



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : OULAD MEBAREK Bellal

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES ET BIOTECHNOLOGIE

Thème

**Etude phéno-morphologique de quelques lignées de blé dur
dans la région de Laghouat**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Mme. Marfoua M.	Maitre assistance A.	Président
Mme. Ouaisa N.	Maitre assistance A.	Examineur1
M. AIT SALAH. B	Maitre assistance A.	Rapporteur

Promotion : Juin – 2016

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

المؤطر: ايت صالح بوباك

الإسم: بلال

اللقب: اولادمبارك

ملخص: أجريت التجربة خلال حملة 2016/2015, في حديقة خاصة في نمط مناخي جاف. وتركز الدراسة على سبعة مجموعات من القمح الصلب و التي منها الصنف المحلي Waha, اصناف المزارعين El Fassi, El Bidi, وتخضع لزراعة بدون نظام التسميد مع 12/1 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 الأيام إلى التسنيل, وعدد الفسائل العشبية وعدد السنبيلات / السنبلة وعدد الحبات/السنبلة. اظهرت النتائج تنوع كبير بين الأصناف ورد فعل هذا الأخير في المحيط. مجموعة المزارعين El Fassi والسلالة 02 توجد بشكل عام, وفقا لدراستنا, ذات صلة بمجموعة المزارعين El Bidi لمعظم المعلمات المقاسة, بما في ذلك عدد من السنبيلات / السنبلة وعدد الحبات/السنبلة. يمكن استخدام هاتين المجموعتين لتلبية تطلعات المزارعين فيما يخص محصول الحبوب ويمكن استخدامها كمادة اولية (مصدر الجينات) في البرامج المستقبلية لتحسين القمح الصلب.

كلمات مفتاحية: القمح الصلب, نمط وراثي, صنف المزارع, الجفاف, ظاهرية و شكلية.

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

First name : Bellal

Name : OULAD MEBAREK

Directed by : AIT SALAH. B

Abstract : The experiment was conducted during the 2015/2016 campaign, in a private garden in an arid climate floor. The study focuses on seven populations of *durum wheat*; Waha a local variety, El Fassi El and Bidi indigenous varieties. These varieties were subject to cultivation without fertilization regime with 1/12 days irrigation frequency. Phenomorphological measurements were carried out on plants the main purpose is to identify the genetic expression of these varieties to determine the best genotype. Statistics of the results shows that there is an influence of the variety on the studied parameters, to know the number of spikes / m², number of days to heading, number of tillers, number herbaceous spikelets / ears and number of grains/ear. The results show a significant difference between these varieties and their reaction to the environment. The peasant population El Fassi and the line 02 are generally, according to our study, was more successful in comparison to the peasant population El Bidi, for most measured parameters, including the number of spikelets / ears and number of grains/ear. Using these two populations can meet both the aspirations of farmers' grain yield and can be used as a starting material (source of genes) in future durum wheat breeding programs.

Keywords: *durum wheat*, genotypes, farmers' variety, aridity, phénomorphologie.

Titre du mémoire : Etude phéno-morphologique de quelques lignées de blé dur dans la région de Laghouat

Nom : OULAD MEBAREK

Prénom : Bellal

Encadreur : AIT SALAH. B

Résumé : L'expérimentation a été réalisée durant la campagne 2015/2016, au niveau d'un jardin privé sous un étage climatique aride. L'étude porte essentiellement sur 7 populations du blé dur dont Waha (variété locale), El Fassi et El Bidi (variétés paysannes), soumises à un régime de culture sans fertilisation avec une fréquence d'irrigation de 1/12 jours. Des mesures phénomorphologiques 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. 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 de jours à l'épiaison, le nombre de talles herbacées, le nombre d'épillets /épis et le nombre des grains par épi. Les résultats montrent une diversité marquante entre les variétés et sur la réaction de ces derniers au milieu. La population paysanne El Fassi et la lignée 02 se trouvent globalement, d'après notre étude, pertinentes par rapport à la population paysanne El Bidi pour la plupart des paramètres mesurés, notamment pour le nombre d'épillets/épis et le nombre des grains par épi. L'utilisation de ces deux populations peuvent répondre à la fois aux aspirations des agriculteurs concernant le rendement en grains et peuvent être utilisée comme un matériel de départ (source des gènes) dans les futurs programmes d'amélioration du blé dur.

Mots clés : blé dur, génotypes, variété paysanne, aridité, phénomorphologie.

Dédicace



Ce projet est dédié à:

- Mes parents, ma mère et mon père qui m'ont toujours poussé et encouragé pour terminer ce que j'ai commencé. . .

Mes frères ; Mohammed, Sofiane.

Ma sœur ; Siham et aux les fleurs de la maison, ma très chères petites « Alaa, Rayhane, Fatima El Zahra ».

A Toute ma famille.

Et A Toutes mes amies.

Bellal

Remerciements

اعوذ بالله من الشيطان الرجيم { 264 } مثل الذين ينفقون اموالهم في سبيل الله كمثل حبة انبتت سبع سنابل في كل سنبلة مائة حبة
والله يضاعف لمن يشاء والله واسع عليم { 264 } صادق الله العظيم

Avant toute chose, nous remercions Dieu le tout puissant, miséricordieux et clément, pour nous avoir donné santé, patience, volonté et courage.

الحمد لله

J'adresse tous mes remerciements au Monsieur TOUATI M. et Mme Touati qui ont accepté de m'accueillir au sein de leur jardin, qu'il trouve ici toute ma gratitude pour tous ses conseils et ses orientations pertinentes de cette thèse.

Je voudrais remercier du fond du cœur l'enseignant Mr. AIT SALAH B. qui a encadré cette étude au quotidien. Il fut toujours présent, en particulier lorsque je me suis confrontée au doute, je lui suis reconnaissante pour : sa grande disponibilité, son ouverture d'esprit, son dynamisme et son optimisme, ainsi que pour ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou tout simplement humains.

Je tiens à remercier les membres du jury:

Au président du jury, l'enseignant Mme. MARFOUA M., Maître assistance 'A' et l'adjoint de chef de département d'Agronomie Université Amar THELIDJI-Laghaout, Qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

A l'enseignant Mme. OUAISSA N., Maître assistante classe 'A' et Responsable de spécialité (Master « Amélioration des plantes et Biotechnologie ») Département d'Agronomie Université Amar THELIDJI-Laghaout, pour l'honneur que vous m'avez fait d'accepter de juger ce travail. Veuillez agréer l'expression de ma reconnaissance et de mes remerciements les plus sincères.

Pour la réalisation de ce travail, je voudrais remercier Mr. MOLAI A. enseignant au Département d'Agronomie Université Amar THELIDJI-Laghaout, pour son aide, de m'avoir apporté ses conseils. Pour sa participation active dans mon travail.

Et a tous les enseignants de département agronomique de fait partie de mon chemin pour complétée cette étape de ma vie. Tout respect à vous. MERCI

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 : Abdnour, Chouib, Zaki, Abdelmalek, Bellaal, B.K., A.D., B.A., T.H., T.R., Z.A., pour leurs encouragements et leur amitié et je suis sûre que j'en ai oublié beaucoup !!

Sommaire

Résumé	I
Dédicace.....	III
Remerciements.....	IV
Sommaire.....	V
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures.....	IX
Liste des abréviations et des symboles.....	X
Introduction.....	1

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Données succinctes sur le blé.....	3
1. DESCRIPTION GENERALE DE LA PLANTE.....	3
1.1. Partie végétatif	3
1.2. Partie reproducteur	3
2. ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET GENETIQUE DU BLE DUR.....	5
2.1. Origine géographique.....	5
2.2. Origine génétique	6
3. LE CYCLE DE DEVELOPPEMENT DU BLE ET LES PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES RELATIFS AUX DIFFERANTS STADES PHENOLOGIQUES	8
3.1. La germination	8
3.2. La levée	8
3.3. Le stade « 3-4 feuilles »	9
3.4. Le tallage	9
3.5. La montaison.....	9
3.6. L'épiaison.....	9
3.7. La floraison	10
3.8. Formation du grain.....	10
Chapitre II : Sélection et amélioration de blé	12
1. LA SELECTION	12
2. LES OBJECTIFS DE LA SELECTION	13
3. LES ETAPES DE LA SELECTION	13
4. LES METHODES DE SELECTION	14
4.1. Sélection dans des populations hétérogènes.....	14

4.2. Sélection après hybridation	16
5. AMELIORATION DE BLE.....	22
6. METHODES D'AMELIORATION DE BLE.....	23
6.1. Croisement intra spécifique.....	24
6.2. Croisement interspécifique.....	24
6.3. Croisements diallèles	24
6.4. Transfert de gène (Génie génétique)	24
6.5. L'haplodiploïdisation.....	25
6.6. Androgenèse (culture d'anthers).....	25
6.7. Gynogenèse (culture d'ovaire).....	26

Partie II : Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes.....	27
1. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	27
1.1. Situation géographique.....	27
1.2. Climat.....	27
2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL.....	29
2.1. Le Matériel Végétal.....	29
2.2. L'élaboration de plan d'expérience	30
2.3. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique	32
3. PRESENTATION DES PARAMETRES ETUDIES.....	32
3.1. Nombre de plantes levées par mètre carré	32
3.2. Nombre des talles herbacées par plant	33
3.3. Date d'épiaison (précocité)	33
3.4. Hauteur à l'épiaison	33
3.5. Nombre des talles épi par plante	33
3.6. Coefficient du tallage	33
3.7. Nombre d'épillets total par épi.....	33
3.8. Composantes de rendement.....	33

Partie III : Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion.....	35
1. NOMBRE DE PLANTES LEVEES PAR METRE CARRE.....	35
2. NOMBRE DES TALLES HERBACEES PAR PLANTE	36
3. PRECOCITE	38
4. HAUTEUR A L'EPIAISON	39

