



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar TELIDJI Laghouat

Faculté des Sciences
Département d'Agronomie

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Belmiali Ridha

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES ET BIOTECHNOLOGIE

Thème

Etude phéno-morphologique de 08 variétés de blé dur testées dans la région de Laghouat.

Jury de soutenance :

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. Moulai A	Maître d'assistant A	Président
Mr. Saridi A	Maître-assistant A	Examineur
Mr. Ait Salah B	Maître-assistant A	Encadreur

PROMOTION : 2016/2017

Etude pheno-morphologique de 08 variétés de blé dur testées dans la région de Laghouat

Nom : BELMIALI

Prénom : Ridha

Encadreur : AIT SALAH. B

Résumé :

L'expérimentation a été réalisée durant la campagne 2016/2017, au niveau d'un jardin privé sous un étage climatique aride. L'étude porte essentiellement sur 8 populations du blé dur soumises à un régime de culture sans fertilisation avec une fréquence d'irrigation de 1/15 jours. Des mesures phéno-morphologiques ont été effectuées sur les plants dont l'objectif essentiel est de mettre en évidence l'expression génétique de ces variétés, afin de déterminer le meilleur génotype. Les résultats montrent une diversité marquante entre les variétés. L'analyse statistique des résultats montre qu'il existe une influence de la variété sur l'ensemble des paramètres étudiés à savoir le nombre d'épis/m², le nombre talle épis, le nombre de talles herbacées, le nombre d'épillets /épis et le nombre des grains par épi et le rendement. La population paysanne El Fassi, la lignée 04 et la lignée 05 se trouvent globalement, d'après notre étude, pertinentes par rapport aux autres populations pour la plupart des paramètres mesurés, notamment pour le nombre d'épillets/épis, le nombre des grains par épi et le rendement.

Mots clés : blé dur, génotypes, variété paysanne, lignée pure.

عنوان المذكرة: دراسة ظاهرية و شكلية لثمانية سلالات القمح الصلب في منطقة الاغواط

المؤطر: ايت صالح بوبكر

الاسم رضا

اللقب بلميالي

ملخص:

أجريت التجربة خلال الموسم الزراعي 2016/2017, في حديقة خاصة تحت نمط مناخي جاف. وتركز الدراسة على ثمانية اصناف من القمح الصلب و التي منها الصنف El Fassi, Bid17, Simeto اصناف المزارعين El Fassi, Ghomghoum Rkhem, وتخضع لزراعة بدون نظام التسميد مع 1/15 أيام تردد الري. أجريت قياسات ظاهرية و شكلية على النباتات التي تهدف إلى التعرف على التعبير الجيني من هذه الأصناف لتحديد أفضل نمط وراثي. يظهر التحليل الإحصائي للنتائج انه كان هناك تأثير الصنف على جميع المعلمات المدروسة لمعرفة عدد السنابل /متر مربع, وعدد الفسائل العشبية وعدد السنييلات / السنبله وعدد الحبات/السنبله وارتفاع السنبله و المردود. اظهرت النتائج تنوع كبير بين الأصناف ورد فعل هذا الأخير في المحيط. مجموعة المزارعين El Fassi والسلالة 04 و05 توجد بشكل عام, وفقا لدراستنا ذات صلة بمجموعة المعلمات المقاسة, بما في ذلك عدد من السنييلات / السنبله وعدد الحبات/السنبله والمردود.

كلمات مفتاحية:

القمح الصلب, نمط وراثي, صنف المزارع.

Memory title : pheno-morphological study of eight varieties durum lines in the region of Laghouat

First name : Ridha

Name : BELMIALI

Directed by : AIT SALAH. B

Abstract :

The experiment was conducted during the campaign of 2016/2017, in a private garden under arid climate. The study focuses on eight varieties of *durum wheat*, these varieties were subject to a cultivation without a fertilization regime with an irrigation frequency of 1/15 days. Pheno-morphological measurements were carried out on plants on the purpose of identifying the genetic expression of these varieties to determine the best genotype. The results show a significant difference between these varieties. Indeed, statistics of the results shows that there is an influence of the variety on the studied parameters, the spike height, to know the number of spikes / m², number of tillers, number herbaceous spikelets / ears and number of grains/ear and the wild. The peasant population El Fassi and the line 04, line 05 are generally, according to our study, the best for most measured parameters, including the number of spikelets / ears and number of grains/ear.

Keywords: *durum wheat*, genotypes, farmers' variety, pure line.

DEDICACES

Ce projet est dédié à:

ma mère et mon frère qui m'ont toujours poussé et

encouragé pour terminer ce que j'ai commencé...

Mes frères ;said,aïssa.

et aux les fleurs de la maison, « abd elrahman,ritadj,farah,anfai,maram».

A Toute ma famille.

Et A Toutes mes amies.

Ridha

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donnée la volonté, la force, le courage pour terminer ce travail;

J'adresse l'expression de mes vives gratitudee et respects à mon encadreur monsieur Ait Salah Boubekeur

Enseignant au département d'agronomie à l'université Amar Téliadjí à Laghouat, pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour sa disponibilité ;

J'adresse tous mes remerciements au Monsieur TOUATI M. et Mme Touati qui ont accepté de m'accueillir au sein de leur jardin.

Je tiens à remercier les membres de jury : Mr Moulaï et Mr Saridí d'avoir accepté de juger ce travail.

A nos enseignants de départements d'Agromomie à l'Université de Laghouat pour leurs efforts et aides durant tous mon cursus universitaires.

Je ne pourrais finir ces remerciements sans penser à tous mes amis et collègues qui ont contribué à la réalisation de ce travail d'une dimension humaine inestimable : Sofiane , hamza,

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux et celles qui ont apporté leur aide ou contribution de près ou de loin afin de mener à bien ce modeste travail.

TABLE DE MATIÈRES

RÉSUMÉ	I
DÉDICACES	II
REMERCIEMENTS	III
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES ABRÉVIATIONS	VI
INTRODUCTION	1
Partie I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : DONNÉES GÉNÉRALES SUR LE BLÉ DUR	3
1. IMPORTANCE DE LA CULTURE DU BLÉ DUR (<i>Triticum durum</i> Desf.)	3
2. Origine	4
2.1. Origine géographique	4
2.2. Origine génétique	5
3. Classification botanique	5
4. Description morphologique de la plante	6
4.1. Le système racinaire	6
4.2. Le système aérien	6
5. Le grain	6
5.1. Composition histologique du grain de blé dur	6
5.2. Composition chimique du grain de blé dur	8
5.3. Composition protéique du grain de blé dur	9
6. Cycle végétatif du blé dur	9
6.1. Les stades et phases repérés	10
6.1.1. Germination-levée	10
6.1.2. Tallage	10
6.1.3. Montaison-gonflement	10
6.1.4. Èpiaison-floraison	11
CHAPITRE II : SÉLECTION ET AMÉLIORATION DU BLÉ	13

1. Sélection	14
2. Les objectifs de sélection	14
3. Les étapes de la sélection	15
4. Les méthodes de la sélection	17
4.1. Selection massale	17
4.2. Selection généalogique (pedigree)	18
4.3 . Méthodes selection généalogique après fixation	21
4.4. Méthodes des bulk	21
4.5. La filiation unipare ou single-seed descent(ssd)	24
5. Les méthodes de création variétale	26
5.1. Croisement intra spécifique	26
5.2. Croisement inter spécifique	27
5.3. Croisements diallèles	27
5.4. Transfert de gène	27
5.5. Gynogenèse in vitro	28
5.6. Androgenèse in vitro	28
5.7. Mutagenèse	29
Partie II : PARTIE EXPÉRIMENTALE	30
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES	30
1. Présentation de la région d'étude	30
1.1. Situation géographique	30
1.2. Climat	30
1.2.1 .La pluviométrie	30
1.2.2. Température	31
2. Protocole expérimental	32
2.1. Le matériel végétal	32
2.2. L'élaboration de plan d'expérience	33
2.3. Démarche d'analyse et interprétation statistiques	37
3. Présentation des paramètres étudiés	36
3.1. Le nombre des talles herbacées par plant	36
3.2. Hauteur à l'épiaison	36

3.3. Nombre des talles épi par plant	36
5.4. Composantes de rendement	36
5.4.1. Nombre d'épi par mètre carré	37
5.4.2. Nombre d'épillets total par épi	37
5.4.3. Nombre des grains par épi	37
5.4.4. Le rendement	37
CHAPITRE IV : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS	33
1. Nombre des talles herbacées par plante	33
2. Nombre des talles épi par plante	35
2.1. Coefficient du tallage	35
2.2. Nombre d'épillets total par épi	36
2.3. Hauteur à l'épiaison	38
2.4. Nombre d'épillets par mètre carré	39
2.5. Nombre de grains par épi	40
2.5.1. Le rendement	40
CONCLUSION	44
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	46
ANNEXES	

LISTES DES TABLAUX

Tableau 01 : Composition chimique du grain de blé	9
Tableau 02 : Précipitation moyennes mensuelles de la région de Laghouat en (2002,2016)	30
Tableau 03 : Température moyennes mensuelles en (c°) de la région de Laghouat ,periode (2002,2016)	31
Tableau 04 : Humidité relative moyennes en (%)de la région de Laghouat en(2016)	31
Tableau 05 : Liste origine de sélection des différentes variétés et lignes testée	32
Tableau 06 : Les résultats relatif au nombre des talles herbacées par la plante	38
Tableau 07 : Les résultats relatif au nombre des talles épis par la plante	40
Tableau 08 : Les résultats relatif au coefficient du tallage	41
Tableau 09 : Les résultats relatif au nombre des d'épillets total pa épi	42
Tableau 10 : Les résultats relatif a hauteur al 'épiaison	44
Tableau11 : Les résultats relatif au nombre d'épis par mètre carré	46
Tableau12 : Les résultats relatif au nombre du grain par épi	48
Tableau 13 : Les résultats relatif du rendement	50

Liste de figures

Figure 1 : Histologie de la graine de blé	8
Figure 2 : Le cycle de vie du blé	12
Figure 3 : La sélection généalogique réalisée pendant la phase de fixation de F2	20
Figure 4 : Sélection généalogique différée avec fixation en bulk	23
Figure 5 : Sélection généalogique avec fixation par filiation mono grain ou smgte-seed descente (SSD)	25
Figure 6 : Le dispositif expérimental	35
Figure 7 : Les résultats relatifs au nombre des talles herbacées par plante	39
Figure 8 : Les résultats relatifs au nombre d'épillets par plante	43
Figure 9 : Les résultats relatifs a la hauteur al 'épiaison	45
Figure 10 : Les résultats relatifs au nombre d'épis par mètre carré	47
Figure 11 : Les résultats relatifs au nombre de grain par épis	49
Figure 12 : Les résultats relatifs au nombre au rendement	51

LISTE DES ABREVIATIONS

FAO	Food and Agriculture Organisation.
ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
CV	Coefficient de variation
ET	Ecart type
G H	Groupe homogène
Prob	Probabilité
Qx	Quintaux
CTPS	Comité Technique Permanent de la Sélection
VAT	Valeur agronomique et technologique
DHS	Distinction, homogénéité et de stabilité.
ONM	Office nationale de Météorologique
BAC	Bloc aléatoire complet
F	Hydride ou génération
N	Nombre diploïde.
Desf.	René Desfontaines (abréviation botanique officielle).

INTRODUCTION

Introduction

En Algérie, les céréales sont les principales cultures, cultivées sur une superficie annuelle d'environ 3,6 millions d'hectares (**MADR, 2012**)

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al., 2005**), selon (**FAO, 2007**) leur production arrive jusqu'à 2 Milliards de tonnes.

parmi les céréales, le blé dur (*Triticum durum*) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique. (**Dixon, 2007**)

Le blé dur constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Si la production du blé dur s'est conventionnellement associée à la fabrication de la semoule et les pâtes alimentaires

au niveau industriel, en milieu rural l'utilisation du blé dur dans la panification est une pratique courante. Environ 85 pourcent de la production annuelle du blé dur est utilisée en panification (**Boujnah et al., 2004**). Pour les populations rurales, le pain à base de blé dur (pain et galette) est un composant fondamental du régime quotidien.

Le rendement grain national de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen (**Belaid, 2000**). En 2012, la superficie occupée pour les produits céréaliers était 3,3 millions ha et concerne près de 600 000 agriculteurs (60% du total des agriculteurs). Une production céréalière annuelle d'une valeur qui avoisine les 02 milliard de dollars en 2012 (**Kahal, 2012**) ; Avec une production était de 3.432.231 tonnes (**FAO, 2012**).

A cet égard, l'Algérie importe actuellement environ 5.5 millions de tonnes de blé (dur et tendre) pour répondre à la demande, qui représentent 60% des besoins nationaux et environ 40% de la demande de produits de blé dur est importée sous forme de semoule (**Kellou 2008**).

La culture du blé dur occupe près de 65% de la surface céréalière du pays, sa production ne couvre que 28% des besoins du pays (**Annicchiarico et al., 2006; Weigand, 2011**). Depuis son indépendance, la production algérienne est très instable et oscille entre 10 et 45 millions de quintaux à cause des changements continus du statut des terres agricoles, à leur gestion aléatoire et surtout, au manque de maîtrise des techniques de production par les paysans

(**Hazmoune, 2000**). En outre, le choix du matériel végétal peu ou mal adapté aux conditions d'environnement locales. Ces derniers contribuent à accentuer le déficit de cette production par rapport aux besoins du pays. En dépit de ces contraintes, les algériens continuent d'acheter chaque année de blé dur.

Compte tenu de la sévérité des contraintes climatiques et des autres facteurs limitant, l'augmentation des rendements et la limitation de leur variabilité ainsi que l'adéquation aux exigences de la qualité technologique ne peuvent être atteints qu'en améliorant simultanément les itinéraires techniques et le choix de variétés présentant une meilleure souplesse d'adaptation dans le cadre de respect de l'environnement.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui vise à faire une valorisation de la diversité variétale et une identification des potentialités génétiques par les paramètres phénotypiques, morphologiques et physiologiques de huit populations du blé dur dont El Bidi17 et Simeto (variété inscrite), El Fassi et Guemgoum rkhem (variétés paysannes) et quatre lignées pures sélectionnées par l'ITGC afin de mettre en évidence l'expression génétique de ces populations dans le milieu aride et de déterminer le meilleur génotype. Pour cela on recherche de répondre sur l'interrogation suivante : « Quelle sont les caractéristiques morphologiques et phénologiques exprimées pour chaque population et quelle sont les facteurs qui peuvent influencer ces caractères ? »

Pour répondre à cette problématique on a adopté le plan de travail suivant qui est divisé en quatre grandes parties :

1^{er} partie : Etude bibliographique qui nous permet de maîtriser les principales parties qui constituent l'essentiel de notre mémoire de fin d'étude et permet de mieux comprendre les bases sur lesquelles nous nous sommes appuyés pour la réalisation de notre travail.

2^{ème} partie : Dénommée matériel et méthodes. Elle regroupe toutes les informations utiles concernant la région d'étude, le matériel végétal utilisé et la méthodologie de travail.

3^{ème} partie : Résultats et interprétation où nous finalisons notre étude en présentant les résultats obtenus et les discutant.

Enfin une 4^{ème} partie qui inclut une conclusion générale qui collecte tous les résultats trouvés dans notre travail et répond à notre objectif initial.

DONNEES
BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE BLÉ DUR

1. IMPORTANCE DE LA CULTURE DE BLÉ DUR

Quoique le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), le maïs (*Zea mays* L) et le riz (*Oryza sativa* L.) soient les céréales les plus produites à travers le monde, il n'en demeure pas moins que le blé dur (*Triticum durum* Desf.) occupe une place importante dans certaines régions du monde, notamment les zones semi-arides dont le climat est de type méditerranéen (Pena et Pfeiffer., 2005). Le blé dur occupe 8 à 10% du total des terres réservées aux blés durs et tendres, dans le monde. La superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur est estimée à 8 millions d'hectares, pour une production annuelle moyenne de 37.9 millions de tonnes, moyennes de la période 2006-2010 (Ice., 2011). La culture du blé dur est concentrée au Moyen-Orient, en Afrique du Nord, en Russie, aux Dakotas, au Canada, l'Inde et l'Europe méditerranéenne. Avec une production de 9.00 millions de tonnes par an, moyenne de la période 2006-2010, l'Union européenne est le plus grand producteur de blé dur. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4.8 millions de tonnes par an, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 1.99 et 2.67 millions de tonnes métriques respectivement. Ces quatre pays fournissent à eux seuls les deux tiers de la production mondiale (Ice., 2011).

En Algérie la céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares. Le blé dur est une ancienne culture dont l'origine remonte à la venue des Arabes (Ducellier, 1931). La superficie occupée par le blé dur est, en moyenne, de 1.3 millions d'hectares, durant la période 2000-2010 (MADR., 2011). L'importance des superficies occupées par cette espèce, comparativement à la superficie occupée par l'orge, est influencée par le prix à la production garanti par l'état. Ces prix sont de 4500 ; 3500 et 2500 DA respectivement pour le blé dur, le blé tendre et l'orge.

Selon Hakimi (1993), l'orge et le blé dur assuraient le gros des besoins alimentaires des habitants et de leur cheptel, au cours de la période coloniale et bien avant cette dernière. Depuis l'indépendance, une forte demande alimentaire se faisait sentir sur le blé dur et le blé tendre, alors que l'orge prenait une destination fourragère (Hakimi., 1993). Actuellement, le pays se classe au premier rang mondial pour la consommation de blé avec une moyenne dépassant largement les 200 kg/hab/an, comparativement à l'Égypte dont la

moyenne est de 131 kg/hab/an et à la France dont la moyenne est de 98 kg/hab/an(Hervieu et al., 2006).

La croissance démographique et le changement de modèle de consommation font que le volume des céréales consommées est en constante augmentation. Ainsi au cours de l'année 2011, les importations, à partir de l'Union européenne, sont passées de 3.98 à 5.5 millions de tonnes pour le blé tendre et de 1.24 à 1.85 millions de tonnes pour le blé dur, ces volumes sont les plus élevés depuis l'indépendance (FAO, 2011). La production du blé dur, comme celle du blé tendre, est très fluctuante. Pour la période 2000 -2010, la production de blé dur a varié de 9 à 23 millions de quintaux (MADR, 2011).

