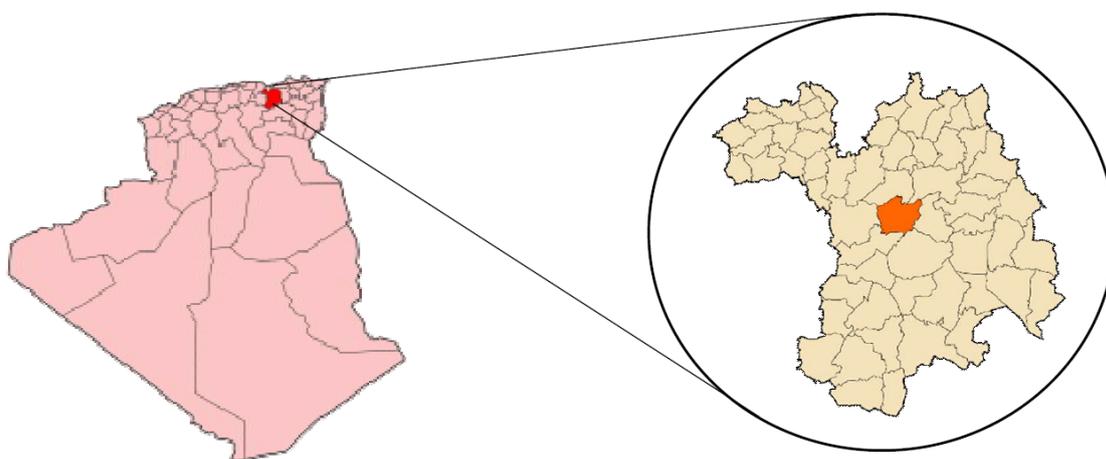
## Chapitre 02 :

# Matériel et méthodes

## II. Chapitre 2 : Matériel et méthodes

### II.1.Site expérimental

L'expérimentation a été menée sur le site expérimental de la station agricole INRAA, situé au « Bousselam », à 5 Km au sud-ouest de la ville Sétif. Le site expérimental est situé aux coordonnées géographiques suivantes : 36° 15' N et 05° 37' E à une altitude de 981m (Figure 3). Le climat de la région du site expérimental est de type méditerranéen, continental, semi-aride, caractérisé par un été chaud et sec, et un hiver froid et humide (**Chennafi et al., 2006**).



**Figure 4 :** Carte de localisation géographique du site d'étude (Wilaya de Sétif).

### II.2.Matériel végétal

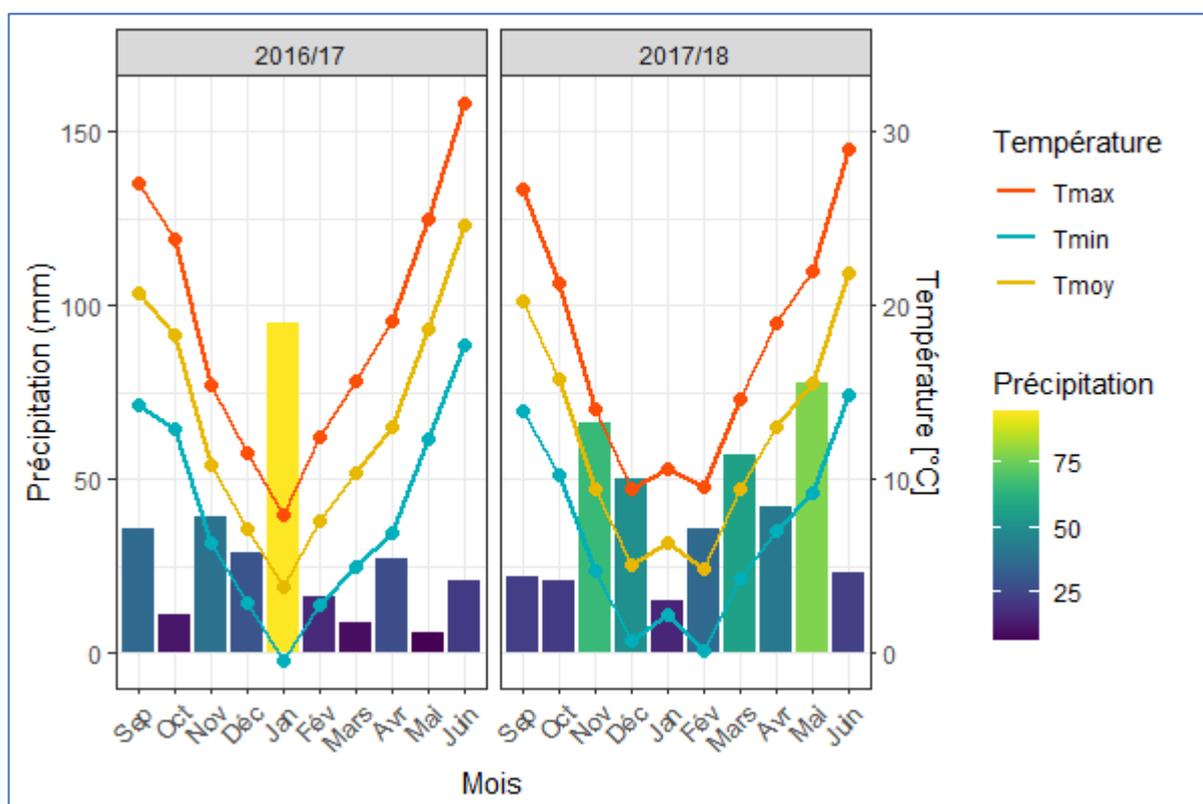
Le matériel végétal de cette étude est constitué de 153 lignées avancées F6 de blé tendre évaluées au cours de la campagne agricole 2016/2017, et leurs dérivées F7 évaluées au cours de la campagne agricole 2017/2018. Les lignées des générations filiales F6 et F7 ont été semées en randomisation totale sans répétition.

La variété Hidhab (HD<sub>1220</sub>) est utilisée comme témoin. Hidhab est une sélection de l'ITGC de Sétif datant de 1985, sélection faite à l'intérieur d'une population en ségrégation provenant de CIMMYT. C'est une variété à cycle court, précoce à l'épiaison, ce qui lui permet de tolérer les stress hydriques et thermiques de fin cycle. Elle se distingue par une capacité de tallage élevé, aux épis blancs, demi-compacts, aux barbes divergentes et à paille creuse et courte (**Fellahi, 2013**). Cette variété est très appréciée par les agriculteurs, elle est la plus cultivée à cause de son potentiel de rendement élevé. Elle possède de bonnes caractéristiques technologiques pour la panification, c'est un blé de force (**Fellahi, 2013**).

### II.3. Conditions expérimentales

Les essais ont été mis en place à l'aide du semoir expérimental de type HEGE 80 sur des parcelles élémentaires de 2.5 m de longueur et de 1.2 m de largeur soit une surface parcellaire de 3 m<sup>2</sup> avec un espacement entre les rangs de 0.2 m. Le précédent cultural est une jachère travaillée. Les techniques culturales adoptées sont celles préconisées pour la culture du blé tendre en zones semi-arides. Les essais sont fertilisés par 100 kg/Ha de l'engrais de fond *Tri superphosphate* à 46% et 75 kg/Ha de l'engrais azoté *Urée* à 35% pendant le tallage. Les mauvaises herbes sont contrôlées chimiquement.

Le cumul pluviométrique enregistré au cours des campagnes d'étude est de 289 mm et 410 mm, respectivement pour 2016/2017 et 2017/2018 (Figure 5). Durant la campagne 2016/2017, le mois de janvier est le plus pluvieux avec plus de 95 mm (Figure 5). C'est aussi le moi dont les températures moyennes, minimales et maximales ont atteint leurs minimums. Les mois de Mars et Mai (durant lequel le remplissage du grain se procure), est ceux les mois pluvieux avec seulement 9 et 6 mm reçus (Figure 5). Les températures ont atteint leurs maximums en Juin.



**Figure 5 :** Pluviométrie et températures moyennes, minimales et maximales du site d'étude (adaptée des données de l'Office National de la Météorologie ONM, 2018).

La campagne 2017/2018 présente une plus grande variabilité mensuelle notamment pour la pluviométrie (Figure 5). La période la plus pluvieuse s'étale de Novembre-Décembre et à partir de Février jusqu'au mois de Mai. Ce dernier est le plus pluvieux (78 mm) alors que le mois de Janvier est le plus sec (15 mm) (Figure 5). Les températures minimales et maximales sont enregistrées, respectivement, pour les mois de Février et Juin (Figure 5). La comparaison de l'allure des deux campagnes montre une très grande variabilité climatique (particulièrement pour la pluviométrie) du milieu de production, ce qui complique l'effort du sélectionneur dans ce type d'environnement.

#### **II.4. Mesures et notations**

Les différents caractères calculés et mesurés en F6 sont :

- ✓ **Nombre d'épis par mètre carré ( $NE/m^2$ )** : il est estimé à partir du comptage de nombre d'épi par un mètre linéaire, ce dernier est rapporté au mètre carré.
- ✓ **Poids des épis ( $PNE, g/m^2$ )** : il est déterminé par pesage des épis présents dans le bottillon de végétation servant à la détermination du nombre d'épi par un mètre linéaire puis rapporté au mètre carré.
- ✓ **Rendement en grain ( $RDT, Qx/Ha$ )** : il est déterminé à la récolte des parcelles élémentaires par une moissonneuse-batteuse expérimentale. Après pesée, le rendement est converti en quintaux par hectare.

Les différents caractères calculés et mesurés en F7 sont représentés par :

- ✓ **Hauteur des plantes ( $HT, cm$ )** : elle a été déterminée par la mesure, à l'aide d'une règle graduée, de la distance du sol au sommet de l'épi, barbes non incluses. Elle est exprimée en cm.
- ✓ **Rendement en grain ( $RDT, Qx/Ha$ )** : il est déterminé de la même manière qu'en F6.

#### **II.5. Analyse des données**

Les variables mesurées par lignée et par génération sont traitées par l'analyse des statistiques descriptives pour obtenir les moyennes, les valeurs minimales et maximales, et l'écart-type. Les relations entre variables mesurées en F6 et en F7 sont étudiées par l'analyse de la régression et des corrélations phénotypiques.

Afin d'identifier et éventuellement sélectionner pour la performance et la stabilité du rendement les meilleures lignées en F6 ainsi qu'en F7, nous avons opté pour une intensité de sélection de 20%. Ces lignées sont comparées relativement au témoin Hidhab dans la mesure

d'apprécier le gain de la sélection réalisé. Le degré de ressemblance entre les lignées F6 et leurs dérivées F7 est évalué par l'estimation du degré de détermination génétique par la méthode de régression parents-descendants décrite par **Smith et Kinman (1965)**. L'analyse de la stabilité est approchée par le calcul des indices de stabilité communément employés dans les programmes d'amélioration du blé. Deux sortes d'indices sont calculés dans la présente étude à savoir :

✎ *Indices de stabilité paramétriques :*

- La composante de la variance moyenne ( $\theta_i$ ) proposée par **Plaisted et Peterson (1959)** ;
- La composante de la variance de l'interaction génotype x environnement ( $\theta_{(i)}$ ) ;
- L'écovalence ( $W_i^2$ ) de **Wricke (1962)** ;
- La régression ( $b_i$ ) de **Finlay et Wilkinson (1963)** ;
- La déviation de la régression ( $S^2_{di}$ ) de **Eberhart et Wilkinson (1966)** ;
- La variance ( $\sigma^2_i$ ) de **Shukla (1972)** ;
- Le coefficient de variation ( $CV_i$ ) suggéré par **Francis et Kannenberg (1978)**.

✎ *Indices de stabilité non paramétriques :*

- Les statistiques non paramétriques  $S^{(1)}$ ,  $S^{(2)}$ ,  $S^{(3)}$  et  $S^{(6)}$  de **Huhn (1990)** et **Nassar et Huhn (1987)** ;
- Les statistiques non paramétriques  $NP^{(1)}$ ,  $NP^{(2)}$ ,  $NP^{(3)}$  et  $NP^{(4)}$  de **Thennarasu (1995)** ;
- La somme des rangs ( $KR$ ) de **Kang (1988)**.