5. NOMBRE DES TALLES EPI PAR PLANTE	41
6. COEFFICIENT DU TALLAGE	42
7. NOMBRE D'EPILLETS TOTAL PAR EPI	43
8. COMPOSANTES DE RENDEMENT	45
8.1. Nombre d'épis par mètre carré.....	45
8.2. Nombre de grains par épi.....	46
Conclusion et perspectives.....	49
Références bibliographique.....	51
Annexes.....	61

Liste des tableaux

Tableau 01	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Laghouat en (mm), période (2002-2015).....	27
Tableau 02	Températures moyennes mensuelles en (°C) de la région de Laghouat, période (2002-2014).....	28
Tableau 03	Humidité relative moyenne en (%) de la région de Laghouat, l'année (2015).....	28
Tableau 04	Liste, origine de sélection des différentes variétés et lignées testées.....	29
Tableau 05	Les résultats relatifs au nombre de plantes levées par mètre carré.....	35
Tableau 06	Les résultats relatifs au nombre des talles herbacées par plante.....	37
Tableau 07	Les résultats relatifs à la précocité.....	38
Tableau 08	Les résultats relatifs à la hauteur à l'épiaison.....	39
Tableau 09	Les résultats relatifs au nombre des talles épi par plante.....	41
Tableau 10	Les résultats relatifs au coefficient du tallage.....	42
Tableau 11	Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi.....	43
Tableau 12	Les résultats relatifs au nombre d'épis par mètre carré.....	45
Tableau 13	Les résultats relatifs au nombre de grains par épis.....	46

Liste des figures

Figure 01	Morphologie des graminées (exemple du blé).....	04
Figure 02	Centre d'origine de blé dur.....	06
Figure 03	Origine et diffusion de <i>Triticum turgidum</i>	07
Figure 04	Les différents stades de développement du blé.....	11
Figure 05	Le dispositif expérimental.....	31
Figure 06	Les résultats relatifs au nombre de plantes levées par mètre carré.....	35
Figure 07	Les résultats relatifs au nombre des talles herbacées par plante.....	37
Figure 08	Les résultats relatifs à la date d'épiaison.....	38
Figure 09	Les résultats relatifs à la hauteur à l'épiaison.....	40
Figure 10	Les résultats de nombre des talles épi par plante.....	41
Figure 11	Les résultats relatifs au coefficient du tallage.....	43
Figure 12	Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi.....	44
Figure 13	Les résultats relatifs au nombre d'épis par mètre carré.....	45
Figure 14	Les résultats relatifs au nombre de grains par épi.....	47

Liste des abréviations et des symboles

BAC :	Bloc aléatoire complet.
CADAS :	Académie des Sciences.
CIMMYT:	Le Centre International de Mejoramiento de Maiz y Trigo (maïs et du blé d'amélioration Center).
C.R.E.A.B. :	Centre régional de recherche et d'expérimentation en agriculture biologique.
CV :	Coefficient de variation.
Desf. :	René Desfontaines (abréviation botanique officielle).
DHS :	Distinction, homogénéité et de stabilité.
F :	Hydride ou génération.
FAO :	Food and Agriculture Organisation.
GH :	Groupes homogènes.
ICARDA:	Le Centre international de recherche agricole dans les zones arides.
ITGC :	Institut technique des grandes cultures.
n :	Nombre diploïde.
O.N.M :	Office nationale de Météorologique.
P205 :	acide phosphorique 205.
PPAS :	Plus petite amplitude significative.
Prob, P :	Probabilité.
Réf. Eléc. :	Référence électronique.
SSD :	Single Seed Descend.
VAT :	Valeur agronomique et technologique.

Introduction

Introduction

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (Slama et *al.*, 2005). Parmi ces 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.

Au cours des deux générations du dernier siècle, la population mondiale a augmenté de 90%, tandis que la production alimentaire s'est développée de 115%. Comme avec d'autres cultures vivrières, la productivité du blé a augmenté régulièrement au cours des 40 dernières années grâce à la disponibilité de meilleurs variétés, intrants, marchés et gestion. En raison de la croissance de l'offre, le blé est le plus largement commercé entre les céréales, les prix à la production ont diminué d'environ 40% au cours des deux dernières générations (Dixon, 2007).

Malgré l'augmentation de la production alimentaire par habitant, environ 800 millions de personnes souffrent de la faim et près de 1,2 milliard de personnes vivent au-dessous du seuil de pauvreté international de consommation de 1 dollars par habitant et par jour. Le blé est cultivé sur une grande échelle dans 70 pays et pour de nombreux ménages pauvres le blé est un important article de production ou de consommation. Néanmoins, la sécurité alimentaire mondiale est très fragiles, en particulier en regardant vers le milieu du siècle, parce que selon les prévisions des besoins pour l'alimentation humaine, animale et les utilisations industrielles, la production mondiale de blé devrait augmenter de près de 600 millions de tonnes à environ 760 millions de tonnes en 2020, avec une expansion limitée de la superficie ensemencée (Dixon, 2007).

En Algérie, par l'importance des superficies occupées et par son poids dans la sécurité alimentaire, le secteur céréalier occupe une place importante dans la structure de la production agricole et se détache par sa dimension socio-économique.

Selon FAO (2007), La production de blé dur arrive jusqu'à 200.15 Mt. 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).

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 sept populations du blé dur dont Waha (variété locale), El Fassi et El Bidi (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 toute les informations utiles concernant la région d'étude, matériel végétal utilisé et la méthodologie de travail.

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

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

Partie J

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Données succinctes sur le blé

1. DESCRIPTION GENERALE DE LA PLANTE

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est une plante annuelle de la classe de Monocotylédones de la famille des Graminées, de la tribu des *Triticées* et du genre *Triticum* (Feuillet, 2000). En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feuillet, 2000).

1.1. Partie végétatif

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines coronale qui se forment plus tard à partir le plateau de tallage à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Bozzini, 1988). Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines. Le chaume (talle) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale (Bozzini, 1988). Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation (Clark et al., 2002). Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) (Bozzini, 1988).

1.2. Partie reproducteur

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds (Soltner, 1998). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse (Bozzini, 1988). Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (voir figure 01) (Soltner, 1998).

Le grain de blé est un fruit sec dont les dimensions moyennes sont, de (6 à 8 mm) de longueur et de (3 mm) environ de largeur et d'épaisseur, est un ellipsoïde plus ou moins

bombé, présentant un sillon longitudinal profond de (1,5 à 2 mm), l'une des extrémités porte des poils, et sur l'autre se trouve un germe minuscule.

La coupe du grain fait apparaître trois parties (voir figure 01) : Les enveloppes qui représentent (14 à 15%) du poids du grain ; Le germe qui représente 2,5% du grain, l'albumen ou amande qui représente (83 à 85%) du poids du grain et qui est composé 70% d'amidon et environ 7% de gluten.

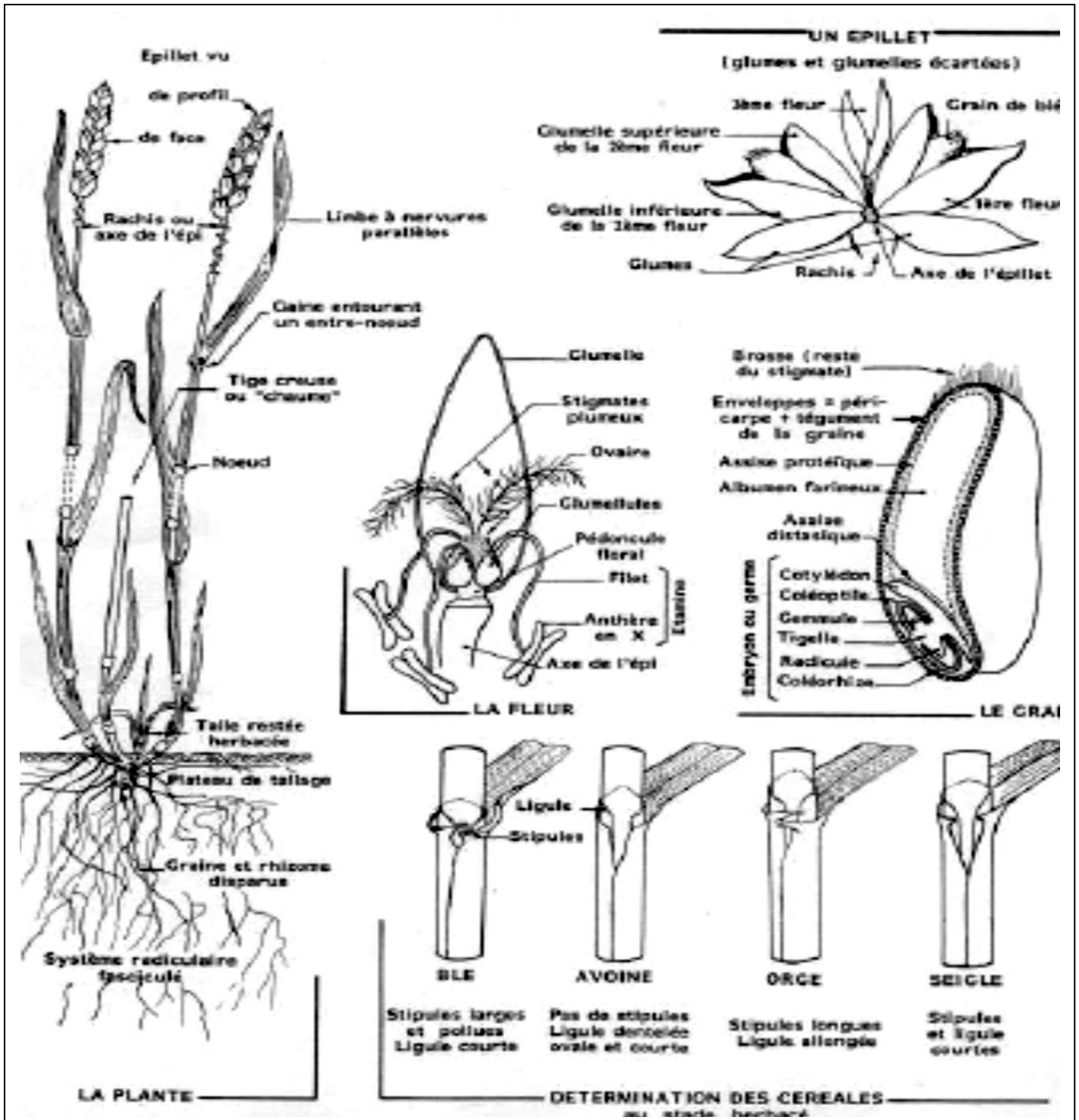


Figure 01. Morphologie des graminées (exemple du blé). Source : (Soltner, 1998).

2. ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET GENETIQUE DU BLE DUR

2.1. Origine géographique

Pour chaque espèce, la domestication est un phénomène historique majeur, qui a pris place dans une région particulière par l'affinité de sociétés humaines éclairées avec des plantes spécifiques du milieu. Ces régions du monde où se sont produits les centres de diversifications des principales plantes aujourd'hui cultivées sont les centres d'origine des différentes cultures : le Croissant fertile du Moyen-Orient abrite ainsi le centre d'origine, notamment des blés, orges, seigle, lentilles, fèves, pois chiches ; la Chine, celui des riz, millets et sojas ; et la Mésoamérique au Mexique, celui des maïs, haricots, manioc...etc. (De la perrière, 2014).

En ce qui concerne la localisation de la domestication de blé, on considèrerait qu'elle avait eu lieu dans le Croissant fertile, vaste territoire comprenant, selon les auteurs, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie et de l'Iraq, voire de la bordure Ouest de l'Iran (Feldman, 2001).

Des scientifiques israéliens Lev-Yadun et *al.*, (2000) ont suggéré, sur la base de divers éléments botaniques, génétiques et archéologiques, que le creuset de notre céréaliculture se situerait en une zone plus limitée dudit Croissant fertile, localisée autour de l'amont du Tigre et de l'Euphrate, dans des territoires actuels de la Syrie et de la Turquie. On croit que le blé dur provient des territoires actuels de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran et a été cultivé cent ans avant J.C et son aire géographique est l'Asie Centrale, Iran, Irak, Abyssinie, Etats-Unis, monde méditerranéen, tandis que le blé tendre dont le nom commun, froment, est cultivé dans le monde entier et ce depuis 7 000 ans avant J.C (Voir figure 02) (Feldman, 2001).

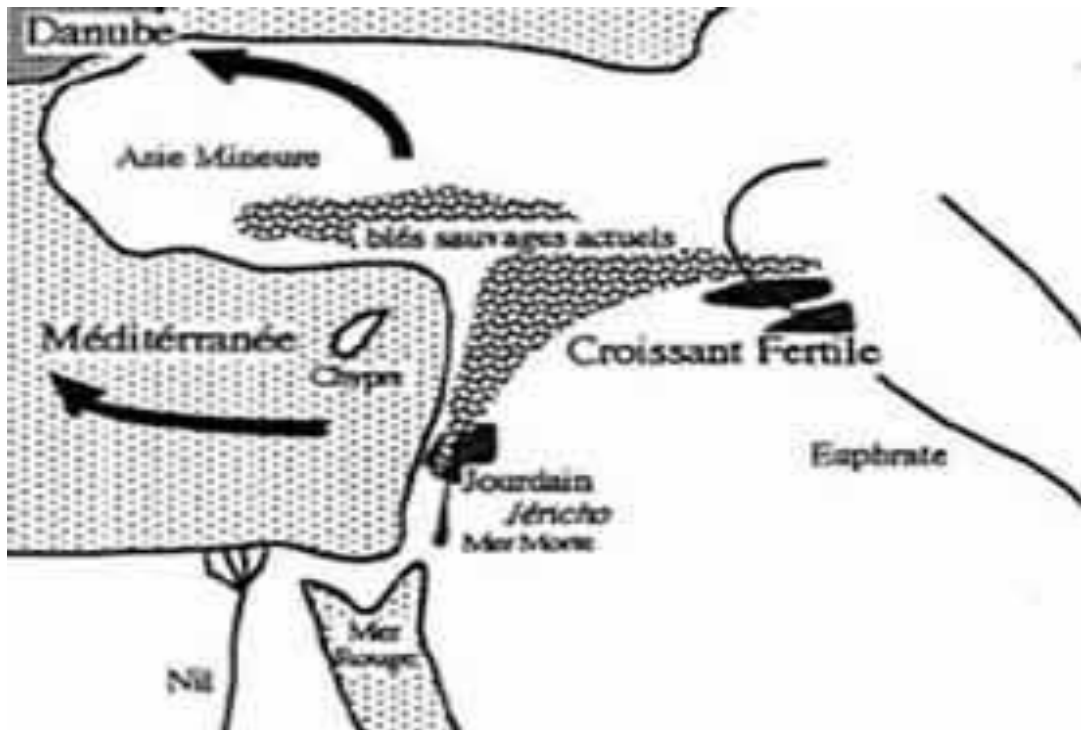
Les autres espèces comme l'épeautre (*T. spelta*), l'engrain (*T. monococcum*), et le blé amidonnier (*T. dicoccum*) ne sont cultivées que dans certains pays d'Asie.

Trois groupes de *Triticum* sont connus, répartis selon le nombre de leurs chromosomes :

- ✓ Le groupe diploïde (2x7 chromosomes) comprend *Triticum monococcum* (engrain) et *T. spontaneum*, qui font partie des formes les plus anciennement cultivées, caractérisées par des épis grêles où les grains restent enveloppés par les glumelles.
- ✓ Le groupe tétraploïde (4x7 chromosomes) comprend *T. dicoccoïdes* (amidonnier sauvage), *T. dicoccum* (amidonnier), *T. turgidum* et *T. durum* (blé dur), à épis denses dont les graines riches en gluten servent à fabriquer les pâtes alimentaires.

- ✓ Le groupe hexaploïde (6x7 chromosomes), représenté par *T. vulgare*, ou *T. aestivum* (blé tendre) et *T. spelta* (épeautre), comprend la majorité des blés à épis assez larges et aux graines riches en amidon nécessaires à la fabrication du pain.

Le froment ou blé tendre (*Triticum vulgare*), est de loin l'espèce la plus cultivée de ce genre avec le blé dur (*T. durum*), qui sert à préparer la semoule pour fabriquer des pâtes alimentaires (Hacini, 2014).



Source : (Oudjani, 2009).

Figure 02. Centre d'origine de blé dur.

2.2. Origine génétique

(Sakamura, 1918) cité par (Cauderon, 1979), fut le premier à déterminer le nombre exact des chromosomes de diverses espèces de *Triticum* de niveaux de ploïdie différents :

Les blés que nous connaissons aujourd'hui sont issus d'un long et complexe processus de sélection par l'homme, les blés durs et tendre actuels sont respectivement tétraploïdes ($n = 14$) et hexaploïdes ($n = 21$). Cette polyploïdie explique en grande partie la complexité du génome du blé, dont la taille équivaut à cinq fois celle du génome humaine et quarante fois celle du génome du riz (Dattée et Fellous, 2011).

Génétiquement, le blé dur est allotétraploïde (deux génomes: AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n = 4x = 28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces sauvage apparenté. Comme telle, chaque paire de

chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome (B), à laquelle elle est étroitement apparentée (Wall *et al.*, 1971). Toutefois, durant la méiose, l'appariement des chromosomes est limité aux chromosomes homologues par l'activité génétique de gènes inhibiteurs (Wall *et al.*, 1971).

La domestication de ce blé tétraploïde (AABB) a évolué vers *T. turgidum* ssp. *Dicoccum* puis vers *T. durum* (blé dur cultivé) (Feillet, 2000).

D'après (Nachit *et al.*, 1998), les espèces sauvages représentent une source très riche de variabilité pour les caractères de qualité ; citant l'exemple du *Triticum dicoccoides* utilisé intensivement dans l'amélioration génétique de la valeur nutritionnelle et technologique du blé dur (Ait kaki, 2008) et qui s'est répandu du Proche-Orient jusqu'aux grandes régions productrices de la Méditerranée et du Moyen-Orient, y compris en Égypte et en Éthiopie (voir figure 03) (Bozzini, 1988).

Un certain nombre de sous-espèces ont donc été caractérisées, principalement d'après les caractères morphologiques (Van Slageren, 1994) : *T. turgidum* ssp. *paleocolchicum*, *T. turgidum* ssp. *polonicum*, *T. turgidum* ssp. *turanicum*, *T. turgidum* ssp. *carthlicum*, *T. turgidum* ssp. *turgidum* et *T. turgidum* ssp. *durum*. Parmi tous les blés tétraploïdes cultivés, *T. turgidum* ssp. *durum* est de loin le plus important.



Source : (Bonjean, 2001).

Figure 03. Origine et diffusion de *Triticum turgidum*.

Au niveau variétal on peut distinguer pour l'espèce de blé dur (*Triticum durum* Desf.) trois groupes (Souilah, 2005) :

- ✓ Les blés d'hiver, dont le cycle de développement varie de (9 à 11 mois). S'implantent en automne et caractérisent les régions Méditerranéennes et tempérées. Ces blés subissent une vernalisation pendant des semaines à des températures de (1 à 5 °C), pour passer du stade végétatif au stade reproducteur (ne peuvent épier qu'après avoir été soumis au froid).
- ✓ Les blés de printemps, ont un cycle de croissance de (3 à 6 mois). Ils n'ont pas de périodes inactives et ne peuvent survivre à de très basses températures. Leur épiaison ne dépend que de l'allongement de la durée du jour.
- ✓ Les blés alternatifs, qui sont intermédiaires, au plan tolérance au froid, entre les blés d'hiver et ceux du printemps.