Cette production est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante, suite au faible nombre de produits de substitution et au soutien des prix des céréales (Badrani, 2004). Les rendements de la céréaliculture algérienne sont très bas, comparativement à la moyenne mondiale qui est de 29 q ha⁻¹, et celles des pays voisins qui est de 25 q ha¹(FAO., 2011). Le rendement de blé dur, a varié de 10 à 15 q ha⁻¹, au cours de la période 2000-2010 (MADR., 2011). La faiblesse de la production, dont les causes sont multiples, associées à une forte demande alimentaire, justifie le fait que le pays se présente comme un gros importateur potentiel.

Le grain du blé dur sert à la production de pâtes alimentaires, du couscous, et à bien d'autres mets comme le pain, et divers gâteaux (Troccoli et al., 2000). Il est utilisé pour faire les chaptis dans le sous-continent indien et tortillas en Amérique Central et du Sud (Pena et Pfeiffer, 2005). La paille est utilisée comme litière et comme aliment pour les animaux (Abbas et Abdelguerfi., 2005). Le grain de blé dur a une grande valeur nutritionnelle, suite à sa richesse en protéine et la présence du gluten qui donnent aux pâtes alimentaires une meilleure tenue à la cuisson (Troccoli et al., 2000).

2. ORIGINE

2. 1. Origine géographique

Le croissant fertile du Moyen-Orient abrite le centre d'origine, notamment des blés, orges, seigles, lentilles, fèves, poischiches (De la perrière 2014).

Le blé (*Triticum* sp) est originaire de montagne de Syrie, de Jordanie, de Turquie, et de sud de Russie. (Bacon et al, 2013).

Toutefois, l'Algérie a été considérée comme centre de diversification secondaire de blé dur (Errox, 1974). L'espèce durum se subdivise en trois sous espèces qui sont Europeum, syriacum et méditerranéum (Grigniac, 1977).

2. 2. Origine génétique

Le blé dur est un hybride naturel de deux espèces de graminées (Nabors, 2009). Si l'on en croit les cytogénéticiens, il admet trois espèces ancêtres : *T. monococcum*, *T. searsii* et *T. tauschii*. Le premier a dû être cultivé dans l'antiquité ; les deux autres sont seulement spontanés. Tous trois ont sept chromosomes haploïdes ($2n=14$) et tous les trois forment facilement des hybrides entre eux, toutefois, ces hybrides ; qui ont bien 14 chromosomes ; sont stériles car les chromosomes ne s'apparient pas à la méiose, ce qui a fait désigner chacun des trois groupes de sept chromosomes par des lettres différentes ; A, B et D. (Pesson et Louveaux, 1984).

3. CLASSIFICATION BOTANIQUE

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Graminées. Selon Odenbach et al, (1985) ; in Kellou, (2003), le blé appartient à la tribu des Triticeae qui se compose de 18 genres qui sont subdivisés en deux sous-groupes, Triticinae et Hordeinae. Les principaux genres dans le sous-groupe Triticinae sont *Triticum*, *Aegilops*, *Secale*, *Agropyron* et *Hynaldia*.

Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (Feillet, 2000).

Selon Naville, (2005) ; Cook et al, (1991) ; Le Clech, (2000) et Feillet, (2000), la taxonomie de blé dur est établie comme suit :

- Classe : Angiospermes
- Ordre : Monocotylédones
- Famille : Poacées (Gramineae)
- Tribu : Hordées
- Genre : *Triticum*
- Espèce : *Triticum durum* Desf
- Nom commun : Blé dur

4. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DE LA PLANTE

4. 1. Le système racinaire

Le blé dur est une plante annuelle et autogame, constitué d'un appareil végétatif herbacé

qui comprend un système racinaire formé de racines séminales produites par la plantule durant la levée et des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante constituant ainsi le système racinaire permanent (ACIA, 2006).

4.2. Le système aérien

Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (Clark et Coll, 2002).

La tige principale appelée le maître brin et des tiges secondaires appelées talles qui naissent à la base de la plante (Gate, 1995).

La pousse principale produit environ sept feuilles et un peu moins de talles (Nabors, 2009).

Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille (c'est l'épiaison).

Les feuilles sont à nervures parallèles et formées en deux parties : la partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige (la gaine) et la partie supérieure en forme de lame (le limbe) (Belaid, 1996). Les feuilles portent à leur jonction avec la gaine des oreillettes vêtues et une ligule (Moule, 1971).

L'inflorescence est un épi composé d'un rachis sur lequel sont insérés les épillets. Chaque épillet est une petite grappe d'une à cinq fleurs dont trois à quatre sont fertiles enveloppées chacune par deux glumelles (supérieure et inférieure) et comportant typiquement trois étamines et un ovaire à un seul carpelle (Boulal et al, 2007).

Le fruit est un caryopse nu ou fruit sec indéhiscents dont les parois sont soudées à celles de la graine (Kent et Evers, 1994 ; Soltner, 2005).

5. LE GRAIN

5. 1. Compositions histologiques du grain de blé dur

La graine de céréales est constituée par le germe qui donne la plantule ; l'amande appelée endosperme ou albumen, tissu de stockage qui fournit au germe les réserves nécessaires pour sa croissance et les enveloppes protectrices ou son, composées par la paroi de la graine (testa) et par la paroi du fruit (péricarpe) (Calvel .1968). (Figure01).

Sur le plan morphologique, le grain a une forme ovoïde de coloration blanchâtre à brunâtre avec un sillon sur la face ventrale, il est de taille de 6.5 à 8.5 mm de long et son

diamètre de 3 à 4 mm (Fredot, 2005). Ce sont des caractéristiques variétales qui varient en fonction des conditions culturales et la position du grain sur l'épi (Calderini et al, 2000, Evers et Millar , 2002 in Ferreira , 2011).

Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissus : le germe (3% du poids du grain), les enveloppes (17%) et l'albumen (80%) (Fredot, 2005).

a- l'albumen

C'est la partie centrale de la graine (Doumandji, 2003). L'albumen, constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85 % du grain) (Feillet, 2000).

b- Les enveloppes

Elles sont formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%) (Feillet, 2000).

Les enveloppes ont un rôle de protection. Plusieurs couches successives sont distinguées de l'extérieur vers l'intérieure :

- **Péricarpe** : Il provient des cellules de l'ovaire, constitué par trois couches, l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.
- **Testa** : Elle est presque inexistante chez les céréales. Cependant elle est importante chez le sorgho.
- **L'épiderme** : Il est appliqué sur l'albumen. (Doumandji, 2003).

c- Le germe

Il est responsable de la perpétuation de la vie. De par sa richesse en nutriments (vitamines, protides, lipides), il est particulièrement intéressant du point de vue nutritionnel. (Doumandji, 2003).

Le germe est composé d'un embryon (lui-même formé du coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum. Comparativement à d'autres céréales, du maïs et du riz en particulier, le grain de blé possède un sillon résultant d'une invagination des téguments vers l'intérieur du grain, sur toute sa longueur et du côté du germe ; les faisceaux nourriciers de la graine au cours de son développement sont localisés au fond de ce sillon. Sa présence détermine la manière dont s'opère la séparation de l'albumen et des enveloppes pour extraire les farines ; il rend en effet impossible, comme

en rizerie, l'élimination progressive des téguments par abrasion des parties périphériques. L'extraction des farines nécessite de fragmenter les graines, puis d'isoler progressivement l'albumen à partir des zones les plus internes du grain, du centre vers la périphérie ; pour cette raison, les premières farines sont les plus purifiées. (Feillet, 2000).

Source : Micard, 2009.

Figure 01 : histologie de graine de blé.

5. 2. Compositions chimique du grain de blé dur

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15%) selon les variétés et les conditions de culture, et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Tableau 1) (Feillet, 2000).

Tableau1. Composition chimique du grain de blé

nature composants	de	Teneur (% ms)
Protéines		10-15
Amidon		67-71
pentosanes		8-10
Cellulose		2-4
Sucres libres		2-3
Lipides		2-3
Matières minérales		1,5-2,5

(Source: Feillet, 2000).

5. 3. Composition protéique du gain de blé dur

Les protéines du blé sont classiquement réparties en quatre classes en fonction de leur solubilité (Feillet, 2000).

Les albumines, solubles dans l'eau.

Les globulines, solubles dans les solutions salines neutres, souvent regroupées sous le terme de protéines solubles, d'albumines-globulines ou de protéines cytoplasmique ou métabolique.

Les gliadines, solubles dans les alcools dilués (éthanol 70%).

Les gluténines, protéines résiduelles insolubles dans les solvants précédents, partiellement solubles dans les solutions acides diluées et dans l'urée, et solubilisées en présence de détergeant et de réducteurs.

6. CYCLE VÉGÉTATIF DE BLÉ DUR

Selon Mazouz, (2006), plusieurs auteurs ont décrit le cycle de développement du blé, en le décomposant en deux périodes : une période reproductrice. D'autres considèrent que la maturation constitue une troisième période. Les modifications morphologiques résultent à la fois de processus de croissance et de processus de développement.

Ces deux processus sont complémentaires. Ils aboutissent à la production de matière sèche, résultant de la transformation de ressources du milieu par l'intermédiaire de capteurs aériens (feuilles : surfaces photo-synthétisantes) et capteurs souterrains (racines : capteurs et d'éléments minéraux).

La croissance consiste en une augmentation irréversible des dimensions et du poids des différents organes constitutifs de la plante. C'est une notion quantitative. Le développement consiste en l'apparition d'organes ou le franchissement par la plante d'une étape différente mais complémentaire de la précédente. C'est une notion qualitative (Papadakis, 1938). Croissance et développement sont mesurés selon plusieurs échelles dont celle de feekes (Large et *al.*, 1954). Une échelle permet la caractérisation des stades repères, elle repose sur la description de la morphologie du brin-maitre.

6. 1. Les stades et phases repérés

6 .1 . 1. germination-levée

Cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². Le sol est percé par la coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille. La levée est notée quand 50 % des plantes sont sorties de la terre (fig.1) pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque le déchaussage (Karou et *al.*1998).

6 .1 . 2 . Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle des deuxièmes et troisièmes feuilles de la tige centrale, l'ensemble restent court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquels à leur tour émettent des talles tertiaires (Belaid, 1986 ; Gates, 1995). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).

6 .1 . 3. Montaison-gonflement

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1cm, par l'élongation du premier entre-nœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maitre atteint 1cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage (Gate, 1995). Ce stade est sensible aux basses températures (variant entre +4 et 0°C). Selon Baldy (1984), la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou cours de cette phase

réduit du nombre d'épis montants par unité de surface. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement).

6.1.4. Épiaison-floraison

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et *al*.2005). Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épis (Abbassenne et *al*.1998).

Après la fécondation, l'évolution du grain se fait en trois étapes. La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, dont la teneur en eau est élevée. Suit la phase de remplissage actif du grain avec les assimilats provenant de la photosynthèse de étendard et du transfert des hydrates de carbones non structuraux stockés dans le col de l'épi. La quantité d'eau contenue dans le grain tend à se stabiliser : c'est le palier hydrique.

Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain : c'est l'échaudage du grain. Puis suit la phase de dessèchement du grain, qui perd de son humidité pour atteindre son poids sec final (Wardlaw, 2002).

On distingue trois stades remplissage du grain :

- Stade grain laiteux : les enveloppes du grain sont formées. La taille potentielle du grain est déterminée.
- Stade grain pâteux : le poids de 1000 grains est acquis par suite du remplissage des enveloppes.
- Grain mûr : obtenu après la dessiccation du grain entre stade laiteux et pâteux. La quantité d'eau continue dans le grain est stable (Bourras. 2001).

Source : Hacini, 2014.

Figure 02: Le cycle de vie du blé

CHAPITRE II

SÉLECTION ET AMÉLIORATION DE BLE

1. LA SÉLECTION

La sélection porte actuellement sur trois sortes de variétés de blé : des lignées pures, des lignées multiples et des hybrides. On produit des lignées pures au moyen de croisements suivis de sélections successives pour rendre la lignée génétiquement uniforme (généralement huit à dix générations). Les lignées multiples sont des mélanges de lignées pures. Les hybrides sont produits, soit par la méthode mâle-stérile cytoplasmique, soit par l'utilisation d'un agent d'hybridation chimique. Tous les pays ayant des programmes de sélection de blé n'ont pas approuvé l'utilisation d'agents d'hybridation chimiques. Des variétés de lignées pures issues de croisements sont de loin les plus répandues de ces trois types de variétés (Allan, 1987).

Pour les céréales autogames (avoine, blé, orge) et chez les autres plantes autogames, des variétés lignées pures sont le plus souvent développées, mais des variétés hybrides peuvent être aussi développées. En générale, il y a eu, ou il y a, passage des variétés population aux lignées pures, puis des lignées pures aux hybrides. Chez les plantes allogames, du fait de la dépression de consanguinité, les variétés lignées pures ne se sont pas développées (sauf le colza ; plante semi-allogame, à 30% allogame). Chez ces espèces, se sont essentiellement développées dans l'ordre chronologie : les variétés populations, les variétés synthétiques puis les hybrides, avec d'abord les hybrides à base assez large (hybride de populations comme chez la betterave, ou hybrides doubles) puis les hybrides à la base génétique la plus étroite possible, les hybrides trois-voies et enfin les hybrides simples de lignées (Gallais, 2009).

Il est donc primordial de mettre au point des méthodes de sélection les plus efficaces possibles. Pour cela, on cherche à obtenir un gain génétique maximal par unité de moyens et de temps.

On distingue deux types de sélection :

- ✓ Sélection conservatrice : qui vise à garder le caractère génétique d'une variété sans qu'il y ait de changement au niveau des séquences génétiques ;
- ✓ Sélection créatrice : qui a pour objectif d'obtenir de nouveaux individus hétérozygotes qui présentant des caractères recherchés pour le sélectionneur (Baldy, 1993).

2. Les objectifs de sélection

Le but ultime d'un programme de sélection est la production de variétés ayant un rendement élevé et stable (Hadj Youcef Taibi et al., 2003). L'amélioration de rendement et de la qualité du blé dur passe par la création variétale et le choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptation aux contraintes environnementales. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies et une bonne qualité technologique restent les plus recherchées (Ben belkacem et al., 1995).

Un critère de sélection est défini comme « la marque à laquelle on reconnaît une chose parmi d'autre»: il doit permettre de choisir, parmi un grand nombre d'individus, ceux qui correspondent aux objectifs agronomiques ou de qualité définis au départ (Monneveux et This, 1997).

L'amélioration de la productivité du blé dur par la création de nouvelles variétés plus performantes et plus résistantes à la sécheresse est donc essentielle (Bajji et al., 1997). 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)

L'amélioration du rendement est réalisable suite à la sélection directe ou indirecte sur la base des composantes (Canterell et Haro Arias, 1986). 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). L'expression d'un rendement en grain élevé est associée à une meilleure performance pour le nombre de grain/m², le nombre de grains/épis et l'indice de récolte. Sous conditions contraignantes, lorsque le nombre de grain/m² est faible, génotypes le compensent par une augmentation du poids moyen afin de minimiser la baisse du rendement en grain (Bahlouli et al., 2009)

L'adaptabilité est définie comme étant la capacité d'un génotype à donner un haut rendement sous diverses conditions, aussi bien favorables que contraignantes (Fordyce, 2006).

La sélection pour l'adaptation ou pour la tolérance aux stresses abiotiques suit plusieurs voies dont entre l'utilisation de la phénologie, la morphologie, la physiologie, le

moléculaire, ainsi que le comportement global de la plante vis- à- vis de la variation environnementale. (Kadi, 2012)

L'aptitude d'un cultivar à être raisonnablement performant dans un environnement, où diverses contraintes de production (stress de sécheresse, de froid, de chaleur...) sont combinées les unes aux autres, influant sur la stabilité du rendement, est un caractère important pour l'aboutissement à de nouvelles variétés. Ces dernières doivent être améliorées, tant sur le plan agronomique (productivité, adéquation au milieu : physique et biologique) que qualitatif pour une meilleure adéquation à la demande de l'industriel (Vespa, 1984).

Les programmes de sélection du blé à travers le monde ont réalisé des gains génétiques considérables dans l'amélioration des rendements sans recourir aux outils de sélection physiologiques (Rajaram et Ginkel, 1996). Les sélectionneurs et les physiologistes admettent que les succès futurs passeront à travers une grande intégration d'une recherche multidisciplinaire (Jackson et al., 1996). Le modèle proposé par Passioura en 1977 est une vue appropriée pour identifier les caractéristiques qui peuvent limiter le rendement du blé aux environnements à contrainte hydrique. Ce modèle est basé sur le rendement grain, et non pas sur les critères de protection ou de survie longtemps usités sous des conditions de sécheresse dans le passé, en grande partie sans succès. Passioura (1977) considère que le rendement grain est fonction de la quantité d'eau utilisée par la récolte, la façon dont l'eau est utilisée par la récolte pour le développement de la biomasse et l'indice de récolte.

La sélection prend depuis longtemps en compte le besoin qualitatif et les contraintes industrielles des transformateurs. La qualité intrinsèque de la récolte, son état sanitaire, l'homogénéité des lots, l'aptitude des lots à la conservation, les qualités technologiques pour la transformation et les utilisations (boulangerie, biscuiterie, trituration...) sont des

facteurs de sélection de plus en plus importants, diversifiés et codifiés dans des cahiers des charges.(El bay, 2013)

3. Les étapes de la sélection

Même si la méthodologie de la sélection utilise des techniques assez complexes et nécessite des moyens souvent lourds en calculs, la démarche du sélectionneur reste assez pragmatique et peut être résumée en trois étapes :

- L'obtention d'informations qui permettent de juger de l'efficacité potentielle de la sélection et d'en déterminer la méthode optimale.
- L'identification de génotypes intéressants porteurs de gènes ou de combinaisons de gènes à effets favorables.
- Le croisement de ces génotypes pour augmenter la fréquence de gènes ou combinaisons de gènes à effets favorables dans la génération ultérieure.