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des programmes R (**R Development Core Team, 2016**) et Microsoft Excel®.



## *Chapitre 03 :*

# *Résultats et discussion*

*Résultats et discussion*

### III. Chapitre 3 : Résultats et discussion

#### III.1. Variabilité des caractères des générations F6 et F7

Les résultats du test de Kolmogorov-Smirnov indiquent qu'à l'exception du nombre d'épis/m<sup>2</sup>, l'ensemble des variables mesurées suivent une distribution normale au seuil de probabilité de 1% (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Test de la distribution normale de Kolmogorov-Smirnov des variables mesurées.

Variable	NE	PE	RDT_F6	HT	RDT_F7
D	0.1143	0.0877	0.0638	0.1583	0.0481
Prob	0.0328	0.1778	0.5436	0.0008	0.8600

NE : Nombre d'épis au mètre carré, PE : Poids des épis au mètre carré, RDT\_F6 : Rendement en grain de la F6, HT : Hauteur de plante, RDT\_F7 : Rendement en grain de la F7, D : Valeur du test Kolmogorov-Smirnov, Prob : Probabilité.

Les valeurs moyennes, minimales, maximales et les écart-types des variables mesurées aux générations F6 et F7 sont données au tableau 2. Le nombre d'épis au mètre carré (NE/m<sup>2</sup>) varie de 207.0 à 714.0 épis/m<sup>2</sup> au tour d'une moyenne générale de 410.4 épi/m<sup>2</sup> et un écart-type de 91.4. Le poids des épis (PE/m<sup>2</sup>) varie de 166.5 à 919.2 g avec une moyenne de 435.2 g et un écart-type de 113.5. Le rendement en grain de la génération F6 (RDT\_F6) varie de 9.2 à 63.5 Qx/Ha avec une moyenne globale de cette caractéristique de 30.3 Qx/Ha et un écart-type de 8.7. Les valeurs prises par la hauteur des plantes des lignées F7 oscillent entre 81.0 et 158.0 cm, avec une moyenne générale de 115.0 cm et un écart-type de 18.7. Le rendement en grain de ces lignées (RDT\_F7) varie de 8.6 à 48.8 Qx/ha au tour d'une moyenne de 31.1 Qx/ha et un écart-type de 7.5.

**Tableau 2 :** Valeurs moyennes, minimales, maximales et écart-types des variables mesurées aux générations F6 et F7.

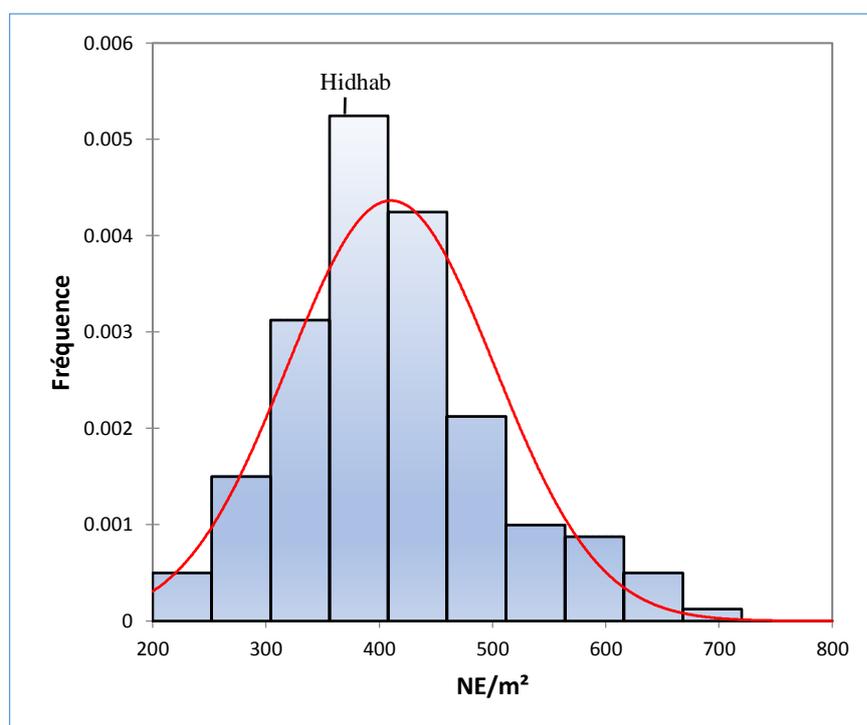
Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	CV <sub>P</sub>
<b>2016/17</b>					
NE	207.0	714.0	410.4	91.4	22.3
PE	166.5	919.2	435.2	113.5	26.1
RDT_F6	9.2	63.5	30.3	8.7	28.8
<b>2017/18</b>					
HT	81.0	158.0	115.0	18.7	16.2
RDT_F7	17.3	97.6	62.0	14.8	24.1

NE : Nombre d'épis au mètre carré, PE : Poids des épis au mètre carré, RDT\_F6 : Rendement en grain de la F6, HT : Hauteur de plante, RDT\_F7 : Rendement en grain de la F7, CV<sub>P</sub> : Coefficient de variation phénotypique.

Les valeurs prises par le coefficient de variation phénotypique sont élevées (supérieures au seuil de 20%) variant de 16.2 pour la hauteur des plantes de la F7 à 28.8 pour le rendement

en grain de la génération F6 (Tableau 2). Ces résultats suggèrent la présence d'une bonne variabilité génétique à l'intérieur du matériel génétique évalué pour l'ensemble des variables mesurées. Les sélectionneurs utilisent les croisements artificiels pour créer de la variabilité pour les besoins de la sélection. La variabilité est donc nécessaire pour continuer à faire des progrès en matière de rendement et d'adaptation. La variabilité est d'origine naturelle et elle peut aussi être induite artificiellement par suite à des croisements spécifiques et interspécifiques, avec pour objectif d'assembler, dans une population créée artificiellement, les qualités des parents croisés (**Bouzerzour et Benmahammed, 1994**).

La distribution fréquentielle du nombre d'épis chez les lignées F6 évaluées (Figure 6) montre que 42 lignées (27.27%) appartiennent à la classe modale [356 – 408[ dont le témoin Hidhab (366 épis/m<sup>2</sup>). 106 lignées présentent un NE/m<sup>2</sup> plus intéressant que Hidhab (366 épis/m<sup>2</sup>) et 66 lignées affichent un NE/m<sup>2</sup> supérieur à la moyenne générale de l'essai (410.4 épi/m<sup>2</sup>). Une seule lignée (L153) représente la dernière classe [668 – 720[ et exhibe un NE/m<sup>2</sup> deux fois plus celui généré par Hidhab (Figure 6).

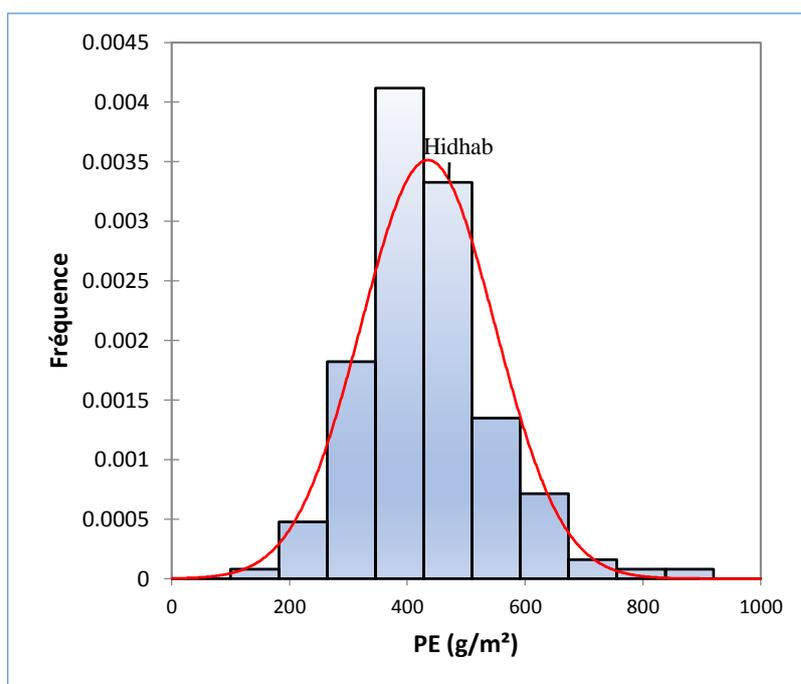


**Figure 6 :** Distribution fréquentielle du nombre d'épis chez les lignées F6 évaluées.

En zone semi-aride, le nombre d'épis/m<sup>2</sup> constitue la principale composante du rendement en grains chez le blé (**Bouzerzour et al., 2000 ; Fellahi et al., 2013 ; 2017 ; Kirouani et al., 2019**), Selon **Zair (1994)**, cette caractéristique dépend en premier lieu du facteur génétique, de la densité de semis, de la puissance du tallage, elle-même conditionnée par la nutrition azotée,

et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage (**Bouzerzour et Monneveux, 1993**).

L'étude de la fréquence de distribution des valeurs prises par le poids des épis montre la présence de 10 classes (Figure 7). Celle la plus représentative est [346 – 428[ et comporte 52 lignées (33.77%). 70 lignées affichent un poids des épis au mètre carré supérieur à la moyenne générale de l'essai (435.2 g/m<sup>2</sup>) et 61 lignées présentent un PE/m<sup>2</sup> plus intéressant que celui du témoin Hidhab (454.8 g/m<sup>2</sup>). La seule lignée L33 qui représente la dernière classe [838 – 920[ exprime un PE/m<sup>2</sup> deux fois plus celui matérialisé par Hidhab (Figure 7).

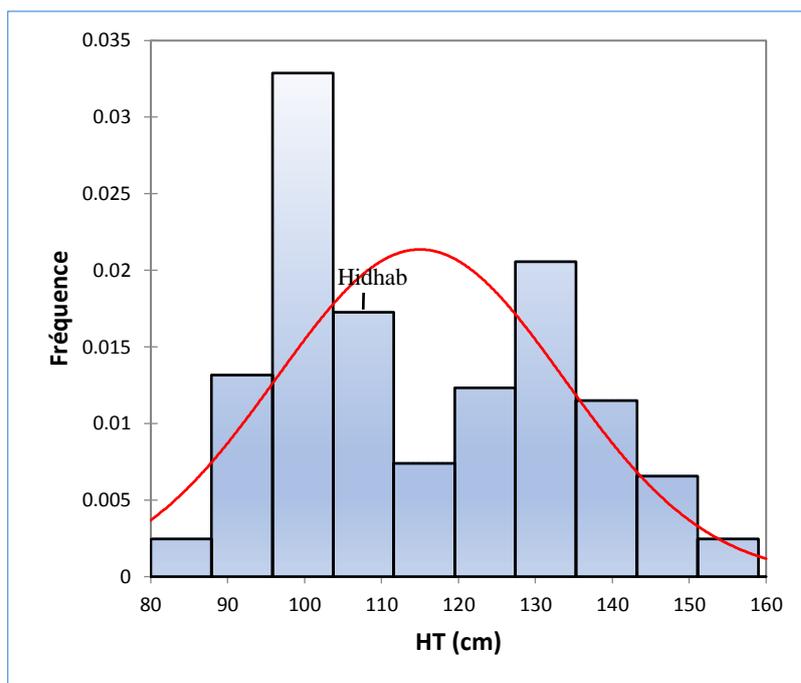


**Figure 7** : Distribution fréquentielle du poids des épis chez les lignées F6 évaluées.

Une analyse génétique d'un diallèle partiel de blé tendre par **Fellahi (2017)** montre que le cultivar Mahon-Démias porte plus d'allèles favorables à l'augmentation du poids des épis. D'après **Laala et al. (2009)**, la sélection sur la base de la biomasse, du poids des épis et de leur combinaison sous forme d'un indice aboutit à des effets positifs sur le rendement grain de la descendance.