3. LE CYCLE DE DEVELOPPEMENT DU BLE ET LES PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES RELATIFS AUX DIFFERANTS STADES PHENOLOGIQUES

3.1. La germination

Au début de la germination, la semence de blé est sèche. Après humidification, il sort une radicule (première petite racine), puis une coléoptile. Une première feuille paraît au sommet de la coléoptile. La germination est uniquement déterminée par une somme de température 30 °C base 0 °C. Il s'agit de la température moyenne quotidienne cumulée. Il faut en moyenne 30 °C pour la germination, soit trois jours à 10 °C ou 10 jours à 3 °C (Hacini, 2014) (voir figure 04.1).

3.2. La levée

La levée commence quand la plantule sort de terre et que la première feuille pointe au grand jour son limbe. La date de ce stade est notée quand 90% des plantes ont leur première feuille émergée du sol. Un désherbage peut être pratiqué en pré-semis (juste avant le semis) ou en post-semis prélevée (entre le semis et la levée) (voir figure 04.2).

Le rythme d'émission des feuilles est réglé par des facteurs externes comme la durée du jour et le rayonnement au moment de la levée. On exprime le nombre de feuilles en fonction des cumuls de températures depuis le semis. Le phyllotherme est la durée exprimée en somme de température séparant l'apparition de deux feuilles successives. Il est estimé à 100 °C en base 0°C et varie entre 80 °C (semis tardif) à 110 °C (semis précoce). La période quelques feuilles peut être le moment de désherber et parfois de traiter contre les insectes (larves de taupins, tipules) (Hacini, 2014).

3.3. Le stade « 3-4 feuilles »

L'axe portant le bourgeon terminal se développe en un rhizome (tige souterraine) dont la croissance s'arrête à 2 cm en-dessous de la surface du sol. Il apparaît un renflement dans la partie supérieure du rhizome qui grossit et forme le plateau de tallage (Hacini, 2014).

Le stade « 3-4 feuilles » est une phase repère pour le développement du blé. Des bourgeons se forment à l'aisselle des feuilles et donnent des pousses, ou talles. Chaque talle primaire donne des talles secondaires. Apparaissent alors, à partir de la base du plateau de tallage, des racines secondaires ou adventives, qui seront à l'origine de l'augmentation du nombre d'épis (Hacini, 2014) (voir figure 04.3).

3.4. Le tallage

Le tallage commence à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'à la reprise du printemps. Il est marqué par l'apparition d'une tige secondaire, une talle, à la base de la première feuille (voir figure 04.4) et notée quand 50% des plantes ont leur première feuille visible à l'aisselle de la première feuille. Les autres feuilles poussent elles aussi leurs talles vertes. Au moment du plein tallage, la plante est étalée ou à un port retombant (Hacini, 2014).

3.5. La montaison

La montaison se produit fin avril à fin mai en Algérie. Au sommet du bourgeon terminal se produit le début du développement de l'épi. Parallèlement, on assiste à l'allongement des entrenœuds. Le stade « épi à 1 cm » du plateau de tallage est caractérisé par une croissance active des talles et apparition du premier nœud sur 50% des plantes. Le plant de blé a besoin, durant cette phase, d'un important apport d'engrais azoté (voir figure 04.5).

À la fin de la montaison apparaît la F1. Ce terme désigne la dernière feuille sortie et quand 50% des gaines de la dernière feuille sont en état de gonflement. Cette feuille est essentielle car elle va à elle seule contribuer à 75 % du rendement (et donc au remplissage du grain). Lorsque les maladies causent des dommages à la F1, le rendement a de fortes chances d'être impacté (Hacini, 2014) (voir figure 04.6 et figure 04.7).

3.6. L'épiaison

L'épiaison se produit en mai ou juin, quand la gaine éclatée laisse entrevoir l'épi qui va s'en dégager peu à peu (on parle de gonflement). Pour les variétés barbues comme le blé dur, c'est le moment où apparaissent les extrémités des barbes à la base de la ligule de la dernière feuille. Avant l'apparition de l'épi, on peut voir un gonflement de la gaine (Hacini, 2014).

À ce stade, le nombre total d'épi est défini (50% des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille), de même que le nombre total de fleurs par épi. Chaque fleur peut potentiellement donner un grain (par exemple 25 grains par épi), mais il est possible que certaines fleurs ne donnent jamais d'épi, en raison de déficit de fécondation par exemple (voir figure 04.8).

3.7. La floraison

La floraison s'observe à partir du moment où quelques étamines sont visibles dans le tiers moyen de l'épi, en dehors des glumelles (50% des épis présentent des étamines sur plus de la moitié des épillets). Quand les anthères apparaissent elles sont jaunes, après exposition au soleil elles deviennent blanches.

À l'intérieur de la tige on peut trouver ce qu'on appelle la pointe de croissance. Elle commence à ressembler à un épi de blé. Initialement, la pointe est sous terre, protégée contre le gel. Au fur et à mesure de la reprise de la végétation, la pointe de croissance va s'élever dans la tige (Hacini, 2014).

À la fin de la floraison, quelques étamines séchées subsistent sur l'épi.

Environ 15 jours après la floraison le blé commence à changer de couleur : il perd sa couleur verte pour tourner au jaune/doré/bronze (Hacini, 2014) (voir figure 04.9).

3.8. Formation du grain

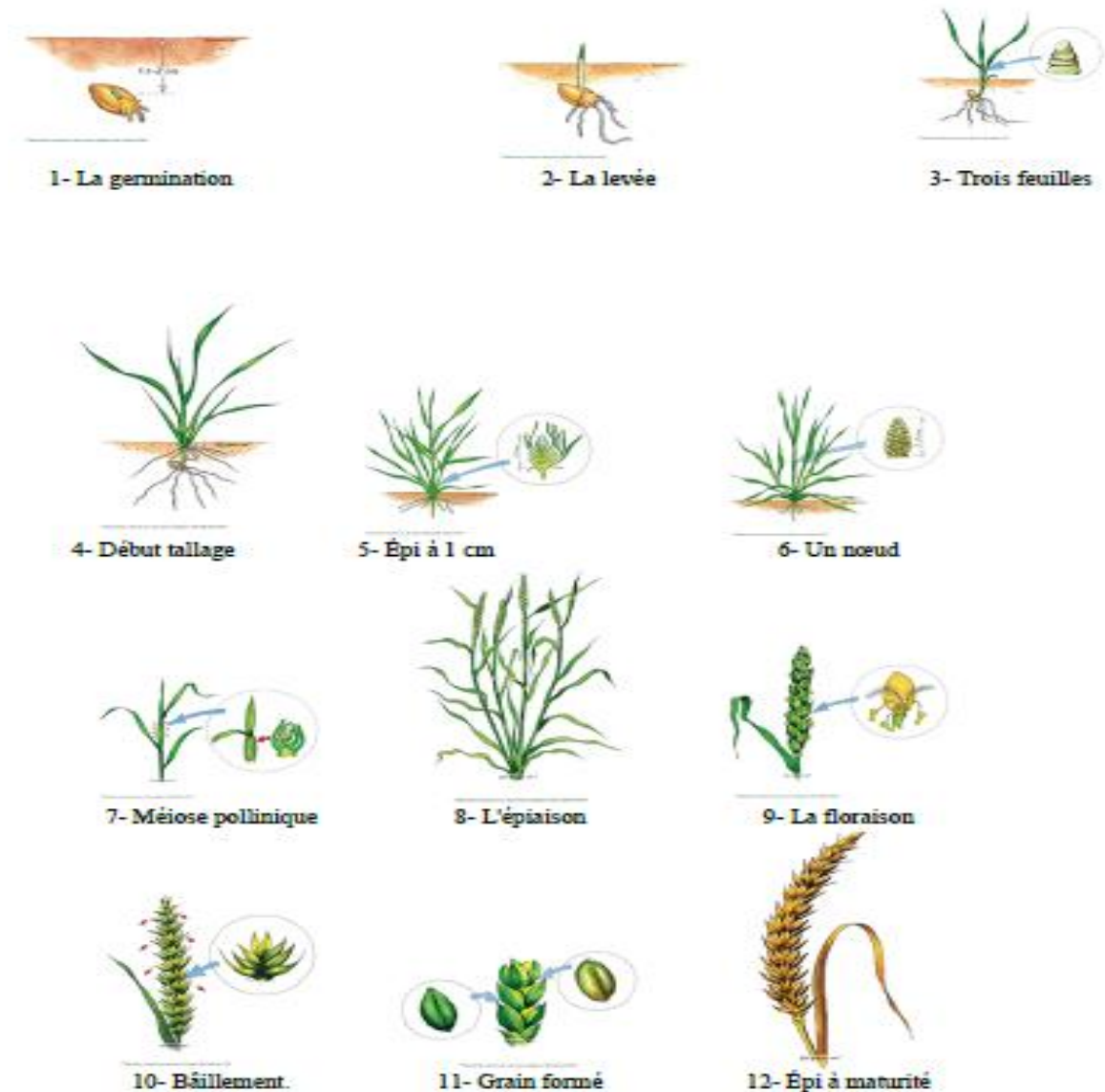
Le cycle s'achève par la maturation qui dure en moyenne 45 jours. Les grains vont progressivement se remplir et passer par différents stades tels que les stades laiteux, puis pâteux, au cours desquels la teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue (voir figure 04.10). Durant cette phase les réserves migrent depuis les parties vertes jusqu'aux grains. Quand le blé est mûr le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves. La formation du grain se fait quand les grains du tiers moyen de l'épi parviennent à la moitié de leur développement (voir figure 04.11).

Ils se développent en deux stades :

- ✓ Le stade laiteux où le grain vert clair, d'un contenu laiteux, atteint sa dimension définitive avec 50% des épis présentent des graines qui en s'écrasant laisse apparaître un liquide blanchâtre (état laiteux).
- ✓ Le stade pâteux où le grain, d'un vert jaune, s'écrase facilement et 50% des épis présentent des grains à l'état pâteux.

Les glumes et les glumelles sont jaunes striées de vert, les feuilles sèches et les nœuds de la tige encore verts.