La démarche suivie par le sélectionneur, même lorsqu'il utilise les biotechnologies, reste celle d'un schéma de sélection classique qui peut se décomposer en quatre grandes étapes :

- ✓ Recenser le matériel génétique existant en mettant en collection les écotypes et le matériel déjà sélectionné ;
- ✓ Observer, choisir et croiser le matériel de départ. Il s'agit de réunir dans une seule plante les caractères intéressants et complémentaires des parents ;
- ✓ Créer, fixer et évaluer les nouvelles plantes après le croisement des parents. Les grains récoltés sont semés pour donner la première génération, F1, où toutes les plantes sont identiques. À la deuxième génération, la F2, les plantes obtenues sont très différentes les unes des autres car il y a disjonction des caractères. À partir de cette génération, la sélection commence. Le sélectionneur choisit les plantes en fonction de critères définis correspondant le mieux aux objectifs de départ.

Ces plantes, par autofécondations successives, aboutissent à la création de lignées, soumises à l'épuration. Pour la création de variétés hybrides, il faudra en outre choisir le parent se combinant le mieux avec les lignées obtenues.

À partir de la F5, les individus sont plus stables. Le sélectionneur met alors en place des parcelles d'essais pour étudier le comportement agronomique de la variété dans différentes régions. Pour les hybrides, il s'agira également d'étudier le comportement des lignées en fonction de leur aptitude à la combinaison. Des tests de valeur technologique sont également effectués au laboratoire.

Parallèlement, se poursuit la fixation des caractères par autofécondations successives (F5 à F8) et épuration.

La variété sélectionnée est déposée au Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS) pour subir deux ou trois années d'examen selon l'espèce, en vue de son inscription au Catalogue officiel des variétés. La variété sera jugée sur sa valeur agronomique et technologique (VAT) et sur des critères de distinction, d'homogénéité et de stabilité

(DHS). Elle pourra ensuite être multipliée et commercialisée sous forme de semences certifiées.

4. Les méthodes de sélection

4.1. Sélection massale

Avant Louis de Vilmorin, la sélection des plantes était très empirique. Elle ne faisait que prolonger la phase de domestication des plantes. En effet, pour les espèces de grande culture, l'adaptation des plantes à la culture s'est réalisée par l'accumulation d'un grand nombre de cycles semis-récolte, avec à chaque cycle une sélection naturelle au niveau du champ et une sélection humaine plus ou moins consciente par la récolte en mélange (en masse, d'où le nom de sélection massale) des plantes sélectionnées. Ces formes de sélection à l'intérieur des populations cultivées se sont prolongées jusqu'au début du XX^e siècle, voire au delà, et ont contribué à développer des populations localement bien adaptées. Il y a eu aussi une sorte de sélection entre populations, puisque les échanges entre agriculteurs ont favorisé les populations ayant les meilleures performances (Gallais, 2015).

La sélection massale est à la base de la domestication de plusieurs espèces végétales, il suffit de choisir les plantes phénotypiquement supérieures et identiques et mélanger la semence. Cette dernière est alors semée en vrac. Elle peut-être également faite par simple élimination des plantes non désirables de la population. Une version améliorée de cette méthode consiste en la sélection de plantes phénotypiquement supérieures, leur semis en lignes séparées où seules les meilleures et identiques sont mélangées pour établir une nouvelle variété. Cette sélection peut être répétée durant plusieurs cycles tant que la variabilité persiste et tant qu'il y a amélioration du caractère recherché (Guerfi, 2010).

La sélection massale ne produit pas de lignée pures mais un mélange de plantes ayant en commun un certain nombre de caractères.

Selon Gallais (2009), la sélection massale est une méthode simple, peu coûteuse, permettant l'étude d'un grand nombre d'individus et une forte intensité de sélection ; elle est très efficace, en termes de moyens et de temps, pour les caractères très héritaires au sens strict, c'est-à-dire additifs et peu influencés par le milieu.

Si la sélection massale à l'intérieur des populations a été efficace pour certains caractères peu influencés par le milieu (par exemple la précocité, la résistance aux

maladies) elle n'a, en revanche, été que très peu efficace pour des caractères complexes comme le rendement (Gallais, 2015)

Les caractères peuvent être peu héréditaires du fait d'une faible additivité ou de forts effets du milieu (Gardner, 1961).

Il est possible d'augmenter l'efficacité de la sélection par prise en considération des caractères secondaires liés au caractère primaire sélectionné et moins affectés par le milieu (Gallais, 1989). Cela revient à définir, dans des conditions de test (pépinière) des caractères, au mieux une combinaison de caractères permettant de mieux prévoir la valeur génotypique du caractère à travers les valeurs phénotypiques (Gallais, 2009).

4.2. Sélection généalogique (pédigrée)

Avec la redécouverte des lois de Mendel par De Vries (1903), la sélection généalogique, proposée et développée par Louis de Vilmorin, a trouvé ses bases génétiques et s'est généralisée. L'application de cette forme de sélection à des populations de plantes autogames comme le blé a conduit à des lignées génétiquement homogènes qui ne répondent plus à la sélection. Pour faire réapparaître de la variabilité génétique et avoir une sélection efficace, Louis de Vilmorin a proposé le croisement entre des lignées et la sélection au cours des générations d'autofécondation. Il apparaît bien comme le père de la notion de lignée pure (lignée pedigree) et de la sélection généalogique. Ces concepts n'ont été connus qu'après 1900 en Europe et dans le monde (Gallais, 2015).

À partir du choix d'individu dans la population F2 à forte variance, la méthode la plus classique est une étude des descendance en autofécondation en suivant la filiation généalogique de chaque plante, d'où le nom de méthode pédigrée ou sélection généalogique (Demarly et Sibi, 1996)

Au cours des générations d'autofécondation on espère isoler de nouvelles lignées transgressives, c'est-à-dire ayant réuni plus de gènes favorables que le meilleur des deux parents (Figure 03), le grand nombre de gènes favorables à réunir fait que cela ne peut pas se réaliser en un seul cycle de croisement suivi d'autofécondation et de sélection, mais seulement progressivement, par plusieurs cycles de sélection généalogique, d'où la continuité observée du progrès génétique (Gallais, 2013).

Les plantes F2 donnent donc une descendance sous forme d'une ligne F3. On dit qu'on fait un semis «épi-ligne», c'est-à-dire qu'un épi F2 donne une ligne F3 (terme anglo-saxon : ear-to-row), où chaque individu a hérité statistiquement de la moitié de l'hétérozygotie de

la plante F2 d'où il provient. Les individus d'une même ligne F3 ont un coefficient de parenté élevé (théoriquement de 0,5 si les parents initiaux étaient homozygotes et non apparentés) (Demarly et Sibi, 1996).

Cette ressemblance qui se dessine dans les lignes F3 permet un choix entre lignes et intra-lignes. Les plantes retenues donneront par autofécondation ou croisements consanguins des petites parcelles F4 où les individus auront encore statistiquement perdu une proportion notable de l'hétérozygotie des plantes F3 (la moitié si c'est une autofécondation qui a permis de passer de F3 à F4). Et le processus se poursuit ainsi jusqu'en F8, F9, F10 selon la rigueur exigée sur le taux d'hétérozygotie résiduelle (elle est de 1/1 000 environ en F10 dans le cas théorique de géniteurs initiaux homozygotes, non apparentés, et où les descendances F2 à F10 sont obtenues en autofécondation) (Allard et al, 1968).

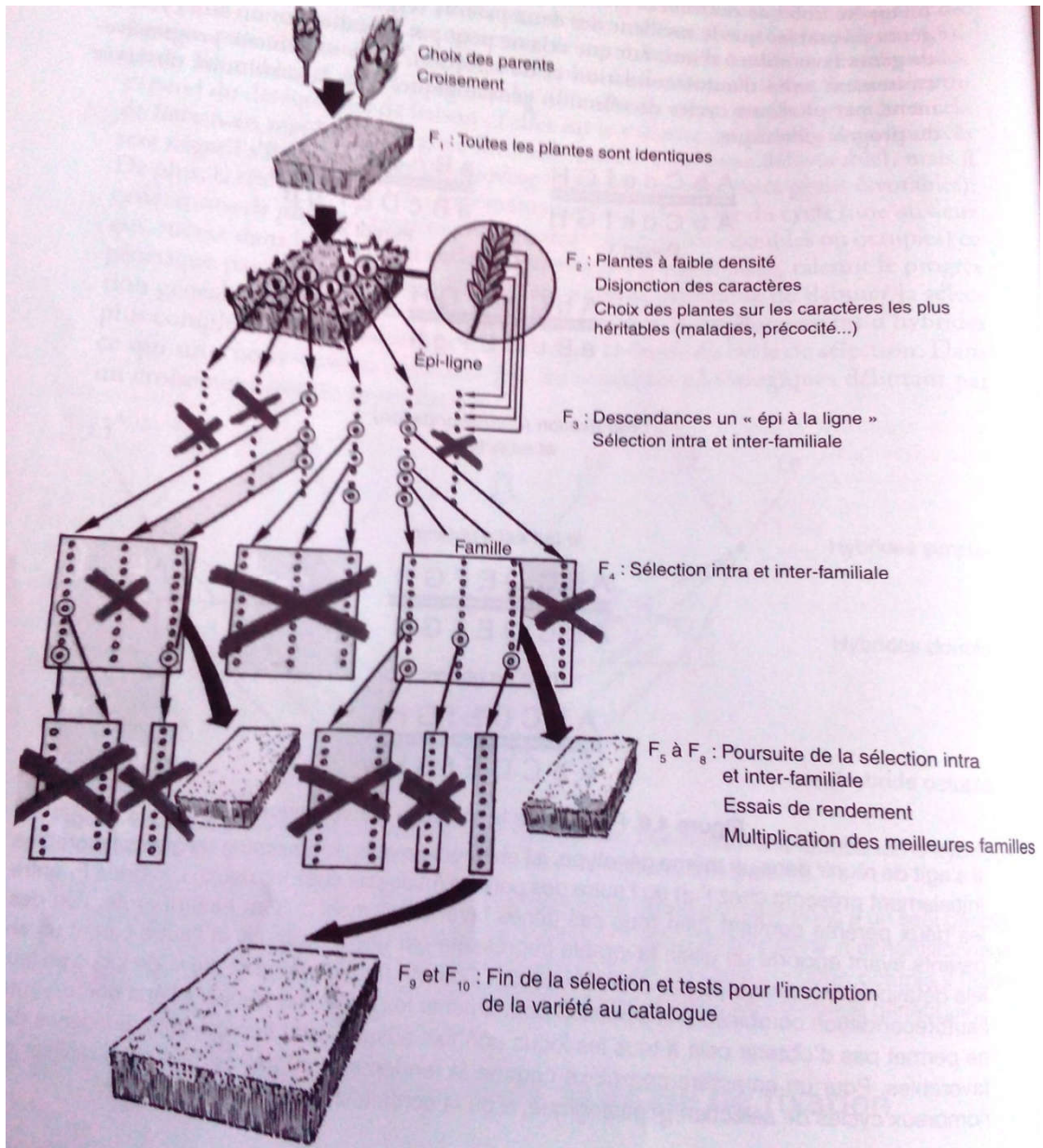
La méthode généalogique est donc « douce » et progressive : à chaque génération, un choix affine la progression vers un idéotype ; à chaque génération, on fait un pas vers une plus grande homozygotie, donc une plus grande stabilité et une meilleure homogénéité des descendants.

A partir de la F5, on dispose de quantités de graines suffisantes pour faire des essais avec répétitions et dans plusieurs localités (essais multifocaux) ; on teste ainsi la rusticité et l'adaptabilité des génotypes selon des dispositifs statistiques permettant l'analyse de la variance d'interaction «génotype x localités».

Il arrive que les choix en F4, F5 et F6 soient effectués de manière à donner à la future variété une adaptabilité très large ; pour ce faire, on utilise la méthode de sélection dite «navette» où, par exemple, si la génération F4 est choisie dans la station A, les descendances retenues seront sélectionnées dans la station B, puis les graines issues de

Cette F5 en B donneront des parcelles F6 testées dans la station A et ainsi de suite, d'où le nom de navette.

Le point délicat, comme nous l'avons signalé, restant le premier choix, un peu hasardeux, dans la F2. C'est la raison essentielle qui a donné naissance à des méthodes voisines, dérivées de cette sélection pédigrée (Demarly , 1977).



Source : Gnis , 1985

Figure 03 : schéma de la sélection généalogique réalisée pendant la phase de fixation, de F₂.

Les avantages de la sélection pendant la phase de fixation sont essentiellement les suivants :

la sélection est très efficace pour améliorer les caractères fortement héréditaires ;
les essais agronomiques (en assez grandes parcelles, avec plusieurs répétitions et plusieurs lieux d'expérimentation) ne sont réalisés que sur un nombre restreint de familles ;

- une lignée qui arrive au stade de l'inscription est très bien connue puisque depuis la F₂ sa généalogie est suivie et son comportement (et éventuellement celui de lignées

très apparentées) a été évalué dans plusieurs conditions de milieux (et pendant plusieurs années).

- Selon le même auteur les inconvénients de la méthode généalogique sont essentiellement les suivants:
- Un long cycle de sélection
- La sélection et la fixation étant simultanées, il faut respecter le cycle de la plante pour bien la juger et il n' est donc pas possible d'accélérer les générations à partir de la F2.
- Une perte de variabilité génétique par dérive génétique
- L'intensité de sélection est en général forte dans les générations précoces, F2 et F 3.
- Faible efficacité des recombinaisons après la F2
- Une sélection sur la vigueur des plantes biaisée par l' hétérosis

4.3. Méthodes de sélection généalogique après fixation

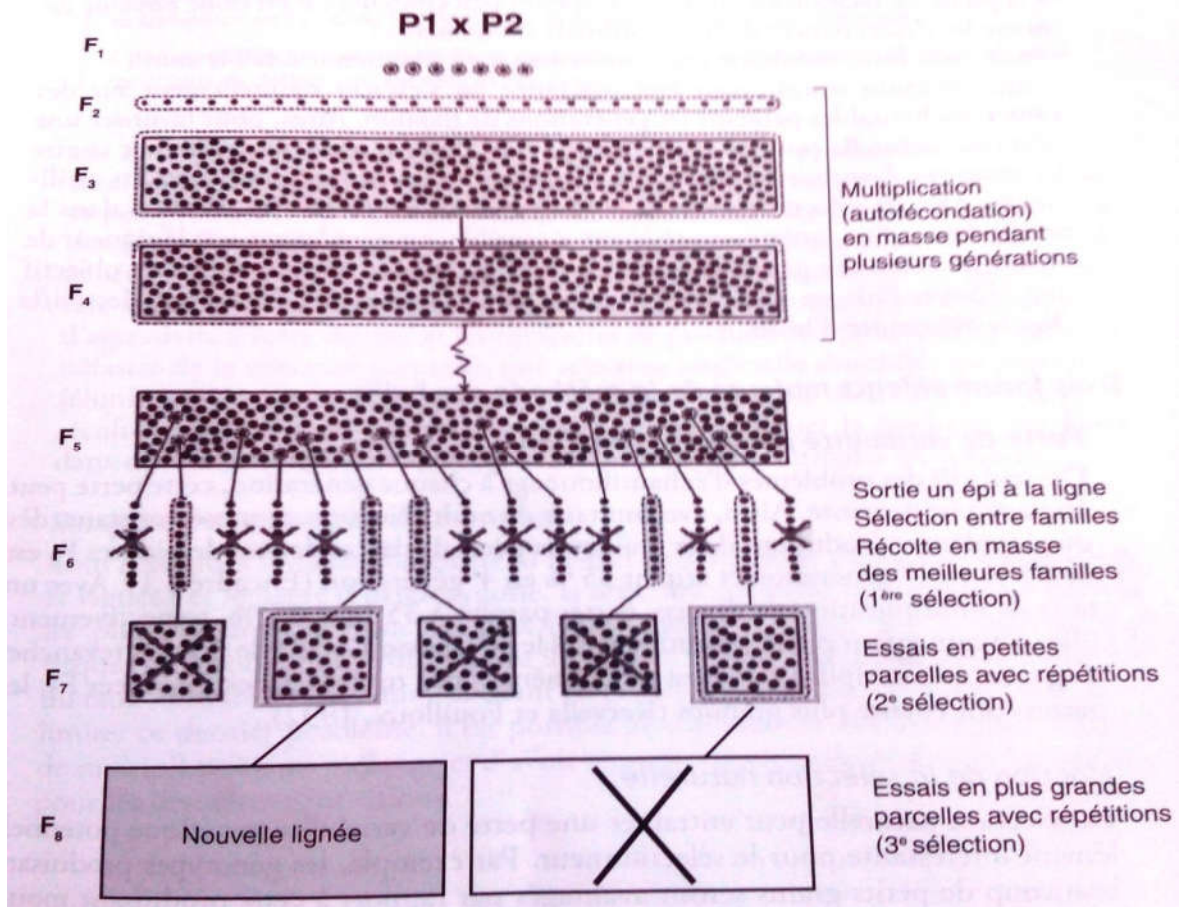
Ces méthodes, dites de sélection généalogique différée, ont été conçues pour conserver une forte variabilité dans du matériel à haut niveau d'homozygotie et pour raccourcir, si possible, la durée du cycle. Il y a d'abord fixation, puis sélection simultanée pour tous les caractères recherchés, et ceci dans des conditions normales de culture. La sélection pour des caractères moyennement à peu héritables est ainsi rendue plus efficace et le temps est mieux utilisé. Trois méthodes sont utilisées dans ce but ; ce sont la méthode des bulks et la filiation unipare ou SSD (single-seed descent) (Gallais, 2013)

4.4.Méthode des bulk

Cette méthode a été proposée par Nilsson-Ehle en 1912 (in Newman ; 1912) pour sélectionner de manière naturelle des lignées de blé tendre d'hiver résistantes au froid et productives, à partir de la F2 d'un croisement entre une lignée productive, mais sensible au froid (stand-up) et une lignée résistante, mais de productivité moyenne. On parle ici de sélection naturelle car c'est la rigueur de l'hiver qui, dans cette expérience, sélectionnait les plantes résistantes au froid à chaque génération d'autofécondation. Les plantes qui survivaient à la fin de l'hiver étaient récoltées en masse pour passer à la génération suivante.