L'étude de la fréquence de distribution des valeurs prises par la hauteur de la végétation en F7 montre également la présence de 10 classes (Figure 8). [95.8 – 103.7 [est la classe la plus représentative et compte environ 26% du matériel génétique évalué (40 lignées). 82 lignées sont plus hautes que Hidhab (106 cm) dont 70 lignées présentent une hauteur supérieure à celle de la moyenne générale de cette variable (115 cm). De même, 80 lignées présentent une hauteur

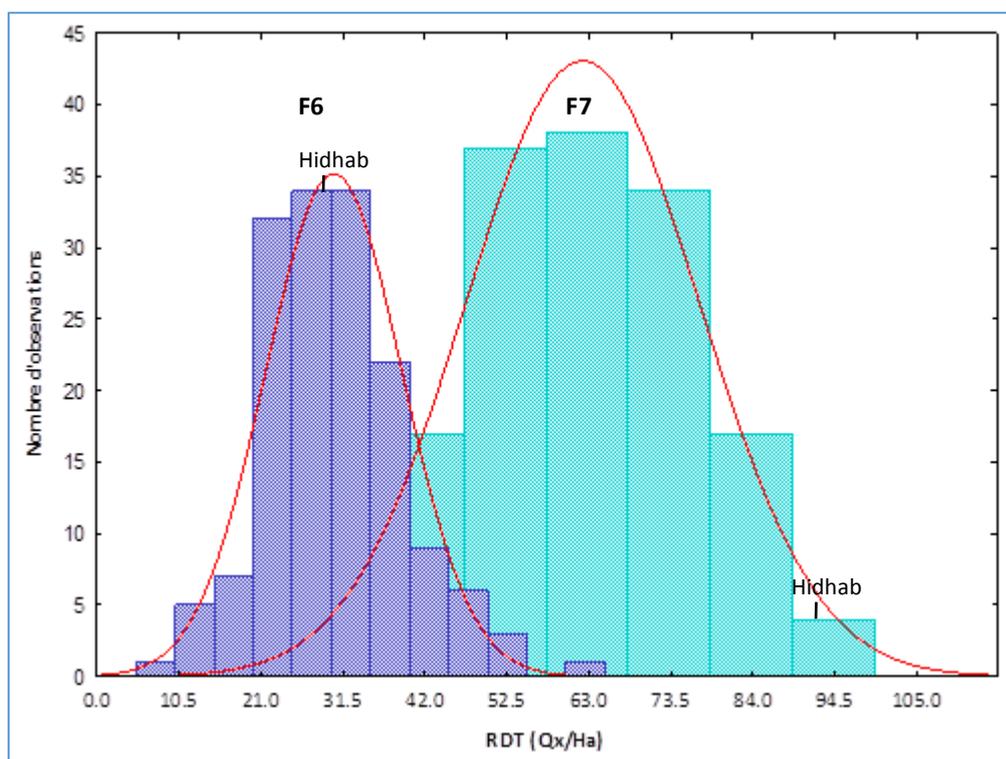
inférieure à celle de la moyenne générale de cette caractéristique (115 cm) dont 70 lignées sont plus courtes que Hidhab (106 cm).



**Figure 8 :** Distribution fréquentielle de la hauteur des plantes des lignées F7 évaluées.

Selon **Mekliche (1983)**, la hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important. Une liaison significative entre le rendement et la hauteur de la paille ; les plantes courtes sont plus productives que les plantes à paille haute. La corrélation positive et significative entre la hauteur des plantes et le rendement en grains suggère que la sélection de génotypes hauts améliore la production surtout en conditions limitantes (**Benmahammed et al., 2003**).

Concernant le rendement en grains de la F6, l'étude de la fréquence de distribution des valeurs prises par cette variable montre que 72 lignées expriment un rendement en grains supérieur à la moyenne générale de l'essai (30.3 Qx/Ha) dont 68 lignées présentent un rendement plus intéressant que celui du témoin Hidhab (30.6 Qx/Ha) (Figure 9). Ce dernier figure à l'intérieur de la classe modale [25.8 – 32.2[ comportant 43 lignées (27.92%). La seule lignée L33 qui représente la dernière classe [58.0 – 64.5[ exprime aussi un rendement deux fois plus celui produit par Hidhab (Figure 9). En F7, 78 lignées présentent des performances de rendement en grains supérieures à la moyenne générale de l'essai (62 Qx/Ha) mais trois lignées (L81, L58 et L122) seulement exhibent un rendement plus intéressant que celui de Hidhab (89.9 Qx/Ha) (Figure 9).



**Figure 9 :** Distribution fréquentielle du rendement en grains des lignées F6 et leurs dérivées F7 évaluées.

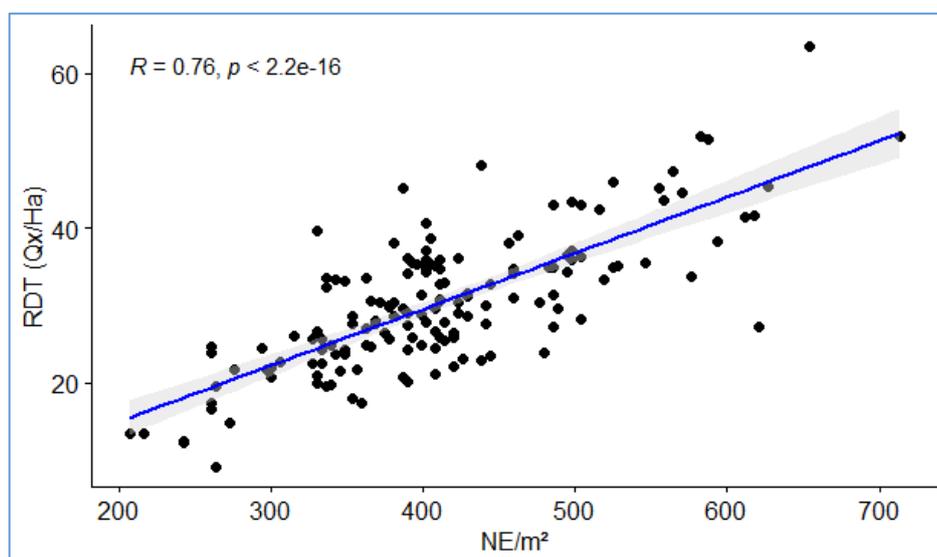
La comparaison de la courbe de fréquence des lignées de la génération F7 à celle de la génération F6 montre un décalage et un glissement des valeurs de la F7 vers la droite relativement aux valeurs prises par les lignées de la F6 (Figure 9). Ces résultats suggèrent que le milieu a été plus favorable à l'expression du rendement en F7 qu'en F6 en termes de conditions climatiques (humidité du sol et température) (Figures 5 et 9).

Trois facteurs climatiques interagissent pour permettre l'extériorisation ou l'inhibition du potentiel d'un génotype donné. Ces facteurs sont les basses températures, le cumul des degrés-jours et le cumul pluviométrique (**Kabouche et al., 2001 ; Mekhlouf et al., 2001**). Chez le blé tendre, la température optimale pour l'anthèse et le remplissage de grain s'étend de 12 à 22 °C (**Farooq et al., 2011**).

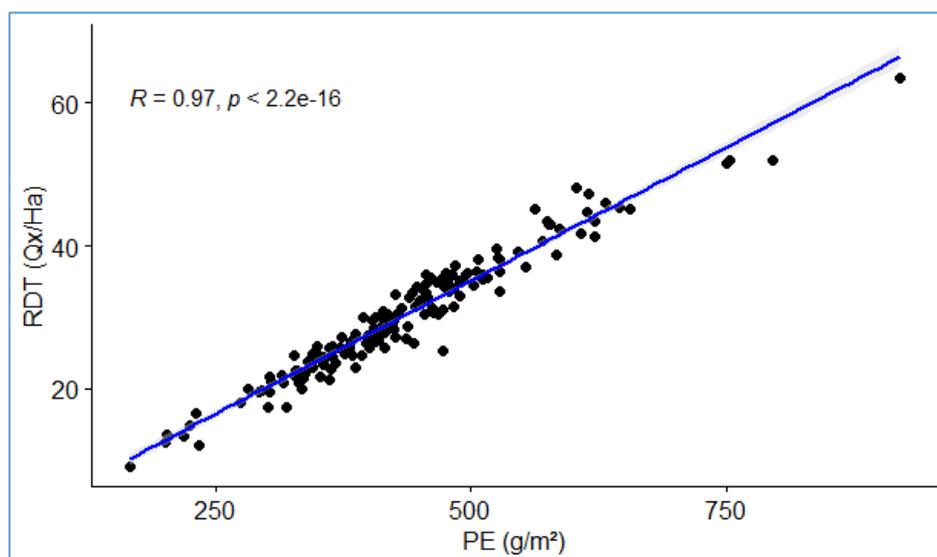
Le rendement en grains est un caractère polygénique sous l'influence des facteurs du milieu, d'où son inefficacité comme critère de sélection (**Benmahammed et al., 1993 ; Belhacene et al., 2006 ; Moragues et al., 2006**). Plusieurs études ont montré que l'amélioration d'un caractère complexe, tel que le rendement grain, qui est peu héritable, peut être approchée indirectement par l'intermédiaire des caractères qui lui sont fortement liés et moins influencés par l'environnement (**Benmahammed et al., 1993 ; Fellahi et al., 2018, 2020**).

### III.2. Corrélations phénotypiques inter-caractères intra-génération

En F6, le rendement en grains est positivement et significativement lié au nombre d'épis/m<sup>2</sup> ( $r= 0.76, p<0.000$ , Figure 10) et au poids des épis ( $r=0.97, p<0.000$ , Figure 11). Ces deux derniers sont également liés entre eux ( $r= 0.8, p<0.000$ , Figure 12). En F7, le rendement en grains est négativement et significativement lié et à la hauteur de la végétation ( $r= -0.29, p<0.000$ , Figure 13).



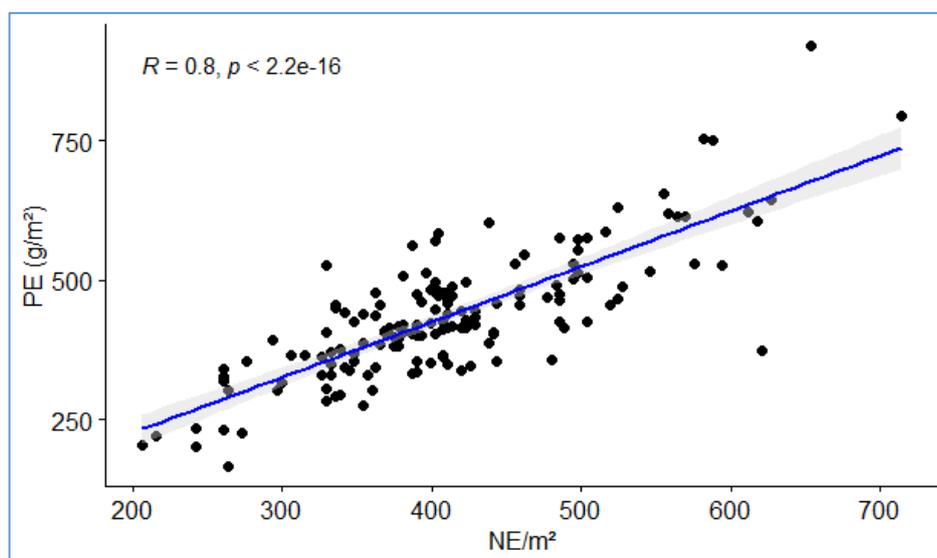
**Figure 10** : Régression du rendement en grains sur le nombre d'épis des lignées F6 évaluées.