Puis le grain mûrit : brillant, durci, il prend une couleur jaune. À maturité complète, c'est-à-dire 90% des épis ont des grains durs qui se cassent difficilement entre les dents, le grain a la couleur typique de la variété et la plante est sèche. À sur-maturité, le grain est mat et tombe tout seul de l'épi (voir figure 04.12) (Hacini, 2014).



Source : (Hacini, 2014).

Figure 04. Les différents stades de développement du blé.

Chapitre II : Sélection et amélioration de blé

1. LA SÉLECTION

Le processus complet de création de nouvelles variétés, depuis les premières hybridations jusqu'à la culture à grande échelle, demande souvent plus de 10 ans pour les espèces annuelles

Cinq grands types de variétés peuvent être distingués (Gallais, 2013a) :

- ✓ Les variétés populations ;
- ✓ Les variétés lignées ;
- ✓ Les variétés hybrides ;
- ✓ Les variétés synthétiques ;
- ✓ Les clones.

Compte tenu des contraintes biologiques liées à l'espèce sélectionnée, le sélectionneur n'a pas, en générale, le libre choix du type de variétés. Si la multiplication végétative est facile à grande échelle, la variété clone sera en générale celle qui exploitera le mieux la variabilité génétique. Dans le cas de la production d'une variété produite par voie sexuée, deux critères essentiels interviennent : la possibilité de contrôler le croisement à grande échelle et l'importance de phénomène d'hétérosis (Gallais, 2013b).

Pour les céréales autogames (avoine, blé, orge) et Chez les autre 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 LA SELECTION (El bay, 2013)

Les objectifs de la sélection sont nombreux. Généralement, le premier critère évoqué est la productivité. La productivité dépend de nombreux facteurs. Elle peut être le résultat de la réduction des facteurs limitant du rendement, mais le potentiel de productivité peut également être accru par une amélioration de la physiologie des plantes : augmentation de l'activité photosynthétique, meilleure élaboration, migration et répartition des éléments constitutifs des réserves de la plante (grains, racines...etc.). Les espèces végétales sont également plus ou moins plastiques. Certaines plantes comme le blé nécessitent une adaptation variétale importante aux conditions de sol et de climat.

Pour les agriculteurs, l'un des facteurs les plus importants est la résistance aux maladies et aux parasites. Ceci joue non seulement sur le rendement, sur le revenu de l'agriculteur mais aussi sur l'environnement. En effet, il peut exister d'autres solutions comme l'utilisation de produits de traitement qui, le cas échéant, peuvent augmenter les charges opérationnelles sur la culture.

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.

3. LES ETAPES DE LA SELECTION (Réf. Eléc. 01).

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. A la deuxième génération, la F2, les plantes obtenues sont très différentes les unes des autres car il y a disjonction des caractères. A 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.

A 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 METHODES DE SELECTION

4.1. Sélection dans des populations hétérogènes

4.1.1. Sélection massale

La sélection est dite « massale » car les plantes sélectionnées sont récoltées en mélange, en « masse », c'est évidemment la première méthode qui a été utilisée, avant que la sélection avec test de descendance n'apparaisse (Gallais, 2009).

La sélection massale est probablement à la base de la domestication de plusieurs espèces végétales. Elle est simple et très peu coûteuse. Il suffit de choisir les plantes phénotypiquement supérieures et identiques, et de mélanger la semence. Cette dernière est alors semée en vrac. Les agriculteurs qui utilisent leurs propres semences pratiquent une

forme ou une autre de la sélection massale par le choix des meilleures plantes, des meilleurs épis ou des meilleures graines (Zahour, 1992).

Cette méthode a longtemps été appliquée avec succès chez beaucoup d'espèces allogames. Elle consiste à récolter la semence destinée à la génération suivante sur les plantes correspondant aux souhaits de l'agriculteur. Pour les caractères fortement héréditaires, la sélection est efficace, elle se traduit par une augmentation progressive de la fréquence des allèles favorables dans les populations ; elle est plus lente que chez les autogames, surtout lorsque plusieurs gènes sont impliqués (Bouharmont, 1997). Elle a une faible efficacité pour les caractères peu héréditaires, elle ne peut se faire que dans un seul milieu et elle nécessite des individus isolés (conditions différentes des conditions de culture pour de nombreuses) (Gallais, 2013a). L'observation du phénotype suffit pour la couleur du fruit, la morphologie de l'inflorescence ou la précocité. Pour des caractères tels que la teneur en sucre de la betterave ou en huile dans les grains de maïs, la sélection est conditionnée par l'existence de méthodes d'analyse applicables à de nombreux individus (Bouharmont, 1997).

Une version améliorée de cette méthode consiste en la sélection de plantes phénotypiquement supérieures, leur semis séparé en lignées pures où seules les meilleures ci identiques seront mélangées pour établir une nouvelle variété. La sélection peut être répétée durant plusieurs cycles tant que la variabilité persiste et tant qu'il y a une amélioration de caractère recherché. Elle peut être appliquée avec succès notamment pour éliminer des caractéristiques non désirables généralement trouvées dans des variétés locales.

Étant basée sur le phénotype seulement, la sélection massale présente un certain nombre d'inconvénients. Elle n'est pas efficace pour les caractères à faibles hérédibilités qui sont influencés par l'environnement. Une grande partie de la variabilité isolée par sélection est perdue à la génération suivante suite au changement dans les conditions de l'environnement. La sélection massale ne permet également pas de séparer les plantes homozygotes des plantes hétérozygotes dans le cas où la dominance est complète. D'autres cycles de sélection sont nécessaires tant que des hétérozygotes sont présents dans la population sous sélection (Zahour, 1992).

4.1.2. Sélection généalogique

Cette méthode est également appelée sélection individuelle ou sélection par la méthode des lignées pures. Elle est utilisée surtout pour l'amélioration des plantes autogames.

Avec la redécouverte des lois de Mendel par de Vries en 1903, la sélection généalogique, proposée et développée par Louis de Vilmorin, a trouvé ses bases génétiques et s'est généralisée. A partir du croisement de deux lignées, cette méthode consiste à sélectionner au fur et à mesure de la fixation par autofécondation. La sélection est dite généalogique car les graines de chaque plante choisie à une génération sont récoltées séparément pour être ressemées à la génération suivante en descendance individualisées. Grâce à la sélection 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. 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 cycle de sélection généalogique, d'où la continuité observée du progrès génétique (Gallais, 2013b).

Les lignées restantes (généralement très peu) sont alors comparées entre elles et avec une ou plusieurs variétés déjà établies. Les comparaisons se font généralement pour le rendement et pour d'autres caractères tels que la résistance aux maladies, la précocité, la hauteur,...etc. (Zahour, 1992).

La sélection débute donc à partir de la F2 obtenue par autofécondation des plantes F1 (Vespa, 1984), à l'opposé de la sélection massale, la sélection généalogique consiste à choisir les individus non plus d'après leur seul phénotype, mais d'après les caractéristiques de leur descendance (Moule, 1972).

La méthode généalogique est donc «douce» et progressive : à chaque génération, un choix affine la progression vers un idéal-type ; à chaque génération, on fait un pas vers une plus grande homozygotie, donc une plus grande stabilité et une meilleure homogénéité des descendants (Demarly et Sibi, 1996).

La sélection généalogique est une méthode efficace pour les caractères peu influencés par le milieu (Gallais et Bannerot, 1992). Son grand intérêt est de fournir à la grande culture des lignées pures dont les avantages sont considérables : végétation uniforme, tiges de même hauteur, grains de même taille et rendement élevé (Khaldoun et al., 2006).

4.2. Sélection après hybridation

La sélection massale et la sélection généalogique se limitent à l'isolement de certains génotypes déjà existants au sein d'une population hétérogène. Ces méthodes de sélection sont limitées par la variabilité existante dans la population, initiale. Pour étendre l'éventail de la variabilité, les sélectionneurs ont recours aux croisements.

Afin de répondre aux objectifs du programme de sélection, les croisements se font entre les parents choisis. La connaissance des procédures de croisement est extrêmement importante pour le sélectionneur. Pour les plantes autogames, ces procédures peuvent être différentes d'une espèce à une autre mais se sont toutes basées sur le principe de la castration (élimination des étamines) de la plante choisie pour être utilisée comme parent femelle et la pollinisation de la fleur castrée par le pollen de la plante choisie comme parent mâle.

Plusieurs techniques de castration sont utilisées mais la technique couramment employée est le prélèvement des anthères avant leur maturité ; c'est la méthode généralement utilisée pour le blé, le coton, le lin, l'orge, le riz, le soja, le tabac et d'autres espèces. Pour l'orge, la méthode de castration consiste à sectionner la partie supérieure de la fleur (entre le tiers et la moitié de la fleur) à l'aide de ciseaux avant l'anthèse (libération des grains de pollen). Les anthères, qui sont alors accessibles, sont enlevées à l'aide de pinces fines. Généralement, six à quinze fleurs médianes sont castrées au milieu de l'épi. Les autres fleurs sont éliminées. L'épi castré est ensaché afin d'éviter une pollinisation accidentelle. Un à trois jours plus tard (selon la variété, le stade durant lequel la castration est faite, la température, ...etc.) le pollen est collecté sur la plante choisie comme parent mâle et la pollinisation des fleurs castrées est réalisée. Après pollinisation, le sachet protecteur est remis sur l'épi pollinisé afin d'éviter que le pollen étranger ne vienne s'ajouter au pollen choisi. Ainsi, le croisement entre les deux parents choisis est obtenu.

Si les parents sont homozygotes et différents, la génération F1 sera hétérozygote mais homogène. À ce stade, la population hybride F1 ne présente aucune variabilité génétique. Aucune sélection n'est possible au niveau de la F1 car toutes les plantes sont génétiquement identiques. La ségrégation ne commence qu'en F2. Ainsi, à la génération F2 (et aux générations suivantes) des génotypes nouveaux sont créés. Une variabilité nouvelle est alors disponible pour la sélection. Différentes méthodes de sélection peuvent être utilisées (Johannsen, 1903).