D'une façon plus générale dans cette méthode, le passage d'une génération à l'autre se fait en récoltant en vrac (en bulk), sans aucune sélection artificielle, les graines d'une génération. Une partie de ces graines, choisies au hasard, est ensuite ressemée pour constituer la génération suivante. Ainsi, à partir des graines récoltées sur une F1, on obtiendra successivement des parcelles contenant en mélange des plantes F2 puis des plantes F3 etc.

Le processus continue jusqu'en F4 ou F5, selon les cas (Figure 04). Grâce à l'autofécondation naturelle il y a augmentation de l'homozygotie à chaque génération. À partir de la génération F5 (ou F6 dans certains cas), le niveau d'homozygotie étant assez élevé, la sélection pourra commencer. Cependant, comme le sélectionneur part de plusieurs croisements (quelques centaines), la sélection peut commencer dès le niveau F4 (ou F5, selon les cas) par une première sélection entre les différents croisements de départ. Certains croisements sont abandonnés à cause d'un aspect général défectueux des populations F4 ou F5 (parce que trop sensibles aux maladies, par exemple) (Gallais, 2013).



Source: Gallais, 2013

Figure 04: Sélection généalogique différée avec fixation en bulk.

Ensuite, à partir de la F₅ (ou F₆) la sélection se fait dans les parcelles de chaque croisement conservé. Les plantes sélectionnées sont récoltées individuellement pour réaliser à la génération suivante une sélection sur descendance, appelée « une descendance ou un épi à la ligne », identique à celle décrite en sélection généalogique pour la F₃. Mais la différence ici est que les familles F₅ (ou F₆) ont assez homozygotes (fixées à 93,75 % pour des F₅, 96,87 % pour des F₆), leurs évaluations peuvent donc être plus pertinentes. La récolte en masse des plantes de chaque famille retenue permet alors à la génération suivante de faire des essais en petites parcelles avec répétitions. Des essais en plus grandes parcelles sont réalisés l'année suivante sur les meilleures lignées. Parallèlement à ces essais, le processus de fixation continue, comme à la fin d'un programme de sélection généalogique (Gallais, 2013).

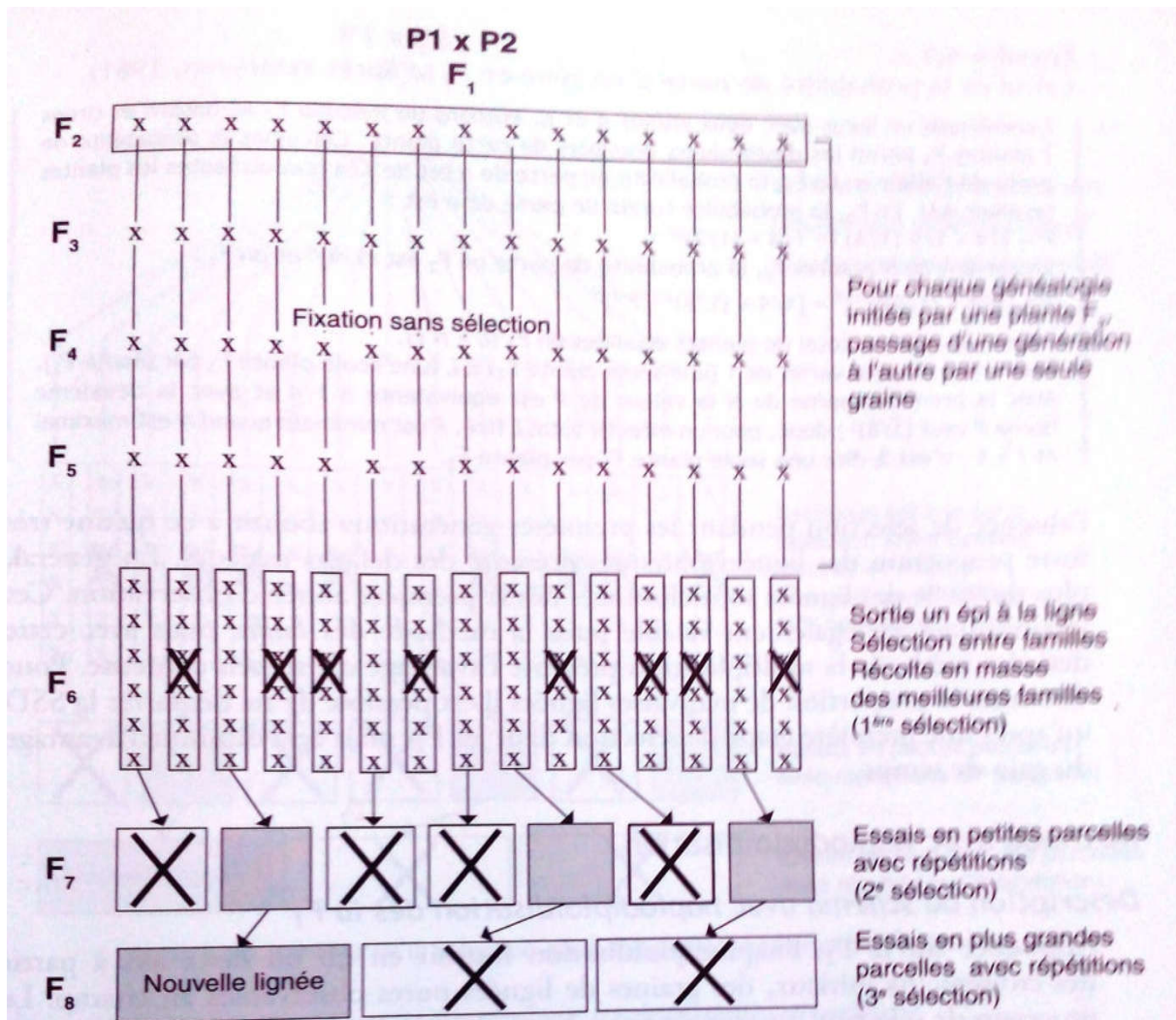
4.5. La filiation unipare ou single-seed descent (SSD)

Proposée par Goulden en 1939, la méthode de filiation unipare (ou filiation monograine) a pour objectif de minimiser la perte de variabilité quand on passe de la F2 aux lignées. Si N lignées sont tirées d'une F2, la stratégie qui maximise la variabilité entre ces lignées consiste à minimiser leur apparentement. Pour cela, il faut prendre N plantes différentes dans la F2 et fixer par autofécondation une seule lignée à partir de chacune d'entre elles (Figure 05).

Pour dériver une seule lignée par plante de la F2, il suffit de ressemer une seule graine de chaque plante à chaque génération. Cette graine est prise au hasard dans la récolte de chaque plante de la génération précédente. Pour les céréales, on peut prélever sur une plante F2 un épi dont on resème ensuite toutes les graines. Sur l'ensemble des plantes qui descendent de cet épi, on prélèvera à nouveau au hasard un épi, et on continuera de la sorte jusqu'à la génération souhaitée ; on parle alors de « single-spike descent ».

Une fois les lignées F5 ou F6 obtenues, les opérations de sélection sont les mêmes que pour la méthode des bulks. Une première année d'observation permet d'éliminer toutes les lignées présentant d'importants défauts. La récolte en mélange des plantes de chaque lignée retenue permettra d'obtenir assez de graines pour réaliser des essais l'année suivante. Sur la base de ces essais un nombre limité de lignées sera conservé en vue des expérimentations ultérieures. La fixation continue pendant l'évaluation, comme pour les autres méthodes de sélection généalogique (Gallais, 2013).

Selon Gallais (2013), la méthode SSD a l'avantage d'un meilleur maintien de la variabilité génétique, jusqu'à l'obtention des lignées, et une sélection naturelle limitée. Son inconvénient est le coût élevé de la production des lignées si la fixation est menée dans des conditions artificielles (serres, chambres climatisées).



Source : Gallais, 2013.

Figure 05 : Sélection généalogique différée avec fixation par filiation monograine ou smgte-seed *descent* (SSD)

4.6. Backcross

Le backcross, également appelé rétrocroisement ou croisement en retour, est une forme d'hybridation récurrente durant laquelle une caractéristique désirable est transférée à une variété adaptée et productive. Généralement, le backcross est utilisé lorsqu'une variété possédant des caractéristiques désirables présente une faiblesse (sensibilité à une maladie donnée par exemple) qui peut être corrigée par l'introduction d'un ou de quelques gènes (Allard, 1960).

Cette méthode consiste à remplacer à un locus donné, un allèle défavorable (présent dans un génotype homozygote, dit « receveur », ayant par ailleurs de nombreux autres

gènes favorables) par un allèle favorable. Ce dernier est apporté par un génotype, dit « donneur », ayant souvent des caractères défavorables contrôlés par les autres locus. Le transfert est réalisé par une série de rétrocroisements du parent receveur avec des plantes portant le gène à transférer. Les progrès dans la maîtrise de la transgénèse devraient permettre de réaliser ce remplacement de façon directe. Les gènes transférés sont souvent des gènes majeurs, pouvant affecter différents caractères tels que la résistance aux maladies, le type de développement (précocité, sensibilité à la photopériode), la morphologie (nanisme), la qualité des produits, le système de reproduction (stérilité male)(Gallais, 2013b).

L'objectif du backcross est de restituer au parent récurrent tous ses gènes, sauf le ou les gènes qui contrôlent la caractéristique à transférer (Allard, 1960).

La backcross est plus facile si le caractère à transférer est dominant, hautement héritable et facilement reconnaissable dans la descendance hybride. Il est plus difficile si le gène en question est fortement lié à d'autres gènes non désirables le caractère et si à transférer est contrôlé par plusieurs gènes. Il n'est pas nécessaire de tester la variété développée par la méthode du backcross pour le rendement. En principe, la performance des variétés développées par cette méthode est au moins égale à celle de la variété utilisée comme parent récurrent (Allard, 1960).

5. LES MÉTHODES DE CRÉATION VARIÉTALE

5.1. Croisement intra spécifique

Dans la grande majorité des cas, les génotypes sont croisés à l'intérieur d'une même espèce avec un ou plusieurs partenaire(s) qui apportent des qualités complémentaires ou qui intensifient, par effet cumulatif, les performances.

La technique consiste à prendre comme femelle la variété à améliorer, à la croiser avec le donneur, puis à reprendre leur F1 qui est recroisée sur la mère : cela donne le BC1 (croisement de retour 1). La descendance du BC1 est à nouveau recroisée en retour sur la mère (BC2), etc. À chaque cycle de croisement de retour, la moitié des gènes restants du donneur est éliminée ; puisqu'on recherchait chez le donneur une qualité oligogénique, il importe de vérifier que cette qualité est bien restée chez les individus qui serviront comme pères pour le cycle suivant de croisements sur la mère (Demarly Y, 1977).

En revanche, lorsque c'est tout un ensemble de caractéristiques qu'on veut compléter entre deux parents, ou lorsqu'on manipule des performances conditionnées par des ensembles polygéniques, on croise entre eux deux géniteurs : on obtient une F1 qui est autofécondée et produit ainsi une F2 où chaque individu est une structure de recombinaison entre les chromosomes des deux géniteurs hybridés. La F2 présente une variance génétique d'autant plus vaste que les géniteurs étaient plus distants génétiquement (ayant donc un plus grand nombre de linkats différents).

Il arrive que l'on, combine entre eux plus de deux parents pour obtenir des recombinaisons plus riches entre plusieurs structures : on appelle ce type de croisements des croisements pyramidaux (Demarly Y, 1977).

5.2. Croisement interspécifique

Il n'existe pas toujours à l'intérieur de l'espèce travaillée les caractéristiques que l'on désire introduire dans la variété à créer. Dans ce cas, on fait assez fréquemment appel à des plantes issues d'espèces voisines (par exemple rusticité du seigle introduite chez le blé). Ces hybridations entre espèces font souvent appel à des formes spontanées, très résistantes. Les hybridations sont difficiles, les embryons avortent fréquemment : la culture des jeunes embryons *in vitro* est maintenant une voie de sauvetage classique. Les produits de telles hybridations présentent de fortes stérilités et de laborieux doublements des chromosomes pour créer des amphidiploïdes, nécessitent des contrôles cytogénétiques très soigneux (Essad, 1957).

La voie des hybridations interspécifiques se développe cependant très fortement, apportant des résistances, des précocités, des stérilités mâles, des développements d'embryons haploïdes, etc. Néanmoins, ce type d'hybridations est toujours limité au cortège d'espèces proches, ou de genres ayant de très grandes affinités entre eux.

Ici encore, les nouvelles biotechnologies ouvrent des horizons plus larges grâce aux hybridations somatiques et aux transferts de gènes (plantes transgéniques) (Demarly et Sibi, 1996).

5.3. Croisements diallèles

Il est considéré comme une méthode prévisionnelle de meilleure hybridation à réaliser (Mekliche, 1983). C'est un ensemble d'hybridations dirigées entre structures à étudier comprenant systématiquement une série de combinaisons (les grains issus de chaque parent mâle étant individualisés sur chaque parent femelle) : il s'applique aux espèces autogames et aux espèces allogames (Demarly, 1977).

5. 4. Transfert de gène (Génie génétique)

La transgénèse peut être définie de façon assez large comme l'introduction d'un gène dans le génome d'un organisme par des procédés artificiels, c'est à dire en dehors de la voie sexuée. On parle aussi de transformation génétique.

La transgénèse ne fait qu'exploiter le fait que tous les êtres vivants ont la même machinerie de lecture des gènes. De plus, de nombreux gènes restent communs à différents organismes malgré l'évolution. De nombreuses fonctions à la base de vie sont régulées par les mêmes gènes quelles que soient les espèces (par exemple, le cycle de Krebs, lié à la respiration, est pratiquement commun à toutes les espèces vivantes, et les gènes impliqués sont les mêmes). Parmi les plantes cultivées, d'espèces d'une même famille botanique, comme le maïs, le blé, la canne sucre ou le riz ont certes le même ensemble de gènes, mais répartis différemment dans le génome (Gallais, 2013).

Les stratégies développées pour transformer les plantes reposent sur les progrès réalisés dans les domaines du clonage moléculaire et de la régénération des plantes par culture *in vitro*. Elles sont très variées : certaines mettent en jeu l'usage des Agrobactéries, tandis que d'autres utilisent la biolistique.

La principale limitation de la transgénèse a longtemps été l'identification des gènes impliqués dans des résistances, des voies métaboliques, des phénomènes physiologiques ou produisant des protéines d'intérêt pharmaceutique. Faute de gènes candidats, finalement assez peu de caractères différents ont pu être transférés dans des variétés, jusqu'à présent (Periquet, 2002) .

5.5. Gynogenèse *in vitro*

La régénération de plantes haploïdes à partir des cellules sexuelles semble plus logique par la voie femelle, puisque l'oosphère est destinée naturellement à devenir embryon. Cependant, toutes les tentatives de régénération de plantes à partir de la culture *in vitro* d'un ovule non fécondé, avaient échoué jusqu'aux premiers résultats de San Nœum (San,1976) qui, cultivant des ovaires d'orges non pollinisées, a obtenu les premières plantes haploïdes issues du développement du sac embryonnaire. En quelques années, la gynogenèse *in vitro* a été étendue à d'autres graminées (riz, blé, maïs) (San, 1985)

5.6. Androgenèse *in vitro*

Une voie très audacieuse a été ouverte en 1964 avec la réussite par Guha et Maheshwari (Guha et al ; 1964) de la culture *in vitro* de cellules sexuelles mâles de *Datura innoxia* et la régénération de plantes entières viables et haploïdes d'origine

exclusivement paternelle (Guha ; 1966) .

Ce processus a été étendu au tabac (*Nicotiana tabacum*) (Bourgin et al ; 1967) puis dans la décennie qui suivit à plus de cent espèces, le Laboratoire d'amélioration des plantes de l' Université d'Orsay ayant joué un rôle important dans ce développement.

Pour la plupart des espèces, la méthodologie est analogue. Les boutons floraux sont disséqués stérilement et les anthères qui doivent produire le pollen sont prélevées à un stade bien précis du développement des microspores. Elles sont ensuite cultivées *in vitro* dans des conditions qui permettent une réorientation de leur devenir vers un retour à des potentialités embryogènes. Un certain nombre des cellules haploïdes ainsi traitées peut aboutir, soit directement, soit après des transferts dans une séquence adéquate de milieux, à une plante haploïde viable issue d'un gamète paternel (Buyser et al .1979).

Les taux de réussite de ces opérations sont très variables, mais souvent très bas si on les rapporte au nombre des microspores contenues dans une anthère mise en culture ; c'est pourquoi de très nombreux chercheurs se sont attachés à l'étude des paramètres qui influent sur le déroulement de chaque phase.

5.7. Mutagenèse

Au sens large, la mutagenèse est l'induction de modifications au niveau du génome. Ces modifications peuvent être de nature très différente : le changement du niveau de ploïdie (mutation génomique), la perte ou l'addition de chromosomes, la délétion ou la translocation de fragments chromosomiques (mutations chromosomiques) ou la modification de la séquence des bases de l'ADN. Au sens restreint, la mutagenèse est relative à ce dernier type de modifications au niveau du gène, et on parle de mutations géniques. Toutes ces modifications au niveau du génome, en particulier le changement de séquence des bases, n'ont pas nécessairement un effet sur le phénotype. Du point de vue du sélectionneur, pour les plantes à multiplication végétative, n'importe quel type de mutations peut être important à considérer, même si elles ne sont pas transmissibles par la voie sexuée, en revanche, pour les plantes à reproduction sexuée, ce sont les mutations géniques, héréditaires, qui sont à considérer. La mutagenèse peut être spontanée ou induite (Gallais 2013).