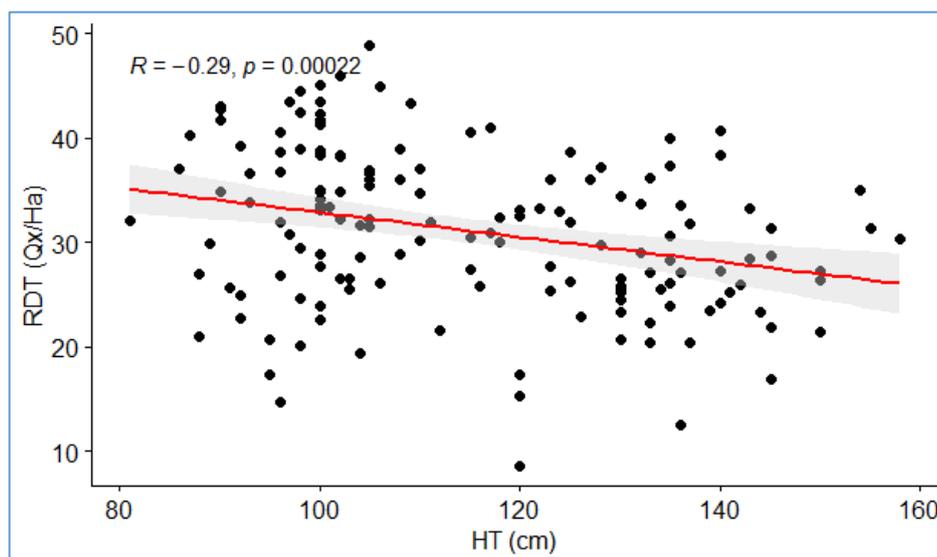
**Figure 11** : Régression du rendement en grains sur le poids des épis des lignées F6 évaluées.

L'analyse de ces liaisons indique que la sélection du rendement amène des améliorations du nombre et du poids des épis et une réduction de la hauteur. Ce caractère est complexe, sa mesure est sujette à des erreurs qui font que la sélection sur ce caractère est le plus souvent peu efficace (Laala, 2018). De plus ce caractère fait souvent l'objet d'interaction génotype x

milieux, ce qui conduit à un changement de l'ordre de classement des performances des génotypes d'un site à l'autre, comme le rapportent plusieurs auteurs dont **Bendjamaa et al. (2014)** et **Haddad et al. (2016)**.



**Figure 12** : Régression du poids des épis sur leur nombre chez les lignées F6 évaluées.



**Figure 13** : Régression du rendement en grains sur la hauteur des lignées F7 évaluées.

D'après **Laala (2018)**, la sélection du poids des épis est similaire à celle du rendement en grains lui-même. Elle est moins précise parce qu'elle est sujette à de multiples erreurs d'échantillonnage, de manipulation lourde, au même titre que la détermination de certains caractères tels que la biomasse aérienne, la paille produite et le rendement en grains. Ces caractères ne peuvent servir de critères de sélection indirecte que si leurs liaisons avec le caractère principal à améliorer est proche de l'unité. Ceci n'est pas toujours le cas, sous

conditions contraignantes, comme celles qui caractérisent les hautes plaines orientales (**Laala et al., 2017 ; Hannachi et al., 2019**).

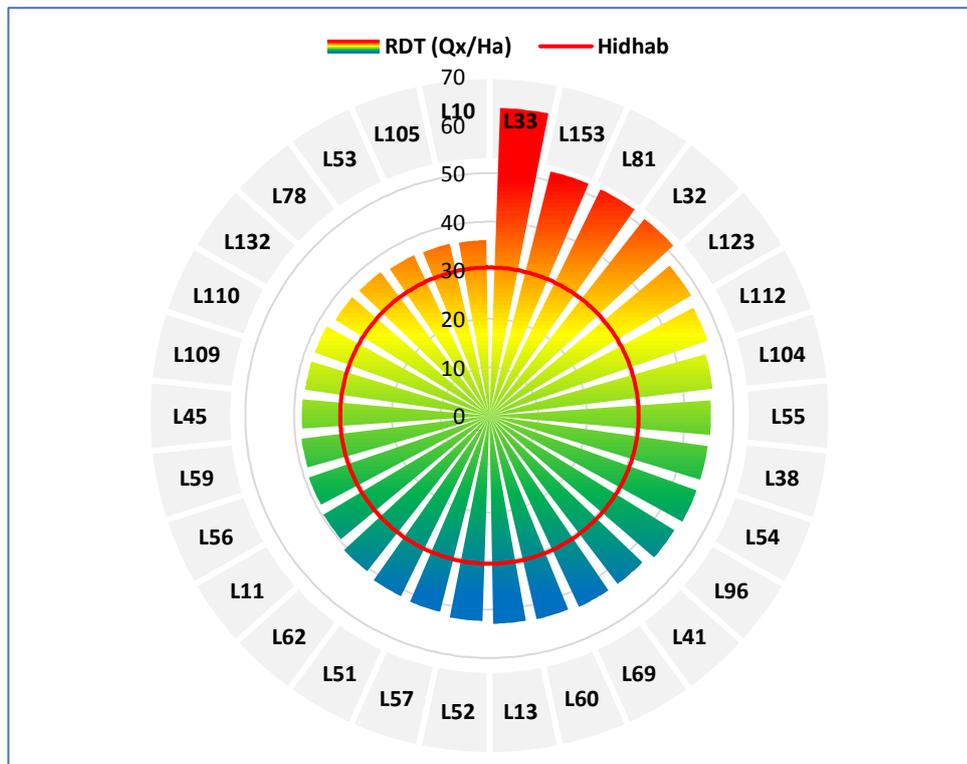
La détermination du nombre d'épis est par contre moins onéreuse par rapport au rendement et au poids des épis. Visuellement le matériel végétal sous sélection peut être classé en fonction de la capacité de production d'épis par unité de surface semée, puis éventuellement les différences entre les lignées les mieux classées peuvent être déduites par dénombrements des épis (**Laala et al., 2017**). Ces résultats suggèrent que la sélection sur la base du nombre d'épis induit l'amélioration indirecte du poids des épis et du rendement en grains chez le matériel végétal évalué.

La hauteur de la végétation peut être un critère important pour la sélection surtout dans les zones semi-arides par la richesse disponible en glucide au niveau des talles, il permet de couvrir la demande en énergie des animaux d'élevage mais au détriment au rendement grains. Cette caractéristique est désirée durant les années sèches (**Annicchiarico et al., 2005 ; Bahlouli et al., 2005**). Selon **Fellahi (2017)**, les plantes de stature moyenne sont plus productives que les plantes hautes car la capacité de tallage des premières est plus importante. En effet, les variétés nouvelles se caractérisent par une réduction de la hauteur, suite à l'introduction des gènes de nanisme, qui semble s'accompagner aussi d'une réduction du système racinaire (**Rebetzke et al., 2007**).

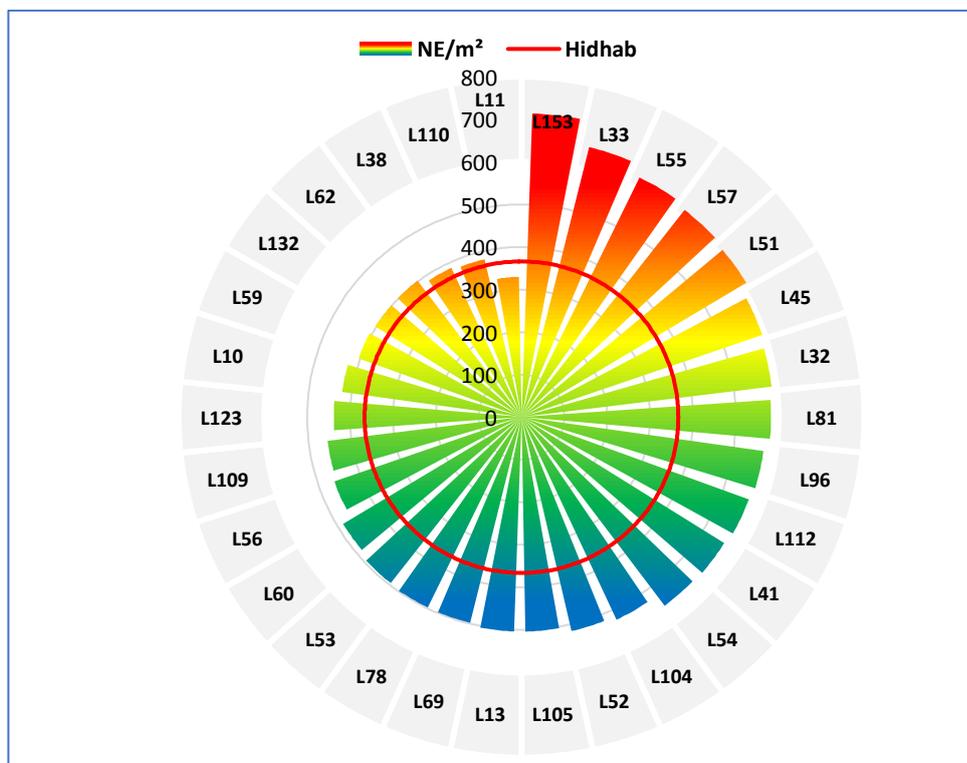
### **III.3. Gain de sélection**

#### **III.3.1. En génération F6**

Les 30 lignées identifiées en F6, à une intensité de sélection de 20%, se caractérisent par un rendement variant de 36.2 Qx/Ha, valeur minimale prise par la lignée L10 à 63.5 Qx/Ha, valeur maximale prise par la lignée L33 (Figure 14). Toutes ces lignées présentent une performance de rendement supérieure à celle du témoin Hidhab (30.6 Qx/ha) (Figure 14). Les lignées sélectionnées en F6 pour le rendement en grains se caractérisent également par un nombre d'épis qui oscillent entre 330 épis/m<sup>2</sup>, valeur minimale prise par la lignée L11 à 714 épis/m<sup>2</sup>, valeur maximale prise par la lignée L153 (Figure 15). A l'exception de L11, toutes les lignées identifiées expriment une performance des talles fertiles ou épis supérieure à celle de Hidhab (366 épis/m<sup>2</sup>) (Figure 15).



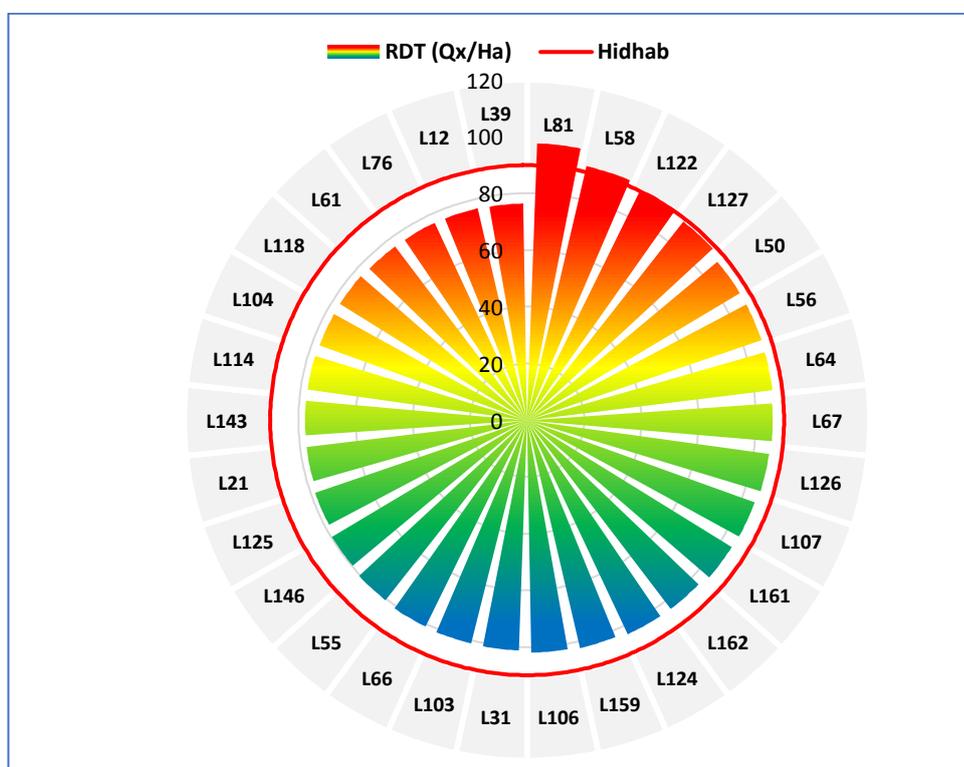
**Figure 14 :** Valeurs moyennes caractéristiques du rendement en grains des 30 lignées sélectionnées en F6 et du témoin Hidhab.



**Figure 15 :** Valeurs moyennes caractéristiques du nombre d'épis des 30 lignées sélectionnées en F6 et du témoin Hidhab.