4.2.1. Sélection par la méthode Pedigree (Johannsen, 1903).

À partir du choix d'individus 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 pedigree ou sélection généalogique.

Dans la méthode pedigree, la sélection commence en F2. La procédure générale de sélection est la suivante:

- Année 1 Choisir les parents et faire les croisements ;
- Année 2 (F1) Semer 20 à 50 grains F1 ;
- Année 3 (F2) Semer les F2 (2000 à 4000 plantes). Les plantes F2 sont individualisées (généralement les graines sont semées de 10 cm en 10 cm dans des lignes distantes de 30 cm). Récolter séparément les plantes (200 à 300 plantes) qui combinent les caractéristiques désirables des deux parents ;
- Année 4 (F3) Semer chaque plante F2 récoltée en une ligne. Les plantes dans chaque ligne sont individualisées comme précédemment. Identifier les lignes supérieures et récolter les cinq meilleures plantes par ligne sélectionnée. Généralement 50 à 100 familles F3 sont retenues par croisement. Les informations sur les meilleures familles et les meilleures plantes à l'intérieur des familles sont conservées ;
- Année 5 (F4) Semer chaque famille séparément, plante par ligne. Choisir les meilleures plantes dans les meilleures lignes et dans les meilleures familles ;
- Année 6 (F5) Même procédure que pour la F4 ;
- Année 7 (F6) Même procédure que pour la F4 et la F5. Les lignes uniformes (lignées) sont récoltées en masse mais séparément des graines lignes (25 à 30 lignées par croisement) ;
- Année 8 (F7) Si la quantité de semence le permet, commencer les essais préliminaires pour le rendement ;
- Années 9-12 Les lignées retenues à partir des essais préliminaires sont comparées sur la base du rendement ;

L'exemple donné ici pour la méthode pedigree nécessite une génération par an. Plusieurs modifications à cette méthode peuvent être considérées. Les essais de rendement peuvent commencer dès la génération (F3 ou F4). Après la sélection des plantes individuelles, le reste de la famille peut être récolté en vrac et des essais de rendement effectués. Certaines familles ou même certains croisements peuvent être éliminés sur la base de ces essais. Comme autre exemple de modifications de la méthode, on peut stopper la sélection dès la F5 les lignes apparaissent uniformes ou on peut continuer la sélection jusqu'à la (F7 ou la F8) si des ségrégations persistent au-delà de la F6. Un autre exemple consiste à utiliser des populations plus ou moins larges que ce qui a été indiqué précédemment Les nombres de plantes, de familles ou de lignées donnés ici ne sont que des suggestions et chaque programme de sélection utilise le nombre qui lui convient (ce

nombre dépend de plusieurs facteurs tels que le nombre de croisements de départ, la distance génétique entre les parents, les caractères sélectionnés, les moyens disponibles,...etc.).

La méthode pedigree permet d'isoler rapidement des caractéristiques désirables dans le cas de caractères à hérédité qualitative tels que la résistance aux maladies, la couleur de la graine, la précocité, etc. Les caractères à hérédité quantitative, en particulier le rendement, sont plus difficiles à évaluer au cours des premières générations (F2 et F3) sur la base d'une plante individuelle. Du fait du haut niveau d'hétérozygotie durant les premières générations, l'hétérosis peut affecter la performance des plantes surtout lorsqu'elles sont espacées. Cependant les sélectionneurs tendent à choisir les plantes qui apparaissent les plus productives.

4.2.2. Sélection par la méthode « Bulk »

Dans cette méthode, le passage d'une génération à l'autre se fait 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. 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, 2013b).

Comme pour la méthode pedigree, la procédure donnée, il n'est qu'un exemple et plusieurs déviations de la méthode *Bulk* peuvent être rencontrés. Concrètement, les plantes peuvent être espacées et sélectionnées individuellement lors des générations antérieures (F3 à F6) à celle indiquée ici (Demarly et Sibi, 1996).

Les lignées qui présentent des ségrégations sont alors sélectionnées. Une autre modification peut consister en la détermination du rendement des récoltes en vrac en même temps que l'on effectue un échantillonnage pour la génération suivante. Des croisements entiers peuvent être éliminés sur la base de ces rendements (Demarly et Sibi, 1996).

On pratique le *bulk* pour des générations « dérobées », c'est-à-dire lorsqu'on fait deux générations par an ou plus ; l'une des générations faite dans la période normale de culture de la plante peut faire l'objet d'appréciations valables, donc de choix, les autres générations, en conditions trop artificielles, ne permettant pas d'évaluations rationnelles, sont alors conduites en « vrac » (Demarly et Sibi, 1996).

L'intérêt de la stratégie est d'avoir allégé considérablement les premières générations et de reporter les choix sur les structures F4 déjà fortement homozygotes (Demarly et Sibi, 1996).

Un inconvénient majeur de cette méthode est le risque d'une sélection naturelle défavorable au cours des générations de multiplication en *bulk* (Gallais, 2013a).

4.2.3. Sélection par méthode des descendance mono graines SSD (Single Seed Descend)

Cette méthode consiste à séparer la phase d'évolution vers la consanguinité de la phase de sélection.

Proposée par Goulden (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. Toute autre méthode aboutit à ce que certaines lignées aient des ancêtres communs et soient donc apparentées. Ce résultat peut facilement se démontrer par le calcul de la probabilité de perte d'un gène présent en F2.

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. Mais il y a une probabilité importante que des plantes F2 ne donnent pas de lignées. En effet, à une génération donnée, la probabilité p qu'une graine semée donne une descendance est en général inférieure à 1. Pour éviter cette perte, il est possible de semer non pas une graine, mais plusieurs graines par descendance de chaque plante. Par exemple, 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, 2013b).

Dans cette méthode, la compétitivité et la prolificité des individus sont totalement ignorées, puisque, quel que soit son nombre de graines ou de fruits, chaque plante ne compte que pour une unité (Demarly et Sibi, 1996).

Le désavantage principal de la sélection SSD, est la part importante du hasard qui risque de conserver beaucoup de matériel inintéressant. Théoriquement cette méthode est celle qui garde cependant toute la variabilité génétique et peut servir de témoin de l'étendue de celle-ci.

La méthode est simple et peu coûteuse. Il suffit seulement de récolter une graine par plante et de semer l'ensemble à la génération suivante.

La sélection par la méthode SSD est plus pratique lorsqu'on peut obtenir plus d'une génération par an. L'utilisation des serres et des pépinières en contre saison permettent d'avancer rapidement les générations (Tiyawalee et Frey, 1970).

4.2.4. 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 et si le caractère 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. AMELIORATION DU BLE

L'amélioration des plantes peut être définie comme la modification de certains caractères de plantes pour qu'elles répondent de mieux en mieux aux besoins de l'homme. Elle a commencé avec leur domestication et s'est poursuivie essentiellement à partir de la fin du XIX^e siècle par l'amélioration de plantes dirigée, intégrant de plus en plus dans ses méthodes et ses outils les progrès des connaissances. Aujourd'hui, l'amélioration des plantes est devenue la science et l'art de la création de variétés ayant des caractères bien définis (Dattée et Fellous, 2011).

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 abiotique, la résistance aux maladies et une bonne qualité technologiques restent les plus recherchés (Benbelkacem et *al.*, 1995).

Cette amélioration variétale se définit comme étant un mécanisme délicat qui tient compte de plusieurs facteurs : génétiques, physiologiques, pédoclimatiques, l'utilisation de diverses techniques de la génétique, de la biochimie, de la physiologie et de la biotechnologie.

6. METHODES D'AMELIORATION DU BLE

Dans le domaine de l'agriculture, l'objectif de la recherche et, plus généralement, de ses applications n'est pas l'innovation à tout prix. Il est d'abord d'apporter une meilleure réponse aux besoins alimentaires des hommes (CADAS, 1993), donc une amélioration des rendements est indispensable pour faire face aux besoins croissants de l'humanité. Cette amélioration peut être très rapide pour des espèces récemment domestiquées (palmier à huile, hévéa). Les progrès restent importants pour les céréales traditionnelles et d'autres plantes cultivées depuis des millénaires. Il existe cependant une limite : c'est la quantité de matière organique qui peut être produite dans une région donnée en fonction de la température et de l'insolation.

Un objectif constant est une répartition des produits du métabolisme de la plante en faveur des organes récoltés, limitant au maximum les déchets : chez les céréales, cette répartition implique un développement maximal du grain et un appareil végétatif réduit. Le sélectionneur doit tenir compte non seulement de la productivité, mais aussi de caractères plus qualitatifs, comme la valeur nutritive, les propriétés organoleptiques et la composition des produits, l'esthétique, la résistance, la facilité de récolte, de transport, de conservation, le rendement à l'usinage (Bouharmont, 1997).

En résumé, le sélectionneur doit se fixer un idéotype, une image idéale de la plante qu'il souhaite créer. Un idéotype très précis est cependant utopique, parce que trop de facteurs souvent contradictoires interviennent, entre lesquels un équilibre doit être trouvé. D'autre part, la création d'une nouvelle variété demande généralement de nombreuses années, pendant lesquelles le sélectionneur doit être capable de modifier ses objectifs et ses méthodes pour s'adapter à des conditions nouvelles, corriger ses erreurs ou profiter de l'expérience de ces concurrents (Bouharmont, 1997).

L'objectif final de cette amélioration est d'obtenir un matériel végétal performant au producteur (Chalbi et Demarly, 1991).

Il est nécessaire donc de recourir aux croisements et inter croisements pour cumuler les caractéristiques souhaitable dans le même fond génétique après le choix des génotypes qui portent ces caractéristiques (Bouzerzour, 1998).

6.1. Croisement intra spécifique

C'est le plus courant, il consiste à un croisement de deux lignées pures de la même espèce, il est facile à réaliser et ne pose pas des problèmes d'ordre génétiques (Demarly et Sibi, 1989).