PARTIEII : EXPERIMENTELES

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique

La wilaya de Laghouat est située au piémont de l'Atlas Saharien. La première oasis en venant du nord a 400 Km au sud de la capitale et à 300 Km environ à vol d'oiseau de sud de la mer, a une altitude de 752 m et une longitude Est 2°53 et latitude Nord 33°42 (Sila, 2012).

De par sa position géographique et ses caractéristiques climatiques, la Wilaya de Laghouat fait partie du groupe des neufs Wilayat pastorales du pays ainsi que des Wilayat du sud (DPAT, 2013).

Cette étude est réalisée dans un jardin situé au centre de la wilaya de Laghouat, au lieu-dit " El Ghouatine".

1.2. Climat

Le climat de la wilaya de Laghouat est continental aride, caractérisé par des hivers froids avec des températures moyennes de (1,84 °C) et marqué par des gelées blanches, et les étés par une forte chaleur de plus de (40 °C) avec de vents de sable (Merzoug, 2014).

1.2.1. La pluviométrie

LA pluviométrie est l'élément climatique le plus important compte-tenu de sa très grande variabilité spatio-temporelle. L'étude de sa variabilité moyenne a été effectuée sur les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous pour la période (2002-2016) (O.N.M, 2017).

Tableau 02. Précipitation moyennes mensuelles de la région de Laghouat en (mm), période (2002-2016).

Année/Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc
2002-2016	10.31	8.73	7.14	12.23	9.96	7.19	4.06	10.45	23.67	23.53	9.88	15.44

Source : (O.N.M, 2017).

La distribution pluviométrique annuelle dans la région de Laghouat à travers les saisons est assez irrégulière, entraînant ainsi un impact défavorable sur le développement et la croissance des cultures

1.2.2. Température

La température est l'un des éléments fondamentaux conditionnant l'estimation du déficit d'écoulement et permettant la détermination du caractère climatique d'une région ; c'est aussi un facteur nécessaire à rapport de l'énergie pour les plantes.

Tableau 03 : Température moyennes mensuelles en (°C) de la région de Laghouat, période (2002-2016).

Mois	J	F	MR	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Moy
M(°C)	19.56	20.11	19.59	29.16	31.27	37.41	39.76	37.26	33.85	29.97	20.35	16.25	27.87
m(°C)	1,84	2,69	6,01	9,44	14,53	18,99	22,64	22,34	17,75	12,43	5,85	2,55	11.42
T.moy. (°C)	10.7	11.4	12.8	19.3	22,9	28.2	31.2	29.8	25.8	21.2	13.1	9.4	21.1

Source : O.N.M, 2017

Les températures moyennes mensuelles pour les années (2002-2016) sont maximales au cours de la période de juin à septembre (saison chaude), la saison chaude s'étale avec un mois plus (Mai à septembre), et atteint leur maximum pendant le mois du juillet avec une valeur de (39.76°C). Pour le froid il débute du mois de novembre vers mars et atteint sa valeur minimale (1.84 °C) en mois de janvier.

1.2.3. Autres facteurs climatiques

L'humidité s'augmente entre le mois d'octobre jusqu'à le mois de février avec une maximum dans le mois de novembre et janvier avec une valeur de (59 %) et une humidité relative à faible moyenne durant toute les autre mois de l'année 2016 (Tableau 03).

Tableau 04. Humidité relative moyenne en (%) de la région de Laghouat, l'année (2016).

Année/Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc
2016	59	46	42	34	37	23	21	27	32	50	59	56

Source : O.N.M, 2017.

Les risques de gelées se posent surtout en période hivernale d'octobre à mai et ils sont négligeables pour Laghouat (02 jours au maximum).

Les vents sont de secteur ouest à Nord-ouest ce qui favorise le déplacement des nuages venant du nord, en période estivale, ce sont les vents chauds et desséchants d'Est et Sud-Est qui sont dominants, ils sont modérés ne dépassant pas les (4.9 m/s) enregistré au mois d'avril.

La région est relativement sujette au risque de tempêtes de sable, particulièrement durant le mois d'avril avec 06 jours au maximum.

Enfin, le total d'insolation est suffisant pour les cultures céréalières dans toute la région de Laghouat, en respectant caractéristiques variétale des céréales à cultiver « rusticité, tardivité, et la précocité », et en terme exacte c'est l'adaptabilité aux différents facteurs édapho-climatiques (ONM, 2017).

2. Protocole expérimental

2.2. Le Matériel végétal

Sept (08) génotypes de blé dur (*Triticum durum. Desf*) ont été testés, dont deux (02) sont des variétés paysannes, quatre (4) sont des lignées pures créées et sélectionnées par l'ITGC d'El-Khroub et 2 variétés inscrites BIDI17, SIMITO Le tableau ci-dessous montre le pédigrée des lignées étudié.

Tableau 05 : Liste, origine de sélection des différentes variétés et lignées testées.

Variétés, lignées et pédigrées	Origine
Génotype 1 : variété paysanne EL FASSI	Sélection locale (Laghouat)
Génotype 2: variété paysanne GUEMGOUM RKHEM	Sélection Locale (Laghouat)
Génotype 3 : PLATA10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA7/3/ALBA- /5/AVO/HUI/.....	ITGC KHROUB
Génotype 4 : POD20//SULA/ACO89/3/SORA/2*PLATA12//SOMAT3/4/	ITGC KHROUB
Génotype 5 : SMAT3/PHAX1/TILO1/LOTUS4/3/GUANAY/5/NETTA4/...	ITGC KHROUB
Génotypen6 : CMH85797//DUKEM12/2*RSCON12/9/USDA595/3/D67.3/	ITGC KHROUB
Génotype 7 : BIDI 17:	ITGC
Génotype 8 : SIMETO	ITGC

La variété SIMETO est d'origine italienne. Son cycle de développement est court, ce qui lui permet d'atteindre rapidement sa maturité physiologique avant les forts coups de chaleur d'avril ou mai. Sa résistance au stress hydrique permet d'atteindre un bon rendement final et très bonne qualité semoulière avec une teneur de 15.80 % en protéines et un niveau de qualité satisfaisant et une résistance aux maladies telle l'oïdium sur épi et moyennement sensible de l'oïdium sur les feuilles, rouille brune et septoriose (CNCC , 2015).

La variété paysanne nommée El Fassi est cultivée à El Assafia dans la wilaya de Laghouat pendant la campagne 2013/2014. L'origine de la semence est de Tiaret, elle a été achetée dans marché informel il y'a une dizaine d'années par les agriculteurs paysans de la wilaya de Laghouat. Ces informations sont communiquées par EL Takhi ; le doyen des agriculteurs paysans de Laghouat.

La variété Bidi 17, c'est une sélection généalogique obtenue à partir des populations locales de Bidi (ITGC., 2001). Elle présente beaucoup de traits communs avec la variété Oued Zenati368, tout en se caractérisant par un chaume plein et rigide et des grains plus mutadinants et plus foncés et un rendement élevé. Les épis sont blancs, glabres et compacts. Cette variété s'est montrée sensible à la rouille, brune , l'oïdium sur feuille et l'oïdium sur épi ,CNCC , 2015).

La semence de la variété paysanne nommée Guemgoum Rkhem provient d'un agriculteur de la commune Bennasser Benchohra dans la wilaya de Laghouat et elle est cultivée pendant la campagne 2013/2014.

2.3. L'élaboration de plan d'expérience

L'essai a été réalisé au cours de la campagne agricole 2016-2017 (à partir de 09 décembre 2016) pour étudier les caractères phéno-morphologique de chaque génotype ainsi que la comparaison entre les différent génotypes. La conduite culturale est de type agriculture biologique avec une fréquence d'irrigation une fois tous les 15 jours.

Le facteur introduit volontairement en vue d'en examiner leur effet, est le facteur génotype (variété ou lignée). Cette dernière est qualitative et présente plusieurs variantes ou niveaux. Le facteur génotype présente huit (08) variantes.

Le dispositif expérimental utilisé dans cette expérimentation est le blocs aléatoires complets (BAC) avec trois (03) répétition.

Alors, le nombre des unités expérimentales sont vingt-quatre (24) unités dont chaque variété a été semée dans une parcelle élémentaire ayant des dimensions 1,20 m x 1m. Cette dernière a été divisée en 6 lignes espacées de 20 cm les unes des autres et l'espacement entre chaque plante est 10 cm. Chaque parcelle élémentaire est réservée pour une seule variété. Ainsi, la surface totale occupée par l'essai est de $8 \times 3 \times 1,20 \text{ m}^2 = 28.4 \text{ m}^2$.

L'élaboration de plan d'expérience a été résumée comme suit :

- ✓ Dispositif en blocs aléatoires complets (BAC) ;
- ✓ Facteurs étudié : 1 (géotypes) ;
- ✓ Niveaux du facteur : 08.
- ✓ Le nombre de blocs :03

Le schéma ci-dessous illustre le dispositif expérimental adopté sur le terrain

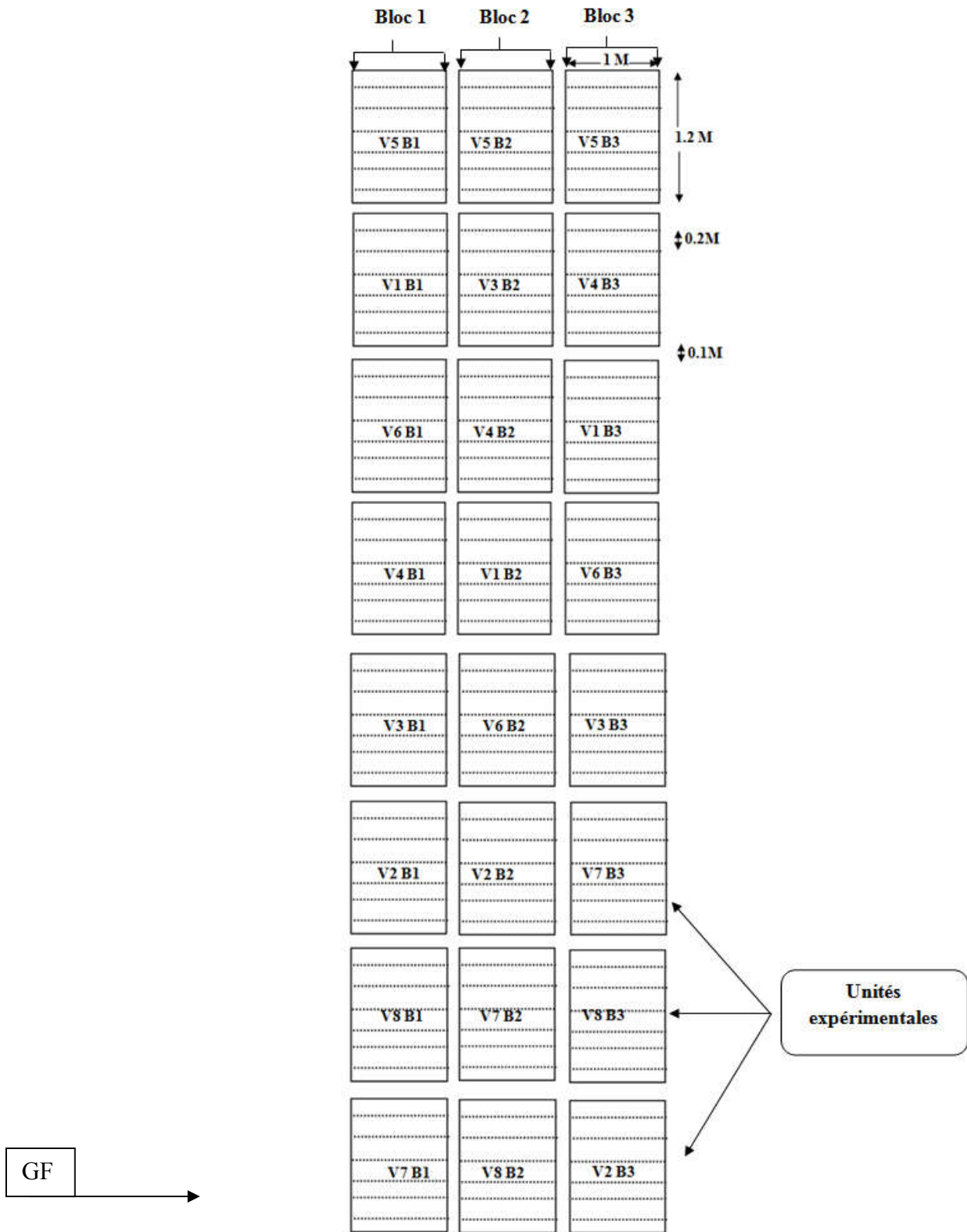


Figure06 : Le dispositif expérimental

Démarche d'analyse et d'interprétation statistiques

L'analyse statistique des résultats a été effectuée à l'aide d'un logiciel STATBOX 7. Le premier test qui nous permet de déterminer les différences entre les moyennes des différents traitements est le test de l'analyse de la variance. Ce test global préalable est indispensable.

La démarche de l'interprétation consiste en premier lieu à comparer chacun des paramètres étudiés entre les différences génotypes. S'il est significatif, on ne peut juger globalement l'effet des seuils, l'effet est non significatif.

Si les différences qui ont été révélées sont significatives, on complète l'analyse par l'étude de la plus petite différence significative (PPDS). Ce test de PPDS nous a permis de classer les moyennes des différents traitements en groupes homogènes, ainsi ressortir les meilleurs traitements.

3. Présentation des paramètres étudiés

3.2. Nombre des talles herbacées par plant

Le tallage herbacé est déterminé par comptage direct de nombre de talles herbacées (à l'exception de maître brin) de stade quatrième feuille jusqu'au stade début gonflement. On compte 08 échantillons par parcelle / génotype / répétition (Oudjani, 2009).

3.3. Hauteur à l'épiaison

Elle est mesurée au stade épiaison, du ras du sol jusqu'au sommet de la plante. On compte 08 échantillons par plante / génotype / répétition.

3.4. Nombre des talles épi par plante

Le tallage épi est déterminé par comptage direct de nombre de talles épis formées (à l'exception de maître brin). On réalise 08 échantillons par parcelle / génotype / répétitions et on déduit ensuite la moyenne.

3.5. Coefficient du tallage

Le coefficient du tallage est déterminé par la formule suivante :

Coefficient du tallage = Nombre des talles épi / nombre des talles herbacées.

3.6. Composantes de rendement

3.6.3. Nombre d'épis par mètre carré

Ce paramètre a été évalué à l'aide d'une règle de mètre (mètre linéaire) entre 2 lignes de semis (au hasard). Compter les plantes de part et d'autre de cette règle. Faire 3 comptages diagonalement au niveau de chaque parcelle élémentaire (soit 6 mètres linéaires par parcelle). Le dénombrement a été effectué après la floraison.

La formule convertir le nombre de plantes (épis) par mètre linéaire en mètre carré est comme suit :

Le nombre d'épis comptés sur placette est égale à : $NE / R \times E \times L$

Dont : NE : nombre total d'épis comptés sur une placette ; R : nombre de lignes d'une placette ; E : écartement entre lignes (en m) ; L : longueur de la placette (en m).

Le nombre d'épis au m² de la placette (si toutes les placettes ont la même surface) est égal à :

Total du NE de toutes les placettes/Nombre de placettes x (R x E x L)

3.6.4. Nombre d'épillets total par épi

Le nombre total d'épillets par épis se mesure au stade formation de grain. Ce nombre est déterminé à partir de 08 échantillons (épis) pris au hasard au niveau de chaque parcelle élémentaire, sur chaque épi nous avons compté le nombre total d'épillets.

3.6.5. Nombre de grains par épis

C'est un élément essentiel de rendement, il nous permet de préciser la fertilité de l'épi. Nous avons procédé au comptage des grains à partir des épis prélevés auparavant.

3.6.6. Le rendement

Après la récolte, qui a été faite manuellement le 24mai2017,nous avons procédé au nettoyage du grain, puis nous avons pesé.

Le poids obtenu par unité parcellaire a été convertie en qx/ha

RESULTATS ET DUSCUSSIONS

Chapitre IV

Résultats et discussions

1. NOMBRE DES TALLES HERBACÉES PAR PLANTE

Les résultats relatifs au nombre des talles herbacées par plante sont représentés dans le tableau 06 et illustrés par l'histogramme figure 07.

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 06: Les résultats relatifs au nombre des talles herbacées par plante.

Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 05	7,580	A	0,001	15.65
Lignée 06	6,290	AB		
EL FASSI	6,247	AB		
Lignée 04	6,217	AB		
BIDI 17	5,247	BC	DHS	
Lignée 03	5,037	BC		
Guemgoum Rkhem	4,183	BC		
SIMETO	3,413	C		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les moyennes de différents traitements (populations) ; ($0.0010 < P < 0.0100$). $\alpha = 5\%$

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en quatre (4) groupes homogènes.

À l'exception de la variété Simeto qui a donné un nombre le plus faible de talles herbacées par plante avec 3,413 et classée seule dans le groupe homogène (C), les populations Lignée 06, El Fassi et la Lignée 04, sont regroupés dans le groupe homogène (AB) avec un nombre de talles herbacées compris entre (6,21 et 6,29), et les BIDI 17, Lignée 03 et Guemgoum Rkhem, sont regroupés dans le groupe homogène (BC) avec un nombre de talles herbacées compris entre (4,183 et 5,247).

La variété Lignée 05 classée seule dans le groupe homogène (A) a enregistré un nombre de talles herbacées par plante le plus élevé avec 7,58 talles/plant.