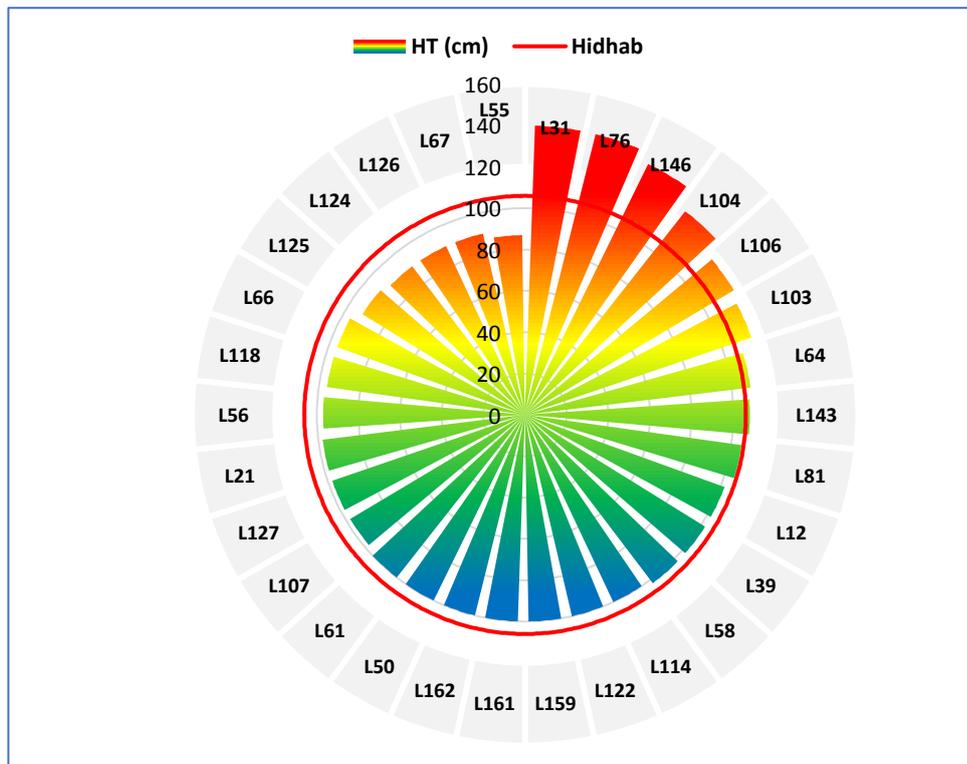
### III.3.2. En génération F7

Les 30 lignées identifiées en F7, à une pression de sélection de 20%, se caractérisent par un rendement variant de 76.4 Qx/Ha, valeur minimale prise par la lignée L39 à 97.6 Qx/Ha, valeur maximale prise par la lignée L81 (Figure 16). Seulement trois lignées L81, L58 et L122 avec, respectivement, 97.6, 91.9 et 90.0 Qx/Ha expriment une performance de rendement supérieure à celle du témoin Hidhab (89.9 Qx/ha) (Figure 16).



**Figure 16 :** Valeurs moyennes caractéristiques du rendement en grains des 30 lignées sélectionnées en F7 et du témoin Hidhab.

Les lignées sélectionnées en F7 pour le rendement en grains se caractérisent par une hauteur qui varie de 87 cm, valeur minimale prise par la lignée L55 à 140 cm, valeur maximale prise par la lignée L31 (Figure 17). Huit (8) lignées nommées L31, L76, L146, L104, L106, L103, L64 et L143 expriment une hauteur supérieure à celle de Hidhab (106 cm) ; les autres lignées restantes sont plus courtes que Hidhab (Figure 17).



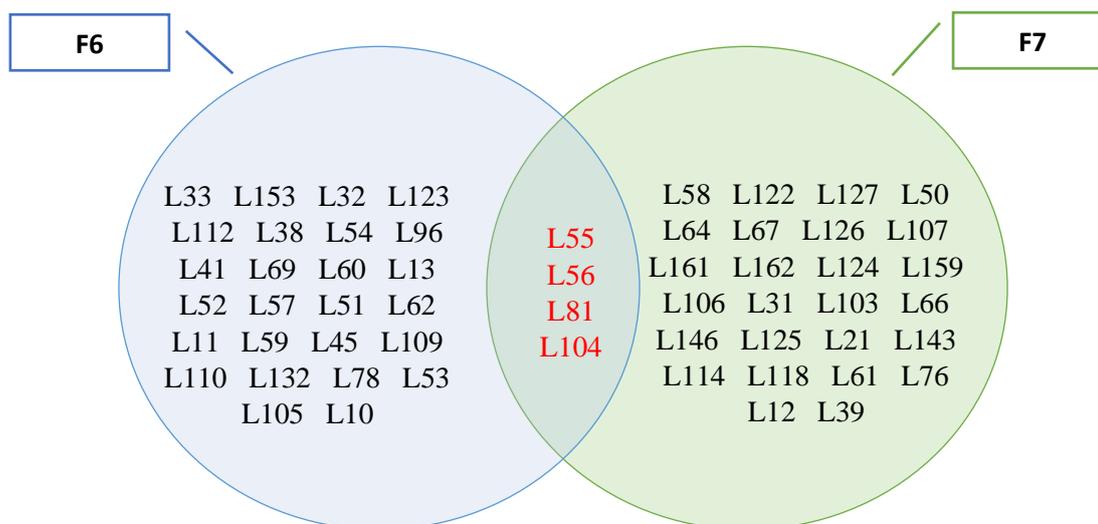
**Figure 17 :** Valeurs moyennes caractéristiques de la hauteur des plantes des 30 lignées sélectionnées en F7 et du témoin Hidhab.

#### **III.4. Degré de ressemblance, héritabilité et sélection pour la performance de rendement**

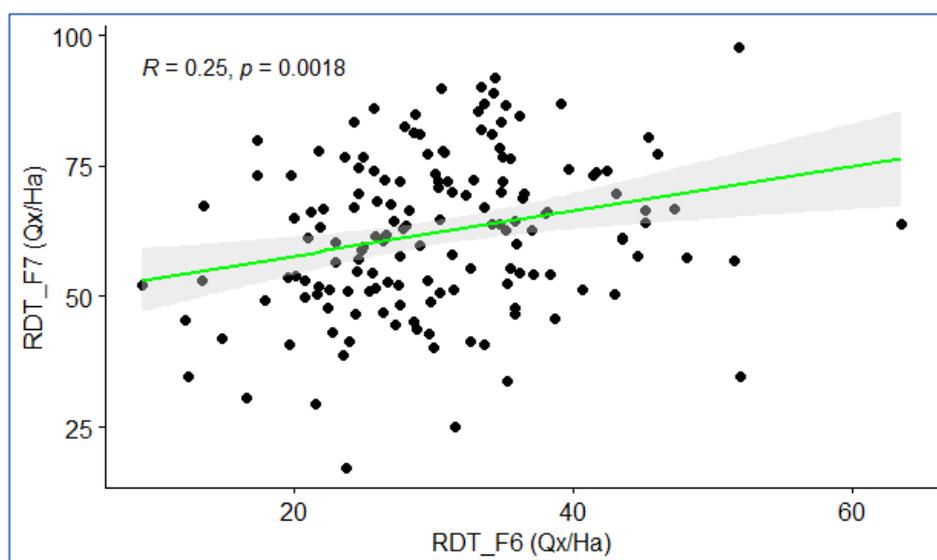
Le degré de ressemblance ou répétabilité entre génération devient un facteur déterminant qui conditionne l'efficacité de la sélection. Les résultats de l'étude indiquent qu'à l'intérieur des 60 lignées sélectionnées pour le rendement en grains en F6 et F7, seulement quatre lignées siglées L55, L56, L81 et L104 figurent parmi les deux sélections (sélectionnées en F6 et en F7) (Figure 18). Le peu de ressemblance entre les performances des génération F6 et F7 peut être expliqué par la présence d'interaction génotype x année. D'après **Fellahi (2017)**, chaque année ou génération se distingue par l'expression des caractères qui lui sont spécifique et qui ne sont ceux qui s'expriment au même niveau lors d'une autre année ou génération.

Quoique le nombre de lignées doublement sélectionnées est très réduit (4 lignées soit 13.33%) suite à la présence de l'effet environnement qui a agi sur l'expression du rendement des lignées évaluées, les résultats de la corrélation phénotypique sur la base du rendement en grains des deux générations F6 et F7 montrent une association positive et significative ( $r=0.25$ ,  $p<0.0018$ , Figure 19). Ces résultats sont supportés par le degré de détermination génotypique

ou héritabilité qui prend une valeur moyenne (42.66%) suggérant la possibilité de sélectionner des lignées qui apportent du progrès génétique sous les conditions de la présente étude.



**Figure 18 :** Lignées sélectionnées en F6 et celles identifiées en F7 sur la base du rendement en grains.



**Figure 19 :** Régression du rendement en grains des lignées F7 sur celui de leurs ascendants F6.

**Tableau 3 :** Degré de détermination génétique du rendement en grains.

Variable	$X_{(P)}$	$X_{(F)}$	$\sigma^2_{(P)}$	$\sigma^2_{(F)}$	$Cov_{(P, F)}$	$r_{(P, F)}$	$h^2$ (%)
<b>RDT</b>	30.3	62.0	76.72	220.8	32.7	0.25	42.66

$X_{(P)}$ : Moyenne de rendement de la F6,  $X_{(F)}$ : Moyenne de rendement de la F7,  $\sigma^2_{(P)}$ : Variance phénotypique du rendement de la F6,  $\sigma^2_{(F)}$ : Variance phénotypique du rendement de la F7,  $Cov_{(P, F)}$ : Covariance du rendement de la F6 et F7,  $r_{(P, F)}$ : Corrélation phénotypique entre le rendement de la F6 et celui de la F7,  $h^2$  (%): Héritabilité du rendement en grains selon Smith et Kinman.

Le pourcentage de l'héritabilité est conditionné par le potentiel génétique de la variété, mais aussi par les conditions agro-climatiques et la conduite culturale, il est aussi la finalité de tout travail d'amélioration des plantes (El Hakimi, 1995). Le rendement est un caractère complexe sous contrôle polygénique, dépendant de plusieurs caractéristiques, et hautement influencé par le milieu (Hannachi *et al.*, 2017). Plusieurs études ont montré que la sélection directe basée sur ce caractère s'est montrée peu efficace dans les milieux variables (Fellahi, 2017). Elle a fait peu de progrès à cause de la faible héritabilité et aux interactions génotypes x environnements du rendement en grains (Bouzerzour et Djekoun, 1996 ; Annichiarico *et al.*, 2006 ; Benmahmmed *et al.*, 2010 ; Bendjama *et al.*, 2014). L'approche analytique suggère l'utilisation des caractères liés au rendement et qui confèrent l'adaptation à la variation environnementale (Laala *et al.*, 2009), indépendamment ou combinés sous forme d'indices (Fellahi *et al.*, 2018, 2020). A ce sujet, les résultats de l'étude faite par (Benmahmmed *et al.*, 2003) indiquent que la sélection sur la base de la combinaison faisant intervenir la hauteur des plantes, le nombre d'épis/m<sup>2</sup> et l'indice de récolte s'est révélée en mesure de contrôler efficacement la variation inter-annuelle du rendement en grains, tout en gardant la productivité à un niveau acceptable.

### III.5. Sélection pour la stabilité

La performance de rendement en soi ne devrait pas être le seul critère de sélection, car les génotypes les plus productifs ne donneraient pas nécessairement la meilleure stabilité, il faut donc des approches qui intègrent simultanément le rendement en grains et la stabilité dans un seul index (Hannachi *et al.*, 2019). Il serait alors souhaitable d'étudier la stabilité du matériel végétal pour combiner à la fois la performance et l'adaptation à l'intérieur des génotypes sélectionnés.