Ce genre d'hybridation est confronté à la baisse de variabilité génétique engendrée par la saturation de combinaison de génotypes d'une aire géographique réduite.

Zouaoui (1993) cité, les hybrides F1 de blé présentent, en général un tallage épi et une fertilité des épis plus importants que ceux des parents, ils ont aussi une souplesse d'adaptation plus grande que les variétés lignées pures.

6.2. Croisement interspécifique

Le croisement inter variétés permet à chacun des géniteurs d'apporter des qualités complémentaires ou additives que l'on rassemble en un seul génotype en procédant à un brassage en vue de l'élaboration de nouveaux arrangement génétique (Valdeyron, 1961).

Cette technique est intéressante lorsqu'on recherche des caractères qui n'existent pas dans l'espèce, par exemple la rusticité. Dans ce cas, on utilise souvent les plantes issues d'espèces voisines généralement sauvages (Demarly et Sibi, 1989), Selon Demarly (1977), la réalisation d'hybridation interspécifique soulève cependant des difficultés :

- ✓ Barrières complexe de biologie florale, de compétition pollinique d'incompatibilité de non fécondation ;
- ✓ La stérilité des hybrides : lorsque les stocks chromosomiques, en présence n'ont ni des nombres de bases identiques, ni des homologues, la méiose de l'hybride se caractérise par une asyndète.

6.3. Croisements dialèles

C'est un ensemble d'hybridations dirigées entre structures à étudier comprenant systématiquement toute une série de combinaisons (les grains issus de chaque parent maie étant individualisé sur chaque parent femelle), il s'applique aux espèces autogames (Demarly, 1977).

6.4. Transfert de gène (Génie génétique)

Cette technique permet de travailler directement au niveau du gène, afin d'essayer d'associer des gènes intéressants de plusieurs individus ou espèces.

6.5. L'haplodiploïdisation

C'est l'ensemble des techniques qui permettent d'induire la formation des plantes à partir de cellules gamétiques, sans passer par la fécondation (Vespa, 1984).

L'haplodiploïdisation consiste en fait à développer une plante à partir uniquement de male ou de femelle haploïde (n) et multiplier par deux le nombre de chromosomes par le traitement à la colchicine pour passer à l'état ($2n$). Restaurer la fertilité et fixer les caractères (Maciejewski, 1991). Les plantes ainsi obtenues s'appellent des haploïdes doublés ou « lignées haploïdes doublées ». Ce processus d'obtention de plantes haploïdes à partir de cellules gamétiques puis haploïdes doublés, est appelé soit « haplo méthodes » soit « haplo diploïdisation » ou encore appelé « Haploïdie » (Picard, 1988).

Un haploïde est un sporophyte qui résulte du développement d'un gamétophyte mâle ou femelle, donc de cellules qui ont subi la méiose. De ce fait, un haploïde possède le nombre gamétique de chromosomes (Bonjean et Picard, 1990). Ce sont donc des « plantes sans père » (gynogénèse) ou des « plantes sans mère » (androgénèse) (Demarly et Sibi, 1989).

Le taux de production d'haploïdes chez le blé est satisfaisant. Des haploïdes doubles sont intégrés dans les programmes de sélection et des variétés dérivées ont été inscrites au catalogue (Teoule, 1999).

6.6. Androgénèse (culture d'anthères)

Il s'agit de mettre en culture généralement des anthères, plus rarement du pollen où ce dernier est formé mais il n'a pas subi encore la dernière division, celle qui donnera un noyau reproducteur et un noyau végétatif.

Si cette technique est simple dans son principe, certaines particularités spécifiques sont essentielles pour sa réussite. Son utilisation présente des taux excessivement faibles de réussite, l'androgénèse « in vitro » aboutit en effet à un taux extrêmement important des plantules albinos inviables : chez le blé dur ce taux est de 99% (Fouroughiwehr et *al.*, 1989), Comme le taux de plantules chlorophylliennes est forcément influencé par le génotype, il est de l'ordre de 0.1 à 1 à hybrides doubles pour 100 anthères mis en culture.

Le blé nécessite 10% de 2.4 D pendant 12 jours pour initier les premières divisions lors de l'androgénèse (Teoule, 1999).

6.7. Gynogenèse (culture d'ovaire)

Le principe de base et les protocoles sont analogues à ceux décrits pour l'androgenèse mais ce sont les ovaires ou les ovules qui sont mis dans un milieu de culture un peu plus riche en sucre (de 10 à 12%) et en fer. Après six ou huit semaines de culture, un embryon ou une cal pourra émerger du sac embryonnaire. L'embryon sera ensuite transféré sur un milieu de germination ou la cal sur un milieu de régénération.

Partie JJ

Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

1.1. Situation géographique

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

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, à 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).

1.2. Climat

Le climat de la wilaya de Laghouat est continental aride, caractérisé par des hivers froids avec des températures moyennes de ($- 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) et marqué par des gelées blanches, et les étés par une forte chaleur de plus de ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) avec de vents de sable (Merzoug, 2014).

1.2.1. 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 (2002-2015).

Tableau 01. Précipitation moyennes mensuelles de la région de Laghouat en (mm), période (2002-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	11,04	9,34	7,64	13,09	10,66	7,69	4,34	11,19	25,35	25,20	10,58	16,53

Source : (O.N.M, 2016).

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

Les données relatives aux températures relevées pendant la période (2002-2014) sont enregistrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 02. Températures moyennes mensuelles en (°C) de la région de Laghouat, période (2002-2014).

Mois		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T (C°)	Max	14,81	16,02	20,03	24,82	29,27	34,58	39,20	38,02	32,53	27,57	18,84	14,07	25,81
	Min	1,71	2,22	5,39	9,03	13,5	17,49	22,23	30,99	19,87	14,90	6,25	2,54	12,17
	Moy	8,78	14,53	13,81	18,11	22,66	27,33	32,27	30,10	26,08	28,89	13,05	8,51	20,34

Source : (O.N.M, 2016).

Les températures moyennes mensuelles pour les années (2002-2014) 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 (39.2°C). Pour le froid il débute du mois de novembre vers mars et atteint sa valeur minimale (1.71 °C) en mois de janvier.

1.2.3. Autres facteurs climatiques

L'humidité augmente entre le mois d'octobre jusqu'à le mois de février avec un maximum dans le mois de novembre avec une valeur de (59 %) et une humidité relative à faible moyenne durant toute les autre mois de l'année 2015 (voir tableau 03).

Tableau 03. Humidité relative moyenne en (%) de la région de Laghouat, l'année (2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc
H%	53	52	35	27	21	27	16	30	32	50	59	56

Source : (O.N.M, 2016).

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 04 jours au maximum.

Enfin, le total d'insolation est suffisant pour les cultures céréalières dans toute la région de Laghouat, en respectant les caractéristiques variétale des céréales à cultiver « rusticité, tardivité, et la précocité », et en terme exacte c'est l'adaptabilité aux différents facteurs édapho-climatiques (O.N.M, 2016).

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

2.1. Le Matériel Végétal

Sept (07) populations de blé dur (*Triticum durum*. Desf) ont été testés, dont deux (02) sont des populations paysannes, quatre (4) sont des lignées pures créés et sélectionnés par l'ITGC d'El-Khroub et la variété locale WAHA.

Les photos des épis des populations testés sont représentées dans l'annexe n° 01.

Le tableau ci-dessous montre le pédigrée des lignées étudiées.

Tableau 04. Liste, origine de sélection des différentes variétés et lignées testées.

Variétés, lignées et pédigrés	Origine
Lignée 01 : PLATA10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA7/3/ALBA/5/AVO/HUI/...	El-Khroub
Lignée 02: CMH85797//DUKEM12/2*RSCON12/9/USDA595/3/D67.3/	El-Khroub
Lignée 03 : POD20//SULA/ACO89/3/SORA/2*PLATA12//SOMAT3/4/	El-Khroub
Lignée 04: SMAT3/PHAX1/TILO1/LOTUS4/3/GUANAY/5/NETTA4/...	El-Khroub
Variété locale WAHA	CIMMYT/ ICARDA/El-Khroub
Variété paysanne EL FASSI	Sélection Locale (Laghouat)
Variété paysanne EL BIDI	Sélection Locale (Laghouat)

Source : (Originale, 2016).

La variété Waha est une sélection locale faite à l'intérieur du matériel introduit de la Syrie, elle se caractérise par sa précocité au stade épiaison, ce qui la rend sensible au gel.

Cependant, c'est une variété qui réussit à échapper aux stress de fin de cycle à cause de sa précocité à maturité (Abassenne, 1997).

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 un 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 paysanne El Bidi prend son origine de la variété Bidi 17 (*Triticum durum* Desf.var *leucomelan.AL*). C'est une population locale précoce qui a été sélectionnée à Guelma en 1936 (Abdelguerfi et Laouar, 2000 ; Ykhlef et Djekoun, 2000). La variété Bidi 17 s'adapte dans les zones littorales et plaines intérieures et caractérisée par leur résistance

à la moucheture et au mitadinage (Benbelkacem et Kellou, 2000a ; Ykhlef et Djekoun, 2000 ; Ait Kaki, 2002).

2.2. L'élaboration de plan d'expérience

L'essai a été réalisé au cours de la campagne agricole 2015/2016 (à partir de 17 septembre 2015) pour étudier les caractères phéno-morphologiques de chaque génotype ainsi que la comparaison entre les différents génotypes. Le mode de culture est biologique (seulement l'utilisation de la fumure de bovin) avec un système d'irrigation par submersion et avec une fréquence d'une seule fois par 12 jours (1/12 jours).

Le facteur introduit volontairement en vue d'en examiner leur effet, est le facteur population (variété ou lignée). Cette dernière est qualitatif et présente plusieurs variantes ou niveaux. Le facteur génotype (population) présente sept (07) variantes.

Le dispositif expérimental utilisé dans cette expérimentation est le bloc aléatoire complet (BAC) avec trois (03) répétitions.