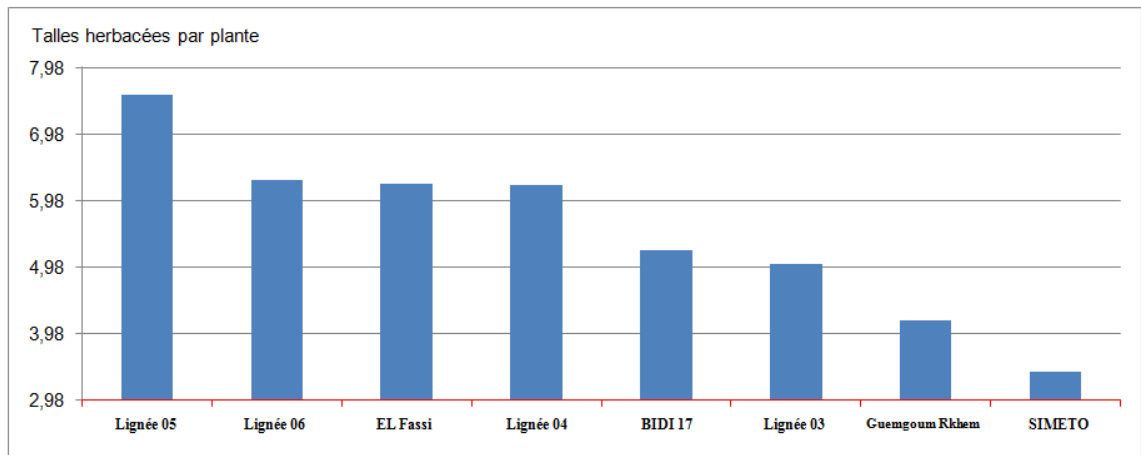


Figure 07 : Les résultats relatifs au nombre des talles herbacées par plante.

Le tallage est un caractère variétal, qui en conditions favorables, pourrait renseigner sur le potentiel des variétés (Bennaceur et al. ,1997).

Djedid et Ait challal (1998), Daaloul et al. ,_ (1990) **in Anonyme (2000)** II, ont montré que le tallage à un effet direct sur le rendement, car chaque talle doit porter une inflorescence en présence de bonnes conditions de culture (fertilisation azoté, écartement entre les plantes et également la fertilité du sol.

Djtar (1988) montre que le nombre de talles par pied est fortement influencé par les doses d'azote, et les densités de semis: plus le semis est clair plus le tallage est important (effet de concurrence entre les plants).

La fertilité du sol intervenant également. JONARD (1964).

Mais d'après Gâte (1995), l'azote n'accélère pas la vitesse d'émission des talles, cette dernière dépend essentiellement des facteurs strictement climatiques (durée du jour, température, le rayonnement).

Le nombre de talles par plant est un critère important de l'augmentation du rendement à l'unité de surface et il est influencé par les conditions du milieu.

Ce caractère est également lié aux caractéristiques variétales, la date de semis, la densité de peuplement et la disponibilité de la fumure azotée (BELAID, 1986).

Le tallage, phénomène caractéristique de la physiologie des graminées, est l'élément fondamental de la productivité. Sa réalisation et la vitesse de celle-ci sont conditionnées par la température, la lumière, le développement racinaire. (BELAID, 1986).

Un stress hydrique non sévère n'affecte pas le nombre des talles par plante. La plante peut rattraper le retard de tallage dès les premières pluies (Handoufe, 1998).

Le nombre de talles herbacées varie en fonction de la variété (aptitude génétique) et de la durée et des conditions de croissance au cours de la phase du tallage (Bonfils, 2000).

Certains auteurs trouvent qu'il est préférable de provoquer un stress hydrique pendant le tallage pour que la plante développe son système racinaire (Monneuvex, 1989).

2. NOMBRE DES TALLES EPI PAR PLANTE

Les résultats de nombre des talles épi par plante sont représentés dans le tableau 07

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 07: Les résultats relatifs au nombre des talles épi par plante.

Traitements	Moyennes	Prob (P)	CV%
Lignée 05	5,120	0,215	24,772
Lignée 04	5,037		
Bidi 17	4,953		
El Fassi	4,917		
Lignée 03	4,833		
Lignée 06	4,167		
Simeto	3,330	NS	
Guemgoum Rkhem	3,123		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes de différents traitements (populations); (Prob > 0,05), donc le facteur génotypique n'a pas d'effet sur l'expression de caractère mesuré. $\alpha = 5\%$

La capacité de transformation des talles herbacées en talles épis varie en fonction des génotypes. Benbelkacem et al., (1984) ont constaté qu'une augmentation importante du nombre de talles herbacées engendre une augmentation du nombre de talles épis, mais aussi une mortalité élevée.

Les talles-épis, elles seront plus ou moins nombreuses selon les conditions régnant à la fin du tallage. Au stade redressement (apex 1 cm) et au cours de la montaison, chez les céréales à paille, le maître-brin qui porte l'apex principal monte le premier. Mais, dans de bonnes conditions de culture, les autres talles suivent avec un très faible décalage de temps, notamment lorsque l'on a pris soin de semer tôt.

Les conditions climatiques (température moyenne et longueur de la durée du jour) sont décisives au stade épi 1 cm (stade qui marque la fin du tallage et le début de la montaison) pour déterminer le peuplement épi; d'où l'importance majeure de la date du semis (Bonfils, 2000).

3. COEFFICIENT DU TALLAGE

Les résultats relatifs au coefficient du tallage sont représentés dans le tableau 08

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 08 : Les résultats relatifs au coefficient du tallage.

Traitements	Moyennes	Prob (P)	CV%
Simeto	0,950	0,105 NS	16,66
Bidi 17	0,903		
Lignée 04	0,807		
El Fassi	0,780		
Linge 03	0,747		
Guemgoum Rkhem	0,703		
Ligne 05	0,687		
Ligne 06	0,627		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes de différents traitements (populations);

(Prob > 0,05), donc le facteur génotypique n'a pas d'effet sur l'expression de caractère mesuré. $\alpha = 5\%$

L'importance de tallage herbacé et épi se dirige sur le choix des génotypes dans le cadre de l'amélioration des plantes (Hucl et Backer, 1989 ; Davidson et Chevalier, 1990).

D'après Chennafi (1996), certains apports d'eau affectent positivement le rendement et augmentent le nombre des talles. Néanmoins, une irrigation après une période de sécheresse anime le tallage et permet une révision du nombre d'épis par la montée des talles tardives (Debaeke et al., 1996a).

Lorsque les jours se rallongent, le tallage est trop rapidement abrégé par le début de la montaison et, en plus, le blé n'a jamais assez de temps pour accumuler de la matière sèche en réserve. Ceci va accroître la compétition entre les talles et diminuer la fertilité des rares épis qui auront réussi à monter (Bonfils, 2000).

4. NOMBRE D'ÉPILLETS TOTAL PAR ÉPI

Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi sont représentés dans le tableau 09 et illustrés par l'histogramme figure 08.

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau09 : Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi.

Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 05	19,663	A	0,004 HS	4,173
Lignée 06	19,457	A		
Lignée 03	19,290	AB		
BIDI 17	18,747	ABC		
Lignée 04	18,707	ABC		
EL FASSI	18,417	ABC		
SIMETO	17,330	BC		
Guemgoum Rkhem	16,790	C		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les moyennes de différents traitements (populations) ; ($0.0010 < P < 0.010$). $\alpha = 5\%$

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en cinq (5) groupes homogènes. La lignée 05 et lignée 06 ont enregistré le nombre d'épillets par épi le plus élevé, avec respectivement 19,63 et 19,45 épillets/épi et pour cela elles ont été considérées comme meilleures populations et regroupées seules dans le groupe homogène (A). Par opposition la population paysanne Guemgoum Rkhem a enregistré un nombre d'épillets par épi le plus bas avec 16,79 épillets/épi et classée dans le groupe homogène (C).

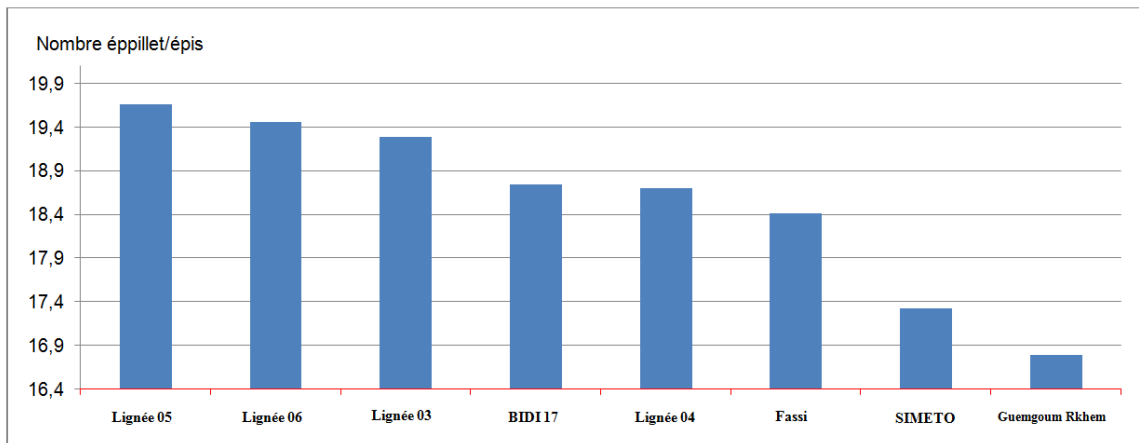


Figure 08 : Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi.

Le nombre d'épillets est surtout fonction de la somme des températures entre les stades début tallage et l'épi à 1 cm ainsi que la durée du jour.

Cette composante est sous le contrôle de l'alimentation en eau de la plante et la photopériode.

GATE (1995) souligne que le nombre d'épillets atteint le stade B2 (proche du stade épi 1 cm) dépend simultanément de la durée de la formation des ébauches.

Jardat (1986), note que le nombre élevé d'épillets par épi est associé à une épiaison tardive.

La régression des talles provoquée par le déficit hydrique est apparente sur les épillets de la base et elle concerne les talles moins développées (Gate, 1990). Le nombre d'épillets est surtout fonction de la somme des températures entre les stades début tallage et l'épi à 1 cm ainsi que la durée du jour. Cette composante est sous le contrôle de l'alimentation en eau de la plante et la photopériode.

Ce nombre d'épillets, souvent de 12 à 15 en grande culture, alors qu'il est de 18 à 22 dans les pépinières de l'INRA, montre également que les semis sont à la fois trop tardifs et trop serrés. Il est fréquent que 2 à 4 épillets situés à la base de l'épi soient avortés (Bonfils, 2000).

HAUTEUR À L'ÉPIAISON

Les résultats de la hauteur à l'épiaison sont représentés dans le tableau 10 et illustrés par l'histogramme figure 09 .

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 10: Les résultats relatifs à la hauteur à l'épiaison.

Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 05	105,567	A	0,0000 THS	4,590
Lignée 03	100,263	AB		
El Fassi	95,110	BC		
Lignée 06	93,460	BC		
Bidi 17	91,387	BC		
Lignée 04	88,913	C		
Simeto	79,733	D		
Guemgoum Rkhem	77,513	D		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes de différents traitements (populations); ($0.0000 < P < 0.0010$). $\alpha = 5\%$

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en cinq (5) groupes homogènes. La lignée 05 a enregistré la valeur de l'hauteur à l'épiaison la plus élevée avec 105,56 cm et classée seule dans le groupe homogène (A). Par opposition la population paysanne Guemgoum Rkhem a enregistré l'hauteur à l'épiaison la plus basse avec 77,51 cm, classée dans le groupe homogène (D).

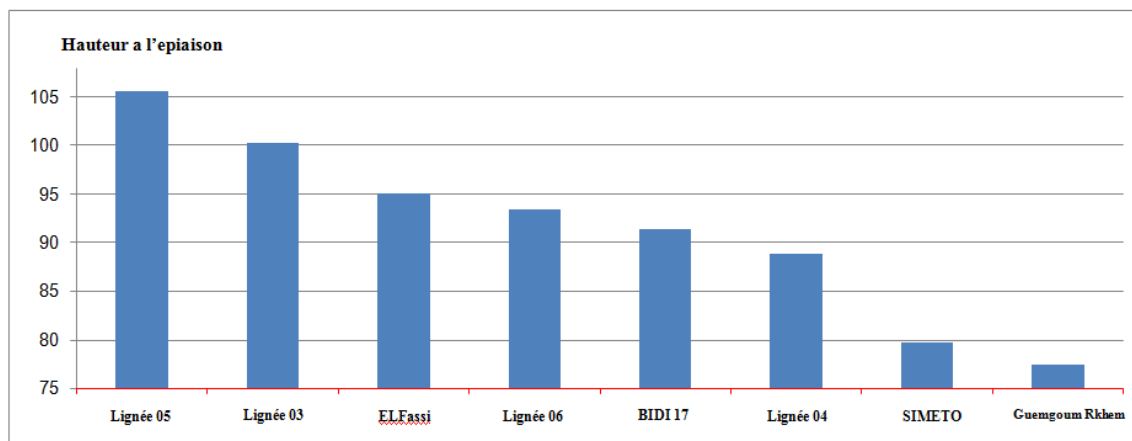


Figure 09 : Les résultats relatifs à la hauteur à l'épiaison.

Les valeurs moyennes de la hauteur des populations testées, nous amènent à les qualifier de pailles moyennes.

La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement dans les zones arides, ceci s'expliquerait par la paille haute qui s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure (Bagga et al., 1970). Les plantes à enracinement superficielle et peu dense souffrent plus du déficit hydrique que ceux à enracinement profond (El hassani et Persoons, 1994).

Dans les blés modernes, les variétés courtes atteignent déjà des tailles d'environ (70 à 80 cm). Cette hauteur correspond à celle qui devrait théoriquement permettre les meilleurs rendements et éviter des dégâts aux moissonneuses-batteuses lors des récoltes (Flintham et Gale, 1983).

Mekliche (1983) trouve une liaison positive et très hautement significative entre le rendement et la hauteur de la paille : les plantes courtes sont plus productives que les plantes à paille haute. Ceci s'exprime que les premières ont une capacité de tallage importante, chaque talle va s'allonger et mettra une inflorescence et ce qui augmente le peuplement épi, par conséquent, on assiste à un accroissement du rendement.

Il est à noter que la hauteur élevée des pailles constitue un avantage important en favorisant une bonne résistance à la sécheresse, ceci s'expliquerait d'une part : par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait d'autres part à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure (Bagga et al. ,1970).

Selon Monneveux et al (1986), c'est grâce au constituant glucidique qu'elle conserve et que contribuent à l'élaboration de la matière sèche des grains en cas de déficit hydrique.

Fisher et Maurer (1978) mentionnent que les blés hauts ont un indice de sensibilité à la contrainte hydrique plus faible comparativement aux blés nains et semi - nains.

L'inconvénient de cette hauteur élevée de paille est le risque de la verse mécanique causée par les vents violents et les pluies torrentielles.

En Algérie, la majorité des variétés cultivées de blé dur sont à paille longue. L'agriculture algérienne a toujours tendance de préférer ces dernières à cause de leur rentabilité en paille, servant pour l'alimentation de bétail.

5. COMPOSANTES DE RENDEMENT

5.1.NOMBRE D'ÉPIS PAR MÈTRE CARRE

Le tableau 11 et l'histogramme figure 10 nous montrent les résultats relatifs au nombre d'épillets par mètre carré.

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 11: Les résultats relatifs au nombre d'épis par mètre carré.

Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 05	264,373	A	0,001 HS	15,774
Lignée 04	242,917	AB		
El Fassi	233,333	AB		
Lignée 03	228,750	AB		
Lignée 06	190,833	ABC		
Bidi 17	178,333	BC		
Guemgoum Rkhem	131,873	C		
Simeto	124,167	C		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les moyennes de différents traitements (populations); ($0.001 < P < 0.01$). $\alpha = 5\%$

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en cinq (5) groupes homogènes. La Lignée 05 a été classée comme le meilleur génotype regroupée dans le groupe homogène (A) avec un nombre d'épis par mètre carré de 264,37. Par ailleurs la variété Simeto a donné le nombre le plus faible d'épis par mètre carré qui est proche de 124,1 et classée seule dans le groupe homogène (C).

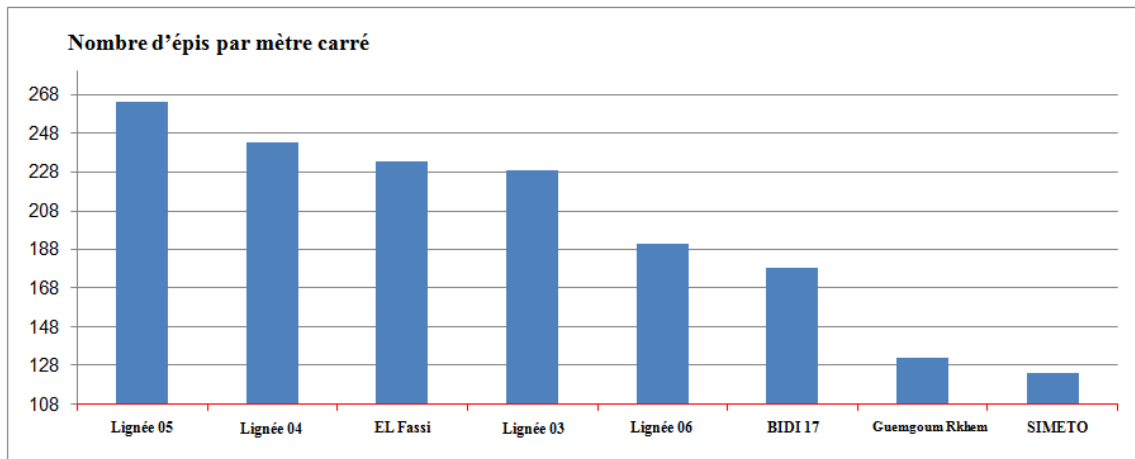


Figure 10 Les résultats relatifs au nombre d'épis par mètre carré.

Selon Zair (1994), le nombre d'épis par mètre carré 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.

La densité épi dépend directement du nombre de plantes levées et du tallage (C.R.E.A.B, 2008).

De son côté Couvreur (1985), indique que le nombre d'épis/m² est lié à l'état de la végétation à la sortie de l'hiver (nombre des plantes et l'état de tallage).

D'après Belaid (1986), ce caractère est influencé par les caractéristiques variétales, le peuplement, l'azote, l'eau disponible dans le sol, ainsi que la régression au tallage épi et tallage herbacé.

Les travaux de Jonard et Koller (1951) cités par Combe et Picard, (1994), ont mis en évidence l'existence de "compensation" d'un faible nombre de plantes par une augmentation du nombre d'épis par plante et des composantes du rendement suivantes.