Dans le cas de la présente étude, seize indices paramétriques et non paramétriques de stabilité ont été utilisés sur 57 génotypes dont 56 lignées, précédemment sélectionnées pour leurs performances de rendement en grains sur deux générations en plus d'un témoin (Hidhab). Une matrice de corrélation basée sur les valeurs de ces indices a été générée dans un premier temps (Figure 20). Les résultats montrent qu'à l'exception de la régression d'Eberhart et Russell ( $S^2d_i$ ), la régression ( $b_i$ ) de Finlay et Wilkinson et la composante de la variance de l'interaction génotype x environnement ( $\theta_{(i)}$ ) tous les autres indices présentent des liaisons fortes entre eux tel qu'il est illustré par la carte thermique (Figure 20). Aucun indice n'a montré des associations significatives avec le rendement en grains, résultat qui complique de plus la possibilité de

combiner la performance et la stabilité à l'intérieur du même fond génétique. Tes trois statistiques paramétriques  $S^2d_i$ ,  $b_i$  et  $\theta_{(i)}$  expriment des corrélations négatives et/ou non significatives avec les autres indices.



**Figure 20 :** ‘Heat map’ ou carte thermique montrant le degré d’association entre les différents indices de stabilité.

Les valeurs minimales et maximales prises par ces indices ainsi que les lignées identifiées par indice sont données au tableau 4. Les génotypes qui montrent, de façon indépendante, des valeurs faibles pour  $W_i^2$ ,  $\theta_i$ ,  $\sigma_i^2$ ,  $CV_i$ ,  $S^{(1)}$ ,  $S^{(2)}$ ,  $S^{(3)}$ ,  $S^{(6)}$ ,  $NP^{(1)}$ ,  $NP^{(2)}$ ,  $NP^{(3)}$ ,  $NP^{(4)}$  et KR sont considérés comme les plus stables pour l’indice considéré (Plasted et Peterson, 1959 ; Wricke, 1962 ; Shukla, 1972 ; Francis et Kannenberg, 1987 ; Nassar et Huhn, 1987 ; Kang, 1988 ; Huhn, 1990 ; Thenarasu, 1995). De même, les génotypes qui montrent des valeurs élevées pour  $\theta_{(i)}$  sont plus stables et ceux avec un  $S^2d_i = 0$  seraient les plus adaptés (Eberhart et Wilkinson, 1966). En outre, Si le coefficient de la régression  $b_i$  ne diffère pas significativement de 1 pour un tel génotype, alors ce dernier est adapté à tous les environnements. Lorsque  $b_i > 1$ , ceci indique que le génotype considéré présente une plus grande spécificité d’adaptation aux environnements potentiels. Un  $b_i < 1$ , décrit par contre l’adaptation spécifique aux environnements défavorables (Finlay et Wilkinson (1963).

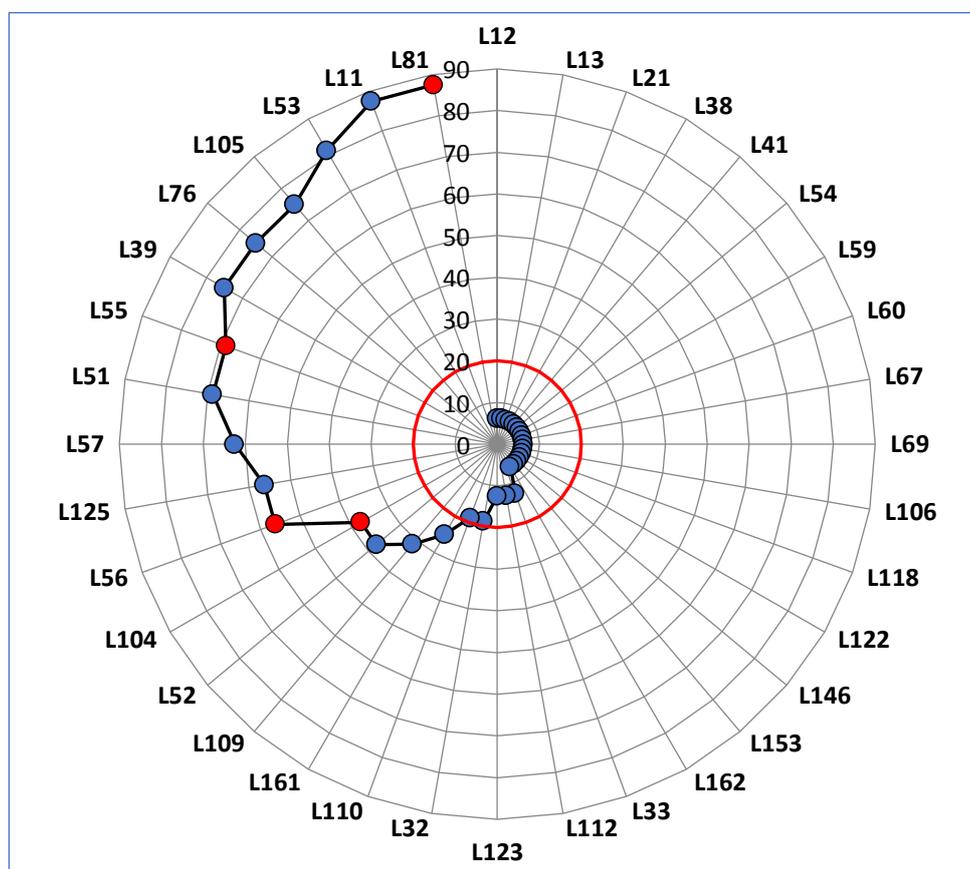
Pour la régression de Finlay et Wilkinson, nos résultats montrent que 29 lignées présentent un  $b_i > 1$ , dont 16 lignées exhibent des performances de rendement supérieures au rendement moyen des 57 génotypes évalués (36.9 Qx/Ha), suggérant leur adaptation aux environnements favorables. Ces lignées sont L11, L32, L33, L38, L41, L51, L52, L54, L55, L57, L60, L69, L81, L104, L112 et L123 (Tableau 4). Les autres lignées restantes avec un  $b_i < 1$  et des rendements faibles pourraient avoir une adaptation spécifique aux conditions difficiles ou défavorables. Pour  $S^2d_i$ , 13 lignées présentent des valeurs nulles dont six (6) seulement ayant un rendement en grains surmontant la moyenne de l'ensemble des génotypes soumis à l'analyse de la stabilité (36.9 Qx/Ha). Suivant cet indice les lignées les plus stables sont L32, L81, L104, L106, L112 et L122 (Tableau 4). Pour les autres indices, les 11 lignées identifiées à une pression de sélection de 20% sont illustrées dans le tableau 4.

**Tableau 4 :** Valeurs minimales et maximales prises par les indices de stabilité et lignées sélectionnées par indice.

Indice	Min	Max	Lignées sélectionnées
$S^{(j)}$	1.00	55.00	L39, L81, L76, L53, L105, L55, L11, L56, L125, L109, L51
$S^{(j)}$	0.50	1512.50	L39, L81, L76, L53, L105, L55, L11, L56, L125, L109, L51
$S^{(j)}$	0.02	53.07	L39, L81, L76, L53, L55, L105, L56, L11, L125, L52, L57
$S^{(6)}$	0.04	1.93	L81, L39, L76, L55, L53, L56, L105, L11, L125, L104, L52
$NP^{(j)}$	0.00	28.00	L53, L39, L105, L76, L11, L81, L56, L125, L51, L161, L57
$NP^{(j)}$	0.09	0.96	L39, L76, L53, L105, L11, L125, L52, L161, L57, L51, L104
$NP^{(j)}$	0.00	1.55	L53, L39, L105, L81, L11, L56, L76, L51, L161, L125, L57
$NP^{(4)}$	0.04	1.93	L81, L39, L76, L55, L53, L56, L105, L11, L125, L104, L52
$W_i^2$	0.47	576.93	L53, L105, L11, L81, L39, L76, L51, L57, L109, L55, L110
$\sigma_i^2$	-1.03	596.39	L53, L105, L11, L81, L39, L76, L51, L57, L109, L55, L110
$S^2d_i$	$-8.12e^{15}$	$8.12e^{15}$	L32, L81, L104, L106, L112, L122
$b_i$	-35.62	54.78	L11, L32, L33, L38, L41, L51, L52, L54, L55, L57, L60, L69, L81, L104, L112, L123
$CV_i$	3.17	70.51	L53, L105, L81, L11, L39, L76, L56, L125, L55, L51, L57
$\theta_{(i)}$	74.09	84.76	L11, L39, L51, L53, L55, L57, L76, L81, L105, L109, L110
$\theta_i$	42.63	336.00	L153, L33, L146, L32, L123, L162, L67, L21, L13, L59, L12
$KR$	5.00	112.00	L81, L57, L55, L161, L56, L104, L52, L51, L11, L118, L53

$S^{(j)}, S^{(j)}, S^{(j)}, S^{(j)}$ : Statistiques non paramétriques de Huhn et Nassar ;  $NP^{(j)}, NP^{(j)}, NP^{(j)}, NP^{(4)}$ : Statistiques non paramétriques de Thennarasu ;  $W_i^2$ : L'équivalence de Wricke ;  $\sigma_i^2$ : Variance de stabilité de Shukla ;  $S^2d_i$ : Déviation de la régression de Eberhart et Wilkinson;  $b_i$ : Régression de Finlay et Wilkinson ;  $CV_i$ : Coefficient de variance environnementale ;  $\theta_{(i)}$ : Composante de la variance de l'interaction génotype x environnement;  $\theta_i$ : Composante de la variance moyenne de Plaisted et Peterson;  $KR$ : Somme des rangs de Kang.

Globalement, 36 parmi les 56 lignées évaluées étaient identifiées comme stables avec des possibilités de sélection variable suivant le génotype et l'indice employé. Afin de résumer tous ces résultats et sélectionner celle les plus stables, nous avons calculé les coefficients de coïncidence en se basant sur le nombre de sélection d'un tel génotype sur l'ensemble des indices utilisés, témoin exclu. Plus la valeur de ce coefficient est élevée pour un tel génotype, plus il est plus stable relativement aux autres. Nos résultats montrent que les valeurs prises par ces coefficients oscillent entre 3.6%, valeur minimale prise par les lignées L12, L13, L21, L38, L41, L54, L59, L60, L67, L69, L106, L118, L122, L146, L153 et L162 (une seule sélection sur 16 possibles) et 87.5%, valeur maximale prise par les lignées L11 et L81 (14 sélections sur 16 possibles) (Tableau 4 ; Figure 21). Quinze lignées ont des coefficients de coïncidence supérieurs à 20%, ces lignées sont par ordre croissant : L161, L109, L52, L104, L56, L125, L57, L51, L55, L39, L76, L105, L53, L11 et L81 (Figure 21), ce sont alors les plus stables.



**Figure 21** : Degré de coïncidence entre les différentes lignées sélectionnées pour la stabilité.

En tenant compte de l'ensemble des résultats obtenus, on conclut que parmi ces 15 lignées stables, sept (7) figurent dans les sélections en F6 pour la performance de rendement en grains, quatre (4) lignées étaient sélectionnées aussi en F7 alors que quatre (4) autres lignées sélectionnées pour la performance de rendement en grains aussi bien F6 qu'en F7 (Figures 18

et 21). Ces dernières qui combinent à la fois la performance et la stabilité sont L55, L56, L81 et L104.

En sélection, comme en production, le génotype performant est désirable, il l'est encore mieux si ses performances sont stables. Cette stabilité est importante notamment lorsque le milieu (dans le sens année, site, conduite) est sujet à des variations qui causent un changement de l'ordre de classement des génotypes (**Benmahammed *et al.*, 2010**). En absence de l'interaction G x E, les moyennes des rendements à travers les environnements sont des indicateurs adéquats de la performance génotypique. Si l'interaction G x E est présente, les moyennes à travers les environnements ne nous renseignent pas comment les génotypes se distinguent pour la performance relative sur tous les environnements (**Hannachi *et al.*, 2019**).