Benjemaa (1977), note que l'augmentation du nombre d'épis, produit par unité de surface, se traduit par une diminution de leur fertilité.

Combe et Picard (1994), cité que le nombre d'épis est particulièrement affecté par la nutrition du peuplement au début de la montaison.

Debaeke et al., (1996b), montrent que le déficit hydrique pendant la montaison provoque une réduction de l'indice foliaire et le nombre d'épi par mètre carré, et affecte peu le nombre d'épillets totaux par épi.

Selon Gate et al., (1992), le nombre d'épis subira une forte diminution si le déficit hydrique intervient durant la phase de montée des épis.

L'apparition d'un déficit hydrique au début de la montaison a pu réduire d'environ 10 à 25% le nombre d'épis, ce qui peut être compensé par des composantes ultérieures. Cette compensation dépend du parcours d'élaboration du rendement et des processus physiologiques liés au génotype (Benbelkacem et Kellou, 2000).

6.2 . NOMBRE DE GRAINS PAR ÉPI

Les résultats de nombre de grains par épi sont représentés dans le tableau 12 et illustrés par l'histogramme figure 11.

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 12 : Les résultats relatifs au nombre de grains par épi

Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 05	73,958	A	0,021 DS	9,576
Lignée 06	71,207	AB		
Lignée 03	62,542	AB		
El Fassi	61,125	AB		
Simeto	59,167	AB		
Ligne 04	58,748	AB		
Bidi17	58,000	AB		
Guemgoum Rkhem	55,917	B		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence significative entre les moyennes de différents traitements ($0.0100 < P < 0.05$). $\alpha = 5\%$

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en trois groupes homogènes (A, AB, B).

La lignée 05 a enregistré la meilleure performance pour le nombre de grains par épi, classé dans le groupe homogène (A) avec 73,958 grains/épi. Les variétés (Lignée 06, Lignée 03, El Fassi, Simeto, Ligne 04 et Bidi17) ont un nombre de grains par épi compris entre 71,207 et 58,000 grains/épi classés toutes dans le même groupe homogène (AB). La variété paysanne Guemgoum Rkhem a enregistré un faible nombre des graines par épis.

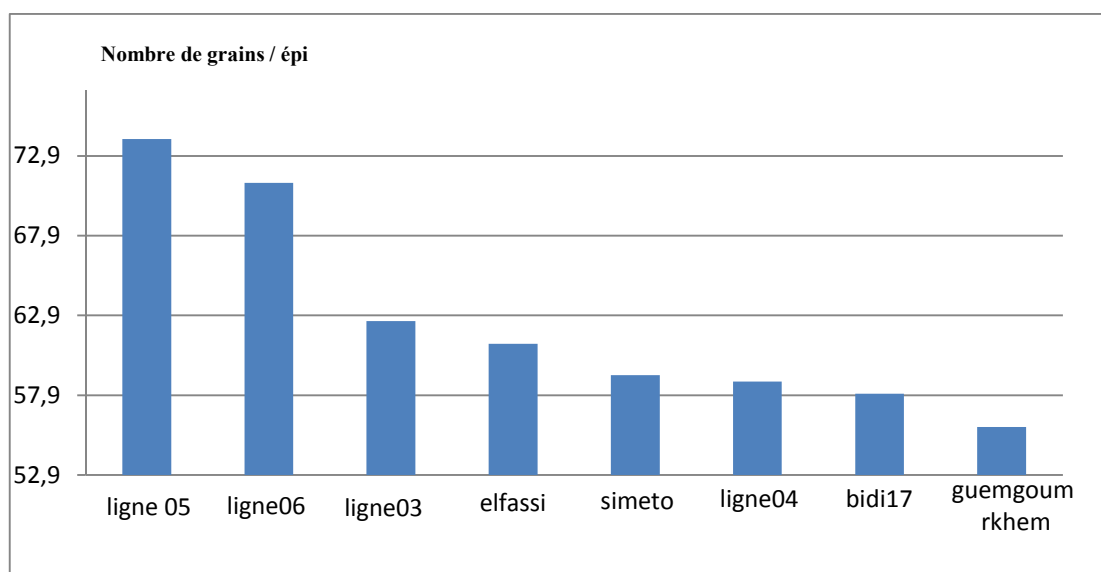


Figure 11 : Les résultats relatifs au nombre de grain/épis.

Le nombre de grains par épis est déterminant dans la formation des composantes de rendement. Il est fonction du nombre d'épillets par épi, d'un taux d'avortement des organes floraux et de la réalisation de la fécondation. Il est donc lié à la fertilité de l'épi et constitue un grand facteur du rendement à l'unité de surface.

Le nombre de grains par épi est selon Fisher (1985b) surtout sensible aux variations de nutrition pendant les semaines de croissance active de l'épi (3 ou 4 semaines avant l'épiaison).

Selon Jonard (1980), cité par Belaid (1986), le nombre de grains par épi est influencé par des facteurs trophiques dont l'azote est l'un des principaux éléments.

Une carence en azote au moment de la fécondation réduit le nombre de grains par épi, en augmentant le nombre de fleurs avortées, (Gâte, 1995).

Selon Gâte (1987), le déficit hydrique en période de montaison affecte le nombre d'épis et surtout sa fertilité. Il indique aussi que les quelques jours qui suivent la floraison sont une phase délicate pour la réalisation du nombre de grains par épi. Selon le même auteur, ce paramètre dépend aussi de la date de semis et de la phase (A-B) de Jonard où se détermine le nombre d'épillets et les conditions d'alimentation en eau et en azote

D'après Melki et al. , (1996), la fertilité de l'épi est contrôlée par la température moyenne de la phase épiaison maturation et en second lieu par la durée de jours de cette même phase. Plus la température moyenne augmente, moins est important le nombre de grains par épis, contrairement la durée de jours est associée positivement à cette composante de rendement.

Achouri (1985) constate que l'augmentation des doses de semis diminue le nombre de grains/épi.

6.3. RENDEMENT REEL

Les résultats de rendement sont représentés dans le tableau 13 et illustrés par l'histogramme figure 12.

Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 13: Les résultats relatifs rendement.

Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 04	63,997	A	0,001 HS	22,131
El Fassi	61,807	A		
Lignée 03	57,503	AB		
Lignée 05	54,420	ABC		
Ligne 06	50,320	ABC		
Bidi17	34,587	BCD		
Simeto	30,787	CD		
Guemgoum Rkhem	19,887	D		

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les moyennes de différents traitements (populations); ($0.001 < P < 0.01$). Donc l'expression de rendement est sous l'effet de facteur génétique.

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en six (6) groupes homogènes. La Lignée 04 et El Fassi ont enregistré le rendement le plus élevé avec

respectivement 63,99 et 61,80 qx /ha classés dans le même groupe homogène (A) Par ailleurs la variété Guemgoum Rkhem a donné un rendement le plus faible avec 19,88 qx /ha classée seule dans le groupe homogène (D).

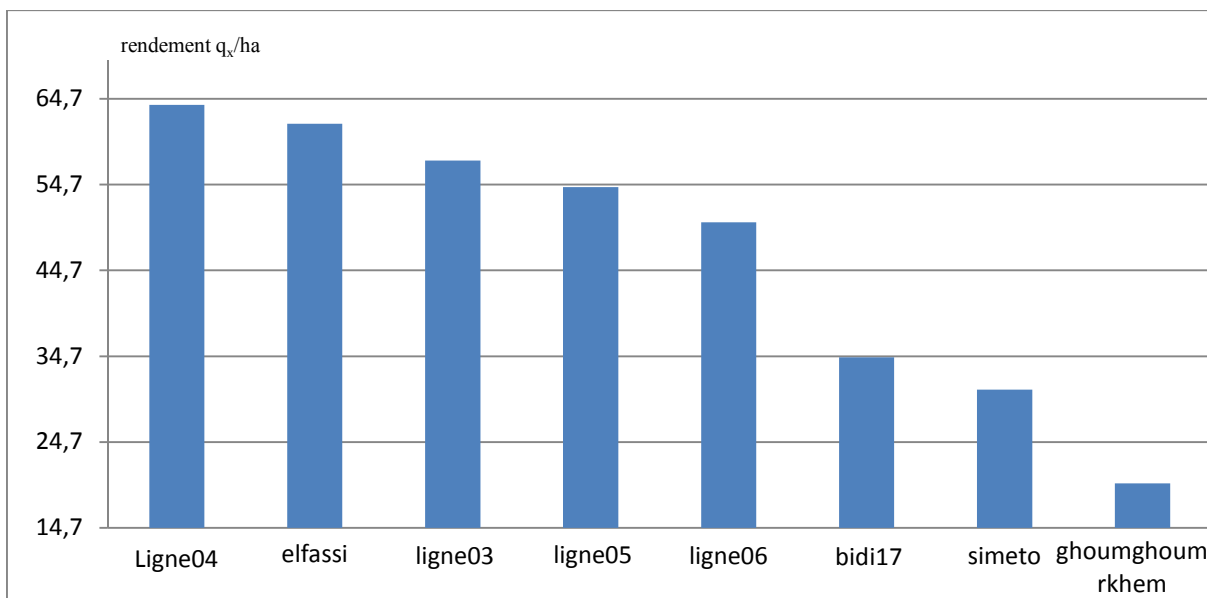


Figure 12: Les résultats relatifs au rendement

Le rendement s'élabore tout au long du chaque cycle de la culture, ainsi chaque stade du développement du blé se constitue d'une composante du rendement, valeur de ce composant dépend des composantes ultérieurement formées. (Meynerd et Sebellote, 1983).

Le rendement en grain par plant est conditionné par le potentiel génétique de la variété, mais aussi par les conditions agro-climatiques et la conduite culturale, il est la finalité de tout travail d'amélioration des plantes (El Hakimi, 1995).

D'après Monneveux (1991), le choix de l'aptitude génétique du rendement comme un critère de sélection, s'avère justifiée là où les conditions du milieu permettent l'expression de cette aptitude.

Par contre, dans des conditions de contraintes environnementales importantes, le rendement en grain ne peut pas être retenu comme critère de sélection.

CONCLUSION

Conclusion et perspectives

Ce travail s'est intéressé à la valorisation de la diversité variétale et une identification des potentialités génétiques par les paramètres phénotypiques, morphologiques et physiologiques de huit populations du blé dur en conditions biologiques dans un milieu aride. Le but de cet essai est donc d'identifier et de sélectionner des variétés de blé potentiellement productives en agriculture biologique et qui se caractérisent, aussi par une bonne adaptation et une stabilité de rendement.

Une première étape d'analyse de performances des huit populations de blé dur pendant cette années d'essai dans un jardin privé situé dans l'oasis de centre-ville de Laghouat a permis de faire une distinction et un classement en fonction de chaque paramètre. Cette première étape d'analyse indique l'existence d'une grande diversité de réponse au niveau de site d'étude.

Parmi les paramètres étudiés, nous avons pu uniquement enregistrer que six se rapportent à l'aspect génétique, à savoir le nombre de talles herbacées, nombre d'épillets par épi, le nombre d'épis par mètre carré et la hauteur à l'épiaison, nombre de grain par épis et le rendement. Cela s'explique par la présence de l'effet génétique sur l'expression de ces caractères.

Pour l'ensemble des paramètres que nous avons étudié, nous avons constaté que les deux lignées pures (4 et 5) et la population paysannes El Fassi ont exprimé de bonnes performances par rapport aux autres variétés testées.

L'adoption des techniques culturales basées sur la conservation maximum de l'humidité de sol qui permettent une bonne installation des cultures, ainsi que le bon choix des variétés adaptées permettraient de garantir à l'agriculteur de ces zones difficiles une production sur et rentable. Le choix de l'aptitude génétique n'est pas à écarter, c'est surtout l'interaction génotype-milieu dont dépendra la productivité.

Il est recommandé de faire d'autres paramètres de production ainsi que l'analyse technologique du grain afin de faire un bon choix et de sélectionner les variétés qui répondent mieux aux contraintes de milieu.

Il est intéressant de donner plus de moyens pour une recherche agronomique efficace qui puisse mettre à la disposition de nos agriculteurs un matériel végétal performant et productif.

Ce n'est que le jour où l'on connaîtra avec précision le matériel végétal existant où l'on pourra préconiser une gamme de variétés adaptées au terroir tout en respectant

l'environnement. On pourra ainsi affirmer que nos rendements ne sont en fonction que l'adaptation des variétés à l'environnement et pas de l'adaptation de l'environnement aux variétés.

L'utilisation des variétés anciennes, dont les variétés paysannes, constitue une piste intéressante pour renouer l'attachement de l'agriculteur à sa terre.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbas K., Abdelguerfi A, 2005.** Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides. *Fourrages* 184: 533-546.
- Abbassenne F., Bouzerzour H., Hachemi L, 1998.** Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf) en zone semi-aride d'altitude. *Annales Agronomique INA*, 18 : p24-36.
- ACIA, 2006.** La biologie de *triticum turgidum* ssp *Durum*. Agence Canadienne d'Inspection des Aliments, 12 p. (En ligne) [http:// www. Inspection. gc.ca/français/ paveg/bio/dir/dir0607f. Shtml](http://www.inspection.gc.ca/français/paveg/bio/dir/dir0607f.shtml).
- Al-Khatib K and Paulsen GM, 1984.** Mode of high temperature injury to wheat during grain development. *Physiol Plant*, 61: 363–8
- Allan R.E, 1987.** «Wheat» Principles of Cultivar Development. Dans W R Fehr, dir pub. Vol 2. Crop Species, Macmillan, New York, p 699-748.
- ALLARD R W et al, 1968.** The genetics of inbreeding populations. *Adv genet* 14: 55-131.
- Allard R W, 1960.** Principles of plant breeding. Lohn Wiley and sons, *Inc*, New York.
- Annicchirico P., Bellah F et Chirari T, 2006.** Repeatable genotype x location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. *Eur. J. Agron.* 24: 70–81 p.
- Anonyme, 2000.** Etude de l'apparition variétale des céréales cultivées en Algérie. *Céréaliculture* n°31. 17_22 p
- Bacon J ; Clifton C ; Connor D ; Felder A ; Foster S ; Graue J ; Loyer J ; Moorachian M ; Rabb C ; Sandall P ; Santich S ; Stybe K ; Stybe R, 2013.** 500 Plantes comestibles. Histoire Botanique Alimentation. Delachaux et Nistlé, Paris.
- Bagga A.K., Ruwali K N et Asana R D, 1970.** Comparison of responses of some Indian and semi dwarf Mexican wheat to irrigated cultivation. *Indien J, Agri Sci*, 40: p 421-427.
- Bahlouli F., H. Bouzerzour, A. Benmahamed, KL. Hassous, 2005.** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semis arid conditions. *Pak.J. Agron.* 4: p360-365.
- Bahlouli F., Bouzerzour H., & Benmahammed A, 2009.** Etude des mécanismes de stabilité du rendement grain de quelques génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat semi-aride. *Annales de la Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur*, 1 : p1-11.
- Bajji M., Almansouri M., Bouharmont J., Kinet J. M., & Lutts S, 1997.** 6èmes J. Scientifiques du Réseau Biotechnologies Végétales AUFELF.UREF, Orsay.

- Baldy C, 1984.** Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéens. Bull. soc. Botan. Fr 131 (2, 3,4) (Actuel. Botan) 491-499.
- Bedrani S, 2004.** L'alimentation de rue en Algérie : quelques réflexions sur la base d'une enquête visuelle rapide. Alger : Food and Agriculture Organisation (FAO) 2004.
- Belaid D, 1986.** Aspect de la céréaliculture Algérienne. Edition OPU, Alger, 207 pages.
- Belaid D, 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications.
- Belaid D, 2000.** The economics of durum wheat production in WANA: Past trends and future prospects. In: Proceedings of the symposium Blé 2000. Enjeux et strategies. P49-70.
- Benbelkacem A et Kellou K, 2000.** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie. In Royo C. Ed Nachit M. (ed), Di Fonzo N. (ed), Araus J.L. (ed). *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges*. Zaragoza: CIHEAM 2000. P 105-110.
- Benbelkacem A., Mekhni M.S. et Rasmuson D.C. 1984.** Breeding for high tiller number and yield in barley. *Crop Sci.* 24: p 968-972.
- Benbelkacem A., Sadli F., & Brinis L, 1995.** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Zaragoza: Ciheam, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 22 : p 61-65.
- Bendjemaa O, 1977.** Contribution à l'étude de l'élaboration de rendement de quelques variétés de blé dur fonction des conditions de semis dans les conditions écologiques de la station d'El Khroub.
- 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. *Biotechnol Agron Soc. Environ* 14: p 177-186.
- Bennaceur M., Chorfi M., Rahmoune C., ElJaafri S et Opaul R, 1997.** Potentialités de production de quelques variétés de blé dur (*Triticum drums* Desf.) au Maghreb. *Rev Sci Technol Univ. Constantine*, n°8 : p 69-74.
- Bonfils M, 2000.** Culture de blé d'hiver dans le respect de la plante et du sol. Ed Las Encantadas. 59 p.
- Bouharmont J, non daté.** Création variétale et amélioration des plantes. Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique. 208 p.
- Boujnah M., Abecassis J., Bakhella M., Amri A., Ouassou A., Nachit M., Chaurand M., et Jaouhari A, 2004.** Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. *AL AWAMIA III*. Vol. 1 N. 3. Eté 2004.

- Boulal H., Zaghouane O., El mourid M et Rezgui S, 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Co-edition ITGC/INRA/CARDA. 176 pages.
- Bourgin J et al, 1967.** Obtention de *Nicotiana* haploïdes à partir d'étamine cultivées in vitro. *Ann Physiol Veg* 9 : p 377-82.
- Bourras A, 2001.** Evolution des qualités organoleptiques et nutritionnelles de trois variétés d'orange durant la conservation à 4°C. Mémoire de Magister en science agronomique. Option : physiologie végétale.
- Bouthiba A., Debaeke P., Hamoudi SA, 2010.** Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. *Irrigation Science* 26: p239-251
- Bouzerzour H., Refoufi B, 1993.** Effect of sowing date and rate, and site environment on the performance of barley cultivars grown in the Algerian high plateaus. *Rachis* 11: p19-24.
- C.R.E.A.B. Midi-Pyrénées, 2008.** Résultats de L'essai variétés de blé en agriculture biologique. Du Conseil Régional de Midi-Pyrénées du compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural » géré par le Ministère de l'agriculture et de la pêche. LEGTA Beaulieu 32020 AUCH Cedex 9. 12 p.
- Calderini DF., Reynolds MP, 2000.** Changes in grain weight as a consequence of de-graining treatments at pre- and postanthesis in synthetic hexaploid lines of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 27: 183-191.
- Calvel R, 1968.** La boulangerie moderne. Boulangerie, farine, fermentation, pain, viennoiserie. 5^{ème} édition, paris : Eyrolles.
- Canterll R G., & Haro Arias E S, 1986.** Selection for spikelet fertility in a semi dwarf durum wheat populations. *Crop Sci.*, 26: p 691-693.
- Channafi H, 1996.** Optimisation de l'appoint d'eau aux différents stades végétatifs sur trois variétés de blé dur : cas des hautes plaines stauffiennes. Thèse Magister, INA, El Harrach. 62 p.
- Chenaffi H., Aïdaoui 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: p 854-860.
- CNCC, 2015.** Centre national de contrôle et certifier des semences et des plantes
- Combe L., Piccard D, 1994.** Élaboration du rendement des principales cultures annuelles. INRA, Paris 32, 36p.

- Cook J., Johnson A., Allan R E, 1991.** Le Blé. Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développement économiques, Belgique, pp 27-38.
- COOK R.J., VESETH R.J, 1991.** Wheat Health Management. APS Press, St. Paul, Minnesota. **DOUSSINAULT, B., A. DELIBES, R. SANCHEZ-MONGE, et F. GARCIA OLMEDO (1983),** «Transfer of a dominant gene for résistance to eyespot disease from a wild grass to hexaploid wheat», *Nature*, vol. 303, pp. 698-700.
- Couvreur F, 1985.** Formation du rendement du blé et risque climatiques.
- Davidson D J et Chevalier P M, 1990.** An thesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Sci* : 30: p 832-836.
- De Buyser J et al, 1979.** Androgénèse chez le blé tendre en cours de sélection. L'obtention des plantes in vitro. *Z Pflanzenzuchtg* 83 : p 49-56.
- De la perrière R A B, 2014.** Semences paysannes, plante de demain. Edition : Charles Léopold Mayer. 226 pages.
- Debaeke P., Casals M. et Puech J. 1996a.** Elaboration du blé d'hiver en condition de déficit hydrique. II, Epis phase-blé, 16. 25-46 p.
- Debaeke P., Casals M. et Puech J. 1996b.** Elaboration du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique : Etude en limetiers, In agronomie. N° 16-2. Elsevier. INRA.
- Demarly Y et Sibi M, 1996.** Amélioration des plantes et biotechnologies. 2^{ème} ED John Libbey Eurotext, université des Paris sud, France. p 151.
- Demarly Y, 1977.** Génétique et amélioration des plantes. ED Masson, université des paris France. 287p.
- Dixon J, 2007.** The Economics of Wheat: Research challenges from field to fork, in H.T. Buck et al. Ed: Wheat Production in Stressed Environments. 9-22 p.
- DJiar H, 1988.** influence de la densité des semis en relation avec la fertilisation azotée sur une variété de blé tendre dans la région de Boira.
- DPAT, 2013.** Monographie de la wilaya de Laghouat. Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (D.P.A.T) 2014. 193 p.
- Ducellier L, 1931.** Espèces et variétés de céréales cultivées en Algérie. Direction de l'agriculture et de la colonisation. 130pages.
- El bay F, 2013.** Etude des composantes du rendement de blé dur. Rapport de fin de stage. Université d'Ammar Téliidji, Laghouat. 29 p.

- El- Hakimi, 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.
- El hassani TA et Persoons E, 1994.** Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. (Ed). AUPELF-UREF : 544 p.
- Errox J, 1974.** Agronomie méditerranéenne. Tome 1. le milieu méditerranéen et ses problèmes. Les cultures vivrières en Algérie. 387p.
- Essad S, 1957.** la polyploïdie et ses aspects évolutifs en relation avec l'améliorations des plantes . Ann Amélior plantes 1957; 7: 199-226.
- Evers T et Millar S, 2001.** Cereal grain structure and development some implications for quality. Journal of cereal science 36 (2002): 261-284.
- FAO, 2007.** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).
- FAO stat, 2011.** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations.
- FAO, 2012.** Decent rural employment for food security: a case for action. Rome.
- Feillet P, 2000.** Le grain de blé (composition et utilisation), Ed IARA, P57-281.
- Fischer R.A ET Maurer R, 1978.** Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yieldresponses. Aust, J, Agri, RES, 29: p 105-912.
- Flintham J.E. et Gale M.D, 1983.** The Tom Thumb dwarfing gene in wheat, 2. Effects on height, yield and grain quahty. Theor Appi Genêt. 66:249-256 p.
- Fordyce J. A, 2006.** The evolutionary consequences of ecological interactions mediated thought phenotypic plasticity. *J Exp. Biol*, 209: 2377-2383.
- Fredot E, 2005.** Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Tec et doc, Lavoisier : 10-14, 397 pages.
- Gallais A, 2009** -Hétérosis et variétés hybrides en amélioration des plantes, Ed. Quae Nancy, France, 356p.
- Gallais A, 2013.** Savoir-faire De la domestication à la transgénèse. Évolution des outils pour l'amélioration des plantes Ed. Quae, Nancy France, 175p.
- Gallais A, 2013.** Savoir-faire méthodes de création de variétés en amélioration des plante, Ed. Quae, Nancy, France, 278p.

- Gallais, 2015.** Évolution des méthodes et outils de sélection de Louis de Vilmorin à aujourd'hui De la sélection phénotypique à la sélection génotypique. Communication, membre de l'Académie d'Agriculture de France. 7p.
- Gate P. 1990.** Adaptation of cereals in the altitude condition of the ETA. Perspectives Agricola : n° 147, 51-64 p.
- Gate P, 1995.** Ecophysiologie du blé, de la plante à la culture. Lavoisier Tec and Doc. Paris, 430 p.
- Gate P., Bouthier A., Casablanca H et Deleens E, 1992.** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA. Les colloques N° 64.
- Gnis, 1985.** Génétique, sélection et semence. Classeur de transparents. www.gnis-pedagogie.org
- Grignac P, 1977.** Le Blé dur: monographie succincte. Annals de l'INA 1978. 15p. Grosch W, 1986. Redox system in dough. Chemistry and physics of baking J.M.V. Blanshard, P.J. Frazier and T. galliard. Ed Royal Society of Chemistry, London.
- Guerfi Y., Lounes A, 2010.** Contribution à l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur en vue de leur inscription au catalogue officiel national. Mém Ing Agr, Uni Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie. 100 p.
- Guha S et Maheshwari SC al 1964.** In vitro production of embryos from anther of *Datura*. Nature; p 204-497
- Guha S, 1966.** Cell division and differentiation of embryo in the pollen grain of *Datura* in vitro. Nature; 212: p 97-8.
- Hacini N. 2014.** Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. Thèse de doctorat en biologie végétale : Faculté des sciences, Université badji Mokhtar, Annaba. 135 p.
- Hadj Youcef Taibi H., Khaldoun A., & Mekliche A. 2003.** Etude comparative de la tolérance à la sécheresse de 08 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) est de 04 variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) Analyse de la stabilité du rendement avec étude multilocale. Céréaliculture, N°38 : 26-30.
- Hakimi M, 1993.** L'évolution de la culture de l'orge : le calendrier climatique traditionnel et

les données agro météorologiques modernes. In the agrometeorology of rainfed barley-based farming systems. Proceeding of an International symposium .Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D. 157 -166.

Handoufe A, 1998. Réponse du blé à l'azote en zone semi-aride. Thèse de Doctorat. Toulouse, France.

Hazmoune, 2000. Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie : perspectives. *In*: Royo C. (ed.), Nachit M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Zaragoza : *CIHEAM*. p. 291-294 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40).

Hervieu B., Capone R., Abis S, 2006. The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. *Ciheam analytical note*, N°9: 14 pages.

Hucl P et Baker R.J, 1989. Tillering patterns of spring wheat genotypes in semi-arid environment. *Can J Plant, Sci*, 69:71-79 p.

ICE.2011. https://www.theice.com/publicdocs/futures_Canada /ICE_Durum_Wheat_white_paper.pdf

ITGC. 2001. Institut technique de grande culture

Jackson P., Robertson M., Cooper M et Hammer G, 1996. The role of physiological understanding in plant breeding, from a breeding perspective. *Field Crops Research*, 49: 11-37.

Jardat A, 1986. Phenotype divergence for morphological and yield traits among from Jordan. *Revue en Phytica* n°52.

Jonard P, 1964. Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Annal de l'amélioration des plantes*, p101-130.

Kadi Z, 2012. Selection de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour la tolérance aux stress abiotiques.

Thèse de Doctorat en Science. Département d'Ecologie et Biologie végétale. Université Sétif. 126p.

Kahel N, 2012. Remontée de la filière céréales pour une sécurité alimentaire, Réunion du comité interprofessionnel des céréales (OAIC). 5 p.

Karou M., Haffid R., Smith DN., Samir K, 1998. Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early-season drought. *Agronomie* 18, p181-186.

- Kellou Rym, 2008.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. (Master of Science, IAMM 2008, Série Thèses & Masters n°93).
- Kent, N. L., Evers, A. D, 1994.** Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture. Wood Head Publishing, 334 p.
- Kimber G et Riley R, 1963.** Haploid angiosperms. Bot Rev .1963: p480-531.
- KREMER A, 1986.** Méthodes et stratégies de sélection. Laboratoire d'Amélioration des Arbres forestiers (I.N.R.A.), vol 38 : p 89-90.
- Large EC, 1954.** Growth stages in cereals. Illustration of the feekes scale. Plant pathology 3, p128-129.
- Le Clech B, 2000.** Production végétale. 2^{ème} édition. Imprimerie La plante, France. 412p.
- Madr. 2011.** Bulletin statistiques de la campagne 2009-2010. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 23 pages.
- MADR, 2012.** Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Série B.
- Mazouz L. 2006.** Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. *Thèse de magister. Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 65 pages*
- Mefti A., A. Abdelguerfi, A. Chebouti. 2000.** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). *Field Crops Research* **66**: 165-174.
- Mekhlouf A., & Bouzerzour H, 2000.** Déterminisme génétique et associations entre le rendement et quelques caractères à variation continue chez le blé dur (*Triticum durum* desf.). *Recherche Agronomique (INRAA)*, 7 : p 37-49.
- Mekhlouf A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Hadj Sahraoui, N. Harkati. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse*, 17 : 206-2013.
- Monneveux Ph., et Nemmar M, 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L) et chez le blé dur (*Triticum drums* Desf). Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6(6), p583-590.
- Monneveux Ph. 1989.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journée scientifique de l'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride.

- Monneveux P & This D, 1997.** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, 8 : p29-37.
- Mekliche H.L, 1983.** Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé Tender cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach, 150 p.
- Merzoug S, 2014.** La mise en valeur des terres et la problématique de l'eau agricole dans les régions arides-cas de wilaya de Laghouat. Mémoire d'ingénieur en production et amélioration des plantes : Université Amar Téliidji-Laghouat. P 76.
- Meynard J.M., Sebillotte M, 1983.** Diagnostic sur les causes de variations du rendement du blé dans une petite région. 23ème Colloque de la Société Française de Phytopathologie "La fatigue des sols". Les Colloques de l'INRA, 17. p 157-168.
- Moule C, 1971.** Fourrages tome 1. Phytotechnie spéciale (FRA). 189 pages.
- Murray Nabors, 2009.** Biologie végétale. Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies. Ed Nouveaux Horizons, Pearson Education France, Paris. 614 pages.
- NADJEM K, 2012.** Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride Mémoire, mag, Agr, Uni Ferhat Abbas , Sétif, Algérie , 131p.
- Naville M, 2005.** La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé, Paris, Université Paris XI. 20p.
- Nouar H., Haddad L., Laala Z., Oulmi L., Zerargui H., Benmahammed A., Bouzerzour H, 2010.** Performances comparées des variétés de blé dur : Mohammed Ben Bachir, Waha et Boussalem dans la wilaya de Sétif. *Céréaliculture*, 54: p 23-29.
- O.N.M, 2017.** Office National de Météorologie. Donnée météorologique de wilaya de Laghouat.
- Oudjani W, 2009.** Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse de magistère en Biologie Végétale : Faculté des sciences de la nature et la vie, Université Mentouri, Constantine. 113 p.
- Pala M., Harris HC., Ryan J., Makboul R., Dozom S, 2000.** Tillage systems and stubble management in a Mediterranean-type environment in relation to crop yield and soil moisture. *Experimental Agriculture*, 36: p223- 242.
- Papadakis J.S, 1938.** Ecologie agricole. Ed Jules Duculot. Gembloux, 303 pages.
- Pena RJ., Pfeiffer WH, 2005.** Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement. In Conxita, R., Nachit, M., di Fonzo, N., Araus, J.L., Pfeiffer, W.H., &

Slafer, G.A. (Eds.). Durum wheat breeding: current approaches and future strategies. Food product press.663-686.

Periquet A, 2002 - Les Plantes Génétiquement Modifiées. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. France. 141p.

Pesson P et Louveaux J, 1984. Pollinisation et productions végétales, INRA. Paris 663 pages.

Rajaram S et Van Ginkel M, 1996, Yield potential debate: germplasm vs. methodology, or both. In M.P. Reynolds, S. Rajaram & A. McNab. Eds. Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers Workshop Proc, Cd. Obregon, Mexico, 28-30 Mar. 1996. Mexico, DF, CIMMYT.

Reynolds M. P., Acevedo E., Sayre K. D. et Fischer R. A, 1994. Yield potential in modern wheat varieties: its association with a less competitive ideotype. *Field Crops Research*, 37: p149-160.

Reynolds M P., Singh R P., Ibrahim A., Ageeb O. A., Larqué-Saavedra A et Quick J.S. 1998. Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments.*Euphytica*,100:p84-95.

Richards R. A, 1991. Crop improvement for temperate Australia: future opportunities. *Field Crops Research*, 26: 141-169.

San LH, 1976. Haploïdes d 'Hordeum vulgare par culture in vitro d'ovaires non fécondés. *Ann Amélior plante* ;26 : p751-4

San LH, 1985. variabilité des haploïdes doublé par androgenèse et gynogenèse in vitro.*bullsocbotfr* ; 3/4 :p23-33.

Sila A. 2012. Durabilité des systèmes de production en zone aride : cas du système d'élevage dans la Wilaya de Laghouat, Mémoire d'ingénieur : Université Amar Telidji-laghouat. 112 p.

Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D, 2005. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.

Soltner D, 2005. Les grandes productions végétales, Phytotechnie spéciale. 20^{ème} édition. Collection sciences et technique agricoles. Paris, France, 472 pages.

Troccoli A., G.M. Borelli, P. De Vita, C. Fares, N. Di Fonzo. 2000. Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. *J. Cereal Sci.* 32: 99-113.

universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.

Véspe R, 1984. Semences des céréales à paille. 29 p.

Wardlaw IF, 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Annals of Botany*, 90, p 469-476.

Weigand C, 2011. Wheat import. Projections towards 2050. U.S. Wheat Associates. 13 p.

Zair M, 1994. L'irrigation d'appoint et fertilisation azotée de blé dur .Céréaliculture

ANNEXES

Annexes

Annexe 01 : photos d'épis du variétés testée (Originale, 2017).



Bidi 17



Simeto



El Fassi



Ligne 03



Ligne 04



Ligne 06



Guemguem Rkhem



Ligne 05

Annexe 02 : les tableaux d'analyse de variance

Analyse de variance du nombre des talles herbacées par plante

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	51,570	23	2,242		
Var. Facteur 1	37,148	7	5,307	7,094	0,001
Var. Blocs	3,949	2	1,975	2,639	0,105
Var. Résiduelle 1	10,474	14	0,748		

Analyse de variance du nombre des talles épi par plant

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	34,506	23	1,500		
Var. Facteur 1	13,512	7	1,930	1,599	0,215
Var. Blocs	4,095	2	2,048	1,696	0,218
Var. Résiduelle 1	16,899	14	1,207		

Analyse de variance du coefficient du tallage.

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	0,500	23	0,022		
Var. Facteur 1	0,252	7	0,036	2,153	0,105
Var. Blocs	0,015	2	0,008	0,451	0,651
Var. Résiduelle 1	0,234	14	0,017		

Analyse de variance du nombre d'épillets total par épi

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	33,534	23	1,458		
Var. Facteur 1	21,828	7	3,118	5,204	0,004
Var. Blocs	3,316	2	1,658	2,767	0,096
Var. Résiduelle 1	8,390	14	0,599		

Analyse de variance de la hauteur à l'épiaison

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	2221,820	23	96,601		
Var. Facteur 1	1896,976	7	270,997	15,365	0,000
Var. Blocs	77,929	2	38,965	2,209	0,145
Var. Résiduelle 1	246,914	14	17,637		

Analyse de variance du nombre d'épis par mètre carré

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	70992,928	23	3086,649		
Var. Facteur 1	56595,532	7	8085,076	8,178	0,001
Var. Blocs	557,011	2	278,506	0,282	0,762
Var. Résiduelle 1	13840,385	14	988,599		

Analyse de variance du nombre des grain par épi

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	1486,465	23	64,629		
Var. Facteur 1	893,140	7	127,591	3,553	0,021
Var. Blocs	90,551	2	45,276	1,261	0,314
Var. Résiduelle 1	502,774	14	35,912		

Analyse de variance du rendement

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	7180,859	23	312,211		
Var. Facteur 1	5507,136	7	786,734	7,377	0,001
Var. Blocs	180,681	2	90,341	0,847	0,452
Var. Résiduelle 1	1493,042	14	106,646		