## Conclusion

En zones semi-arides, la régularité du rendement de blé tendre est une caractéristique liée à la capacité d'adaptation d'un cultivar aux variations climatiques. Pour cela, si on possède une variété adaptée mais dont la production est faible et une variété dont la production est élevée et l'adaptation est faible, alors on procède au croisement entre ces deux variétés et on sélectionne les génotypes qui possèdent les deux caractères. Les résultats de la présente étude montrent que le rendement en grains est positivement et significativement lié au nombre d'épis/m<sup>2</sup> et au poids des épis et négativement corrélé à la hauteur de la végétation. À une intensité de sélection de 20%, toutes les 30 lignées sélectionnées en F6, se caractérisent par un rendement supérieur à celle du témoin Hidhab. Parmi celles identifiées en F7 à la même pression de sélection, seulement trois lignées L81, L58 et L122 se caractérisent par un rendement supérieur à celle du même témoin. Les résultats montrent aussi peu de ressemblance entre les performances des génération F6 et F7 avec une héritabilité juste moyenne pour le rendement en grains. L161, L109, L52, L104, L56, L125, L57, L51, L55, L39, L76, L105, L53, L11 et L81 sont les lignées les plus stables. Les lignées L55, L56, L81 et L104 sont celles les plus intéressants car ils détiennent à la fois la performance du rendement et la stabilité.

## Références bibliographiques

**Abis, S. (2012).** Le blé en Méditerranée sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales CIHEAM, Paris.

**Acquaah, G. (2007).** Principals of plant genetics and breeding. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

**Adda, A., Sahnoune, M., Kaid-Harch, M. & Merah, O. (2005).** Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Compte Rendu Biologies* 328: 918-927.

**Adjabi, A., Bouzerzour, H., Lelarge, C., Benmahammed, A., Mekhlouf A. & Hannachi, A (2007).** Relationships between grain yield performance, temporal, stability and carbon isotope discrimination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under Mediterranean condition. *Journal of Agronomy* 6(2): 294-301.

**Agence Ressources de la Nature (2017).** Union Français des semenciers. L'amélioration des plantes, un savoir-faire millénaire. [https://www.worldseed.org/wp-content/uploads/2018/02/L\\_Amelioration-vegetale-savoir-faire-millenaire\\_UFS.pdf](https://www.worldseed.org/wp-content/uploads/2018/02/L_Amelioration-vegetale-savoir-faire-millenaire_UFS.pdf)

**Ammar, M. (2015).** Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de Doctorat de CIHEAM Montpellier, pp: 17-20.

**Annicchiarico, P., Bellah, F. & Chiari, T. (2006).** Defining sub regions and estimating benefits for a specific adaptation strategy by breeding programs: a case study. *Crop science* 45: 1741-1749

**Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. & Hassous, K. L. (2005).** Selection of high yielding of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under semi arid conditions. *Journal of Agronomy* 4 (4) : 360-365.

**Baldy, C. (1974).** Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques : leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie", MARA, projet céréales, Alger, 152 p.

**Becker, H. C. (1981).** Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica* 30: 835-840.

**Bilbro, J. D. & Ray, L. L. (1976).** Environmental stability and adaptation of several cotton cultivars. *Crop Science* 16: 821-824.

**Becker, H. C. & Leon, J. (1988).** Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1-23.

**Belahcene, N., Bensid, A., Benbelkacem, H. & Bouzerzour, H. (2006).** Contribution des nouvelles obtentions de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) à l'amélioration du rendement dans le constantinois. *Céréaliculture* 50: 13-19.

**Bencharif, A., Chaulet, C., Chehat, F., Kaci, M. & Sahli, Z. (1996).** La filière blé en Algérie, Paris : Karthala.

**Bendjama, A., Bouzerzour, H. & Benbelkacem, A. (2014).** Adaptability of Durum Wheat Genotypes (*Triticum turgidum* L. *Var durum*) to Contrasted Locations. *Australian Journal of Basic and Applied Science* 8(6), 390-396.

**Benmahammed, A. (2005).** Hétérosis, transgressions et efficacité de la sélection précoce et retardée de la biomasse, du nombre d'épis et utilisation des indices chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse de Doctorat d'Etat en Biologie végétale, option, Génétique et Amélioration des plantes. Université de Constantine. 125p.

**Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A. & Bouzerzour, H. (2010).** Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement* 14: 177-186.

**Bhoury khila, S., Douh, B., Mguidiche, A. & Boujelben, A. (2015).** Effets de la contrainte hydrique et des changements climatiques sur la productivité du blé dur en conditions climatiques semi arides de tunisie. *Larhyss Journal*, 23: 69-85.

**Blouet, A., Gaillard, B. & Masse, J. (1984).** Le gel et les céréales. *Perspectives Agricoles* 85:0-25.

**Bolot, S., Abrouk, M., Masood-Quraishi, U., Stein, N., Messing, J., Feuillet, C. & Salse, J. (2009).** The 'inner circle' of the cereal genomes. *Current opinion in plant biology*, 12(2): 119-125.

**Boubaker, M. (1995).** Potential of variety blends in wheat under variable environmental conditions. *Agricultural Mediterranea* 125: 362-7.

**Bouzerzour, H. & Monneveux, P. (1993).** Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux de l'Est Algérien. *In* : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne diversité génétique et amélioration variétale. Ed. INRA. Paris. Les colloques 64: 139-158

**Bouzerzour, H. & Benmahammed, A. (1994).** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algeria. *Rachis* 12: 11-14.

**Bouzerzour, H. & Djekoune, A. (1996).** Etude de l'interaction génotype x lieu du rendement de l'orge en semi- aride. *Science & technologie* 12 : 11-14.

**Bouzerzour, H., Bahlouli, F., Benmahammed, A. & Djekoun, A. (2000).** Cinétique d'accumulation et de répartition de la biomasse chez des génotypes contrastés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Sciences et Technologie* 13: 59-64.

**Brancourt-Hulmel, B., Doussinault G., Lecomte C., Berard, P., Le Buanec, B. & Trottet, M. (2003).** Genetic improvement in agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Science* 43: 37-45.

**Brancourt-Hulmel, M., Biarnès-Dumoulin, V. & Denis, J. B. (1997).** Point de repère dans l'analyse de la stabilité et de l'interaction génotype-milieu en amélioration des plantes. Elsevier/Inra. *Agronomie* 17: 219-246.

**Brancourt- Hulmel, B. & Lecomte, C. (1994).** Sélection et stabilité du rendement chez le blé tendre d'hiver. *Agronomie* 14: 611-625.

**Cadi, A. (2005).** Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le nord d'Algérie. Céréaliculture N°44-1er Semester : 36-39.

**Cattivelli, L., Baldi, P., Crosatti, N., Di Fonzo, N. & Stanca, M. (2002).** Chromosome regions and stress related sequences involved in resistance to abiotic stress in *Triticeae*. *Plant Molecular Biology* 48: 649-665.

**Chennafi, H., Aidaoui, A., Bouzerzour, H. & Saci, A. (2006).** Yield response of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. *Asian Journal of Plant Sciences* 5: 854-860.

**Ceccarelli, S., Grando, S. & Hamblin, J. (1992).** Relationships between barley grain yield measured in low and high yielding environments. *Euphytica* 64: 49-58.

**CIC (2019).** Conseil International des Céréales. <https://www.igc.int/fr/>

**Cossani, C. M. & Reynolds, M. P. (2012).** Physiological traits for improving heat tolerance in wheat. *Plant Physiology* 160: 1710-1718.

**Dakheel, A. J., Nasi, I., Mahalakshmi, V. & Peacock, J. M. (1993).** Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* 34: 297-307.

**Debiton, C. (2010).** Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy. Thèse Docteur d'Université, Clermont-Ferrand, France, 132p.

**Demarly, Y. (1977).** L'amélioration des plantes. Ed. Masson. Paris. 170p.

**Denis, J. B. (1980).** Analyse de régression factorielle. *Biom Praxim* 20: 1-34.

**Denis, J. B. (1988).** Two way analysis using covariates. *Statistics* 19: 123-132.

**Djermoun, A. (2009).** Etude sur La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie* 1: 45-53.

- Doré, C. & Varoquaux, F. (2006).** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed INRA., 812 p.
- Dubcovsky, J. & Dvorak, J. (2007).** Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. *Science* 316(5833): 1862-1866.
- Eberhart, S. & Russell, W. A. (1966).** Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- El-Hakimi, A. (1995).** Sélection sur la base physiologique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance a la sécheresse du blé. Thèse de Doctorat. Montpellier 220 p.
- El Mourid, M., Karrou, M. & El Gharous, M. (1996).** La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement. *Al Awamia* 92: 69-81.
- FAO (2018).** Données statistiques de la FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) : [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org).
- Farooq, J., Khaliq, I., Ma, A., Kaschif, M., Rehman, A., Naveed, M. & Farooq, A. (2011).** Inheritance pattern of yield attributes in spring wheat at grain filling stage under different temperature regimes. *Australian Journal of Crop Science* 5(13):1745-1753.
- Fellah, A., Benmahammed, A., Djekoun, A. & Bouzerzour, H. (2002).** Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). *Actes de l'IAV, Hassan II (Maroc)*, 22: 161-170..
- Fellahi, Z. (2013).** Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab - Blida, 136 p.
- Fellahi, Z., Hannachi, A., Bouzerzour, H. & Benbelkacem, A. (2016).** Genetic control of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) traits. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 38(1) : 91-97.
- Fellahi, Z. (2017).** Analyse génétique d'un croisement line x tester, réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous condition semi arides. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 230 p.
- Fellahi, Z., Hannachi, A., Bouzerzour, H., Dreisigacker, S., Yahyaoui, A. & Sehgal, D. (2017).** Genetic analysis of morpho-physiological traits and yield components in F2 partial diallel crosses of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 70(3): 8237-8250.
- Fellahi, Z., Hannachi, A., Oulmi, A. & Bouzerzour, H. (2018).** Analyse des aptitudes générale et spécifique à la combinaison chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). *Revue Agriculture* 09(1): 60-70.

- Fellahi, Z., Hannachi A. & Bouzerzour, H. (2020).** Expected genetic gains from mono trait and index based selection in advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) populations. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 73(2): 9131-9141.
- Finlay K. W., Wilkinson G. H. (1963).** The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research* 14: 742-54.
- Francis T. R. & Kannenburg L. W. (1978).** Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 1029-1034.
- Gallais, A. & Bannerot, H. (1992).** Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, 68 p.
- Gallais, A. (1999).** Les plantes transgéniques en agriculture. Intérêts et risques pour l'environnement. *L'Eurobiologiste* 240: 23-28.
- Grandcourt, M. C. & Prats, J. (1971).** Les céréales. Ed. J.B Bailliers et Fils, 360 p.
- Haddad, L. 2010.** Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas-Sétif, 58p.
- Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, A., Salmi, M., Oulmi, A., Fellahi, Z., Nouar, H. & Laala, Z. (2016).** Analysis of Genotype × Environment Interaction for gain yield in Early and Late Sowing Date on Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes. *Jordan Journal of Biological Sciences* 9(3): 139-146.
- 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. Université Farhat Abbas-Sétif 113 p.
- Hannachi, A, Fellahi, Z. & Bouzerzour, H. (2017).** Genetic analysis of some metric traits in 6X6 half-diallel crosses of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*) under semi-arid conditions. *Second international workshop management and genetic improvement of plant and microbial resources (GRPM2017)*, 19 to 21 Mars 2017, Université de Tlemcen, Algérie.
- Hannachi, A., Fellahi, Z. & Bouzerzour, H. (2019).** Analyse de l'adaptabilité et la stabilité de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux conditions sud méditerranéennes. *Revue Agriculture* 10(2): 56-67.
- Henry, Y. & De Buyser, J. (2001).** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp : 69-72.
- Huhn, M. (1990).** Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica* 47: 189-194.

**INRAA (2006).** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétique pour l'alimentation et l'agriculture, pp : 12-17.

**Kabouche, S., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. & Hassous, M. L. (2001).** Les nouvelles variétés d'orge et les risques climatiques des hautes plaines de l'Est : cas de Région de Sétif. *Cérealiculture* 1(35) : 4-12.

**Kadi, Z. (2012).** Sélection de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour la tolérance aux stress abiotiques. Thèse de Doctorat en Science. Université Ferhat Abbas-Sétif-1, 126p.

**Kadi, Z., Adjel, F. & Bouzerzour, H. (2010).** Analysis of the genotype × environment interaction of barley grain yield (*Hordeum Vulgare* L.) under semi-arid conditions. *Advances in Environmental Biology* 4: 30-40.

**Kamoshita, A., Babu, R. C., Boopathi, N. M. & Fukai, S. (2008).** Phenotypic and genotypic analysis of drought-resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments. *Field Crops Research* 109(1): 1-23.

**Kang, M. S. (1998).** Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy* 62: 199-252.

**Kara, K. (2015).** Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique. Thèse de Doctorat, Université des Frères Mentouri-Constantine, 145 p.

**Kirouani, A., Ould Kiar, R., Boukhalfoun, L. & Fellahi, Z. (2019).** Caractérisation de quelques variétés Algérienne de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) par le biais des marqueurs phénotypiques. *Journal of Applied Biosciences* 142: 14464-14477

**Laala, Z., Oulmi, A., Saraoui, T., Haddad, L., Nouar, H., Benmahammed, A. & Bouzerzour, H. (2009).** Effet de la sélection de la biomasse et des épis sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf) sous conditions semi-arides. *Annales de la faculté des sciences et sciences de l'Ingénieur* 1(4): 56-69.

**Laala, Z. (2010).** Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas, Sétif-1, 97p.

**Laala, Z., Benmahammed, A., Oulmi, A., Fellahi, Z. & Bouzerzour, H. (2017).** Response to F3 selection for grain yield in durum wheat [*Triticum turgidum* L. Thell. ssp. *turgidum* conv. *durum* Desf. Mac Key] under south Mediterranean conditions. *Annual Research & Review in Biology* 21 2: 1-11.

**Laala, Z. (2018).** Sélection du blé dur (*Triticum turgidum* var *durum* L.) pour l'adaptation aux conditions semi-aride. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif-1, 131 p.

- Lafon, J. R. (1987).** Biologie des plantes cultivées. Physiologie du développement génétique et amélioration. Ed. L'A.R.E.P.E. 172p.
- Lamaze, T. (1994).** Résistance de plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45: 75-85p.
- Levitt, J. (1982).** Responses of plants to environmental stresses. *Academic Press*. New York San Francisco – London: 607p.
- Lin, C. S., Binns, M. R. & Lefkovitch, L. P. (1986).** Stability analysis: where do we stand? *Crop Science* 26: 894-900.
- Lin, C. S. & Binns, M. R. (1988).** A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science* 68: 193-198.
- MADRP (2018).** Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche.
- Mefti, A., Abdelguerfi, A. & Chebouti, A. (2000).** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). *Field Crops Research*. 66: 165-174.
- Mekliche, H. (1983).** Etude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de Magister 150p.
- Mekhlouf, A. Bouzerzour, H. & Dehbi, F. (2001).** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In : *Proceedings séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides*. Oum El Bouaghi, 23: 75-80.
- Mekhlouf, A. & Bouzerzour, H. (2000).** Comparaison de l'efficacité de la sélection précoce directe et indirecte pour améliorer le rendement en grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf), en zone semi-arides d'altitude. *Recherche agronomique* 9 : 17-29.
- Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Bemahammed, A., Hadj Sahraoui, A. & Harkati, N. (2006).** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) au climat semi- aride. *Sécheresse* 17 (4) :507-513.
- Moragues, M., Zarco-Hernández, J., Moralejo, M. A. & Royo, C. (2006).** Genetic diversity of glutenin protein subunits composition in durum wheat landraces [*Triticum turgidum* ssp. *turgidum* convar. *durum* (Desf.) Mackey] from the Mediterranean basin. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 993-1002.
- McNeal, F. H., Qualset, C. O., Baldrige, D. E. & Stewart, V. R. (1978).** Selection for yield and yield components in wheat. *Crop Science* 18: 795-799.
- Nassar, R. & Huehn, M. (1987).** Studies on Estimation of Phenotypic Stability: Tests of Significance for Nonparametric Measures of Phenotypic Stability. *Biometrics* 43: 45-53.

**Nouar, H., Bouzerzour, H., Haddad, L., Menad, M., Hazmoune, H. & Zerargui, H. (2012).** Genotype x Environment Interaction Assessment in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf) using AMMI and GGE Models. *Advances in Environmental Biology* 6 : 3007-3015.

**ONM (2018).** Office national de la Météorologie. Données climatiques de la région de Sétif 2016/2018.

**Oulmi, A., Benmahammed, A., Laala, Z., Adjabi, A. & Bouzerzour, H. (2014).** Phenotypic Variability and Relations between the Morpho-Physiological Traits of three F5 Populations of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Evaluated Under Semi-Arid Conditions. *Advances in Environmental Biology* 8(21): 436-443.

**Parisot-Baril, C. (1992).** Étude de la stabilité du rendement chez le blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L Thell). Thèse de doctorat de l'université Paris-Sud, 210p.

**Passioura, J. B. (1996).** Drought and drought tolerance » *Plant growth regulation*, 20: 79- 83.

**Perkins, J. M. & Jinks, J. L. (1968).** Environmental and genotype environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity* 23(2): 39-256.

**Plaisted, R. L. & Peterson, L. C. (1959).** A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Journal of Potato Research* 36: 381-385.

**Profert (2018).** Notice technique des céréales 5 p. [www.profert.dz](http://www.profert.dz)

**Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Fettell, N. A., Long, M., Condon, A. G. & Forrester, R. I. (2007).** Genotypic increases in coleoptiles length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. *Field Crops Research* 100: 10-23.

**Reynolds, M., Dreccer, F. & Trethowan, R. (2007).** Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany* 58: 177-186.

**Roseille, A. A. & Hamblin, J. (1981).** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environment", *Crop Science* 21: 943-946.

**Sassi, K. & Boubaker, M. (2006).** Comportement agronomique de lignées allochtones de blé dur dans un milieu semi-aride de Tunisie. *Cahiers d'Agricultures* 15(4): 355-361.

**Simmonds, N. W. (1991).** Selection for local adaptation in a plant breeding programme. *Theoretical and Applied Genetics* 82: 363-367.

**Salmi, M., Benmahammed, A., Benderradji, L., Fellahi, ZEA., Bouzerzour, H., Oulmi, A. & Benbelkacem, A. (2019).** Generation means analysis of physiological and agronomical targeted traits in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cross. *Revista Facultad Nacional de Agronomia* 72(3): 8971-8981.

- Salse, J., Bolot, S., Throude, M., Jouffe, V., Piegu, B., Quraishi, U., Calcagno, T., Cooke, R., Delseny, M. & Feuillet, C. (2008).** Identification and characterization of shared duplications between rice and wheat provide new insight into grass genome evolution. *The Plant Cell* 20(1): 11-24.
- Semcheddine, N. (2008).** Utilisation de la discrimination isotopique du carbone comme critère de sélection du blé dur (*Triticum durum* Desf) en relation avec le bilan hydrique. Mémoire de magister, Université Sétif.
- Shukla, G. K. (1972).** Some aspects of partitioning genotype  $\times$  environmental components of variability. *Heredity* 29: 237-245.
- Smith, J. D. & Kinman, M. L. (1965).** The use of parent-offspring regression as an estimator of heritability. *Crop Science* 5:595-596.
- Soltis, P. (2005).** Ancient and recent polyploidy in angiosperms. *New Phytologist* 166(1): 5-8.
- Tahir, I. S. A. & Nakata, N. (2005).** Remobilization of nitrogen and carbohydrate from stems of bread wheat in response to heat stress during grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 106-115.
- Thennarasu, K. (1995).** On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. *PhD Thesis, P. J. School, IARI. New Delhi, India.*
- Viswanathan, C. & Khanna-Chopra, R. (2001).** Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186: 1-7.
- Wardlaw, I. F., Dawson, I. A. & Munibi, P. M. (1989).** Tolerance of wheat to high temperature during reproductive stage. *Australian Journal research* 46: 15-24.
- Wheeler, D. M. & Power, I. L. (1996).** Comparison of plant uptake and plant toxicity of various ions in wheat. *Plant and Soil* 172: 167-173.
- Wricke, G. (1962).** Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen, *Z. Pflanzzüchtg*, 47: 92-96 (Résumé en anglais).
- Yates, F. & Cochran, W. G. (1938).** The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science* 28: 556-580.
- Yokota, A., Takahara, K. & Akashi, K. (2006).** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, Dordrecht, p. 15-39.
- Zair, M. (1994).** L'irrigation d'appoint et la fertilisation azotée du blé dur. *Céréaliculture* 24: 17.
- Zahour, A. (1992).** Eléments d'amélioration génétique des plantes. Ed. Actes. 223p.

**Statista (2019).** Les principaux pays producteurs de blé dans le monde 2016-2019.  
<https://fr.statista.com/>

## Résumé

La présente étude a été conduite sur le site expérimental de l'unité de recherche de Sétif relevant de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), au cours des campagnes agricoles 2016/2017 et 2017/2018. L'objectif est d'évaluer 153 F6 et F7 lignées avancées de blé tendre (*Triticum aestivum* L.), d'apprécier le gain de sélection relativement au témoin variété Hidhab et de sélectionner les lignées les plus performantes et stables sous les conditions semi-arides des Hauts-Plateaux de l'Est Algérien. En F6, le rendement en grains est fortement corrélé au nombre d'épis/m<sup>2</sup> ( $r = 0.76, p < 0.000$ ) et au poids des épis ( $r = 0.97, p < 0.000$ ) alors qu'en F7, il présente une association négative avec la hauteur de la végétation ( $r = -0.29, p < 0.000$ ). Peu de ressemblances génotypiques entre la F6 et la F7 sont observées. L'héritabilité du rendement en grains est juste moyenne. A une intensité de sélection de 20%, les lignées L55, L56, L81 et L104 sont identifiées comme les plus performantes et stables par rapport aux autres lignées et au témoin Hidhab.

**Mots clés :** *Triticum aestivum*, sélection, corrélation, héritabilité, rendement, stabilité, semi-aride.

## Abstract

This study was carried out at the experimental site of the Sétif research unit belonging to the National Agronomic Research Institute of Algeria (INRAA), during the 2016/2017 and 2017/2018 cropping seasons. The objective was to evaluate 153 F6 and F7 advanced breeding lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.), to assess the genetic gain from selection relatively to the check Hidhab variety and to select the most performant and stable lines under the semi-arid conditions of the High-Plateaus of the Eastern Algeria. In F6, the grain yield was strongly correlated with the number of spikes/m<sup>2</sup> ( $r = 0.76, p < 0.000$ ) and the spikes weight ( $r = 0.97, p < 0.000$ ) while in F7, it presented a negative association with plant height ( $r = -0.29, p < 0.000$ ). Little similarities between F6 and F7 were observed. Moderate heritability of grain yield was revealed. At a selection intensity of 20%, the L55, L56, L81 and L104 lines were identified as the most performant and stable compared to other breeding lines and the check Hidhab.

**Key words:** *Triticum aestivum*, selection, correlation, heritability, yield, stability, semi-arid.

## ملخص

أجريت هذه الدراسة بالموقع التجريبي لوحدة البحث بسطيف و التابعة للمعهد الوطني الجزائري للبحث الزراعي (INRAA) خلال الموسمين الزراعيين 2017/2016 و 2018/2017. الهدف منها هو تقييم 153 سلالة متقدمة من الجيلين F6 و F7 من القمح اللين (*Triticum aestivum* L.)، تقدير الربح الوراثي نسبة إلى الشاهد صنف Hidhab و اختيار السلالات الأكثر كفاءة واستقرارًا تحت الظروف شبه القاحلة في مرتفعات الهضاب العليا للشرق الجزائري. عند الجيل F6، ارتبط المردود الحبي ارتباطًا وثيقًا بعدد السنابل/م<sup>2</sup> ( $r = 0.76, p < 0.000$ ) و وزنها ( $r = 0.97, p < 0.000$ ) بينما ارتبط ارتباطًا عكسيًا مع طول النبات ( $r = -0.29, p < 0.000$ ) عند الجيل F7. لوحظ القليل من أوجه التشابه الوراثي بين الجيلين F6 و F7. كانت درجة توريث المردود الحبي متوسطة. عند شدة انتخاب 20٪، أثبتت السلالات L55، L56، L81 و L104 على أنها الأكثر كفاءة واستقرارًا مقارنة بباقي السلالات و كذا الشاهد Hidhab.

**الكلمات المفتاحية :** *Triticum aestivum*، انتخاب، ارتباط، توريث، مردود، استقرار، شبه جاف.