Alors, le nombre des unités expérimentales sont vingt-un (21) 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 $7 \times 3 \times 1,20 \text{ m}^2 = 25,2 \text{ m}^2$.

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

- ✓ Dispositif en blocs aléatoire complet (BAC) ;
- ✓ Facteur étudié : 1 (populations) ;
- ✓ Niveaux de facteur : 07.

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

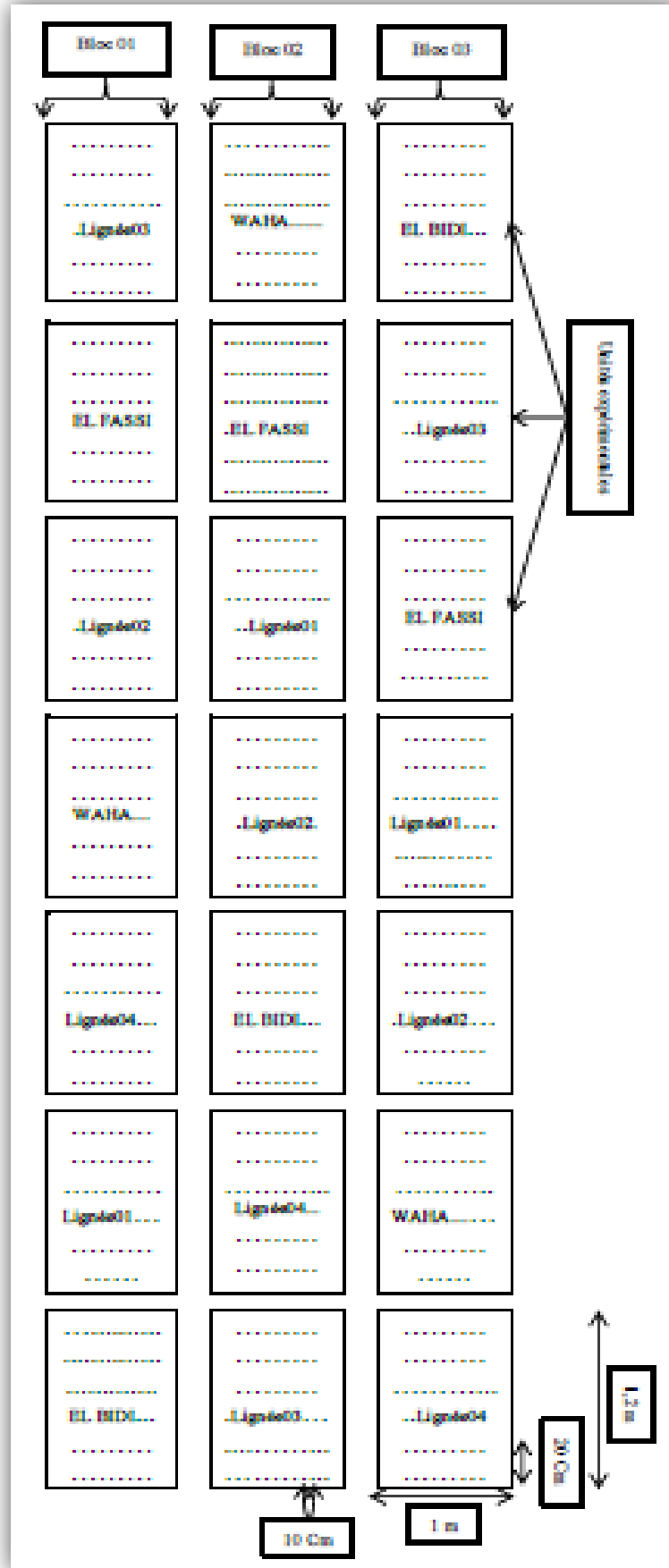


Figure 05. Le dispositif expérimental.

Source : (Orignole, 2016).

2.3. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique

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.

Le seuil de signification retenu est de 5%, la signification des différences entre les variétés étudiées est exprimée en fonction de probabilité (P ou Prob) :

- ✓ $P > 0.05$: il n'y a pas de différence entre les moyennes des différents traitements.
- ✓ $0.0100 < P < 0.05$: la différence entre les moyennes des traitements est significative.
- ✓ $0.0010 < P < 0.0100$: la différence entre les moyennes des traitements est hautement significative.
- ✓ $0.0000 < P < 0.0010$: la différence entre les moyennes des traitements est très hautement significative.

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

3. PRESENTATION DES PARAMETRES ETUDIES

3.1. Nombre de plantes levées par mètre carré

Cette mesure doit être réalisée au stade 2 feuilles (quand la plante talle, il est difficile de compter). Poser une règle de 1 mètre linéaire entre 2 lignes de semis (au hasard). Compter les plantes de part et d'autre de cette règle.

Il faut faire 3 comptages (en diagonale) pour chaque parcelle de l'essai (soit 6 mètres linéaires par parcelle). Faire la moyenne des comptages par parcelle, puis par traitement identique (densité, variété,...etc.) et indiquer le nombre de plantes par m^2 en fonction de l'écartement entre lignes de semis.

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

Le nombre des plantes comptés sur placette est égale à : $NP / R \times E \times L$, dont : NP : nombre total des plantes 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 de plants au m² de la placette (si toutes les placettes ont la même surface) est égal à :

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

3.2. Nombre des talles herbacées par plant

Le tallage herbacé est déterminé par comptage direct de nombre de talles herbacés (à l'exception de maître brin) de stade quatrième feuille jusqu'au stade début gonflement. On compte 20 échantillons par parcelle / génotype / répétition (Oudjani, 2009).

3.3. Date d'épiaison (précocité)

Le repérage des différents stades phénologiques et leur durée par le suivi de la méthode décrite par Soltner (1985), ce stade est comptée en nombre de jours calendaires de la levée à la date de sortie de plus de 50% des épis par parcelle élémentaire.

3.4. Hauteur à l'épiaison

Elle est mesurée au stade épiaison, du ras du sol jusqu'au sommet de la plante. On compte 10 échantillons par plante / génotype / répétition.

3.5. 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 10 échantillons par parcelle / génotype / répétitions et on déduit ensuite la moyenne.

3.6. Coefficient du tallage

Le coefficient du tallage est déterminé par la formule suivante :

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

3.7. 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 10 échantillons (épis) pris au hasard au niveau de chaque parcelle élémentaire, sur chaque épi nous avons compté le nombre total d'épillets.

3.8. Composantes de rendement

3.8.1. Nombre d'épis par mètre carré

C'est la composante du rendement la plus explicative (dans la plupart des thèmes d'essai). Il faut noter avec précision.

Au stade pleine épiaison à maturité (comptages plus aisés quand les feuilles se dessèchent). Poser une règle de 1 mètre entre 2 lignes de semis choisies au hasard. Compter tous les épis situés de part et d'autre de la règle (Faire 3 comptages (en diagonale) pour chaque parcelle de l'essai (soit 6 mètre linéaire par parcelle et 18 mètre par traitement en comptant 3 répétition au moins). Faire la moyenne des comptages et remmener en nombre d'épis par m² en fonction de l'écartement entre ligne de semis.

Il ne faut jamais compter les ranges de bordure et des passages de route.

La formule de 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)

3.8.2. Nombre de grains par épi

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.

Partie III

Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. NOMBRE DE PLANTES LEVEES PAR METRE CARRE

Les résultats relatifs au nombre de plante levées par mètre carré sont représentés dans le tableau 05 et illustrés par l'histogramme figure 06.

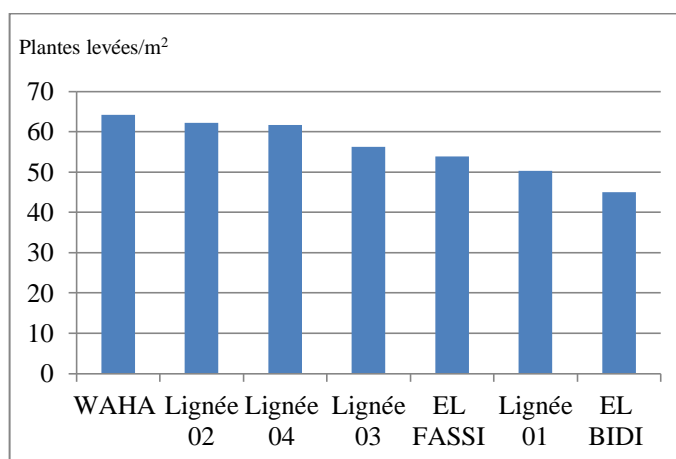
Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 05. Les résultats relatifs au nombre de plantes levées par mètre carré.

Traitement	Moyenne	Prob (P)	CV%
WAHA	64,167	0,301	18,440
Lignée 02	62,222		
Lignée 04	61,667		
Lignée 03	56,194		
EL FASSI	53,889		
Lignée 01	50,288		
EL BIDI	45,023		

Source : (Originale, 2016).

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significatif 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.



Source : (Originale, 2016).

Figure 06. Les résultats relatifs au nombre de plantes levées par mètre carré.

Blouet et *al.*, (1984), trouvent que des température minimale inférieure à (- 5 °C) sont néfastes durant la phase germination levée. Pour réduire les risques de baisse de rendement grain liés aux effets du gel tardifs, la tolérance aux basses températures est recherchée.

La graine exige un taux d'humidité pour assurer une bonne levée, tant que la graine n'a pas été imbibée, le déficit a pour seule conséquence de retarder la date de levée, nom imbibée, celle-ci devient très sensible au manque d'eau (Deumier, 1987).

Les disponibilités pluviales durant la levée (correspondant au stade initiale) sont de (36,3 mm). Un stress hydrique sévère lors de cette phase peut provoquer le flétrissement. Les besoins en eau peuvent être importants (25 à 30 mm) satisfaits par les pluies de la saison, mais la phase levée est sensible au manque d'eau (Handoufe, 1993).

Selon Soltner (1998), un bon sol pour le blé, doit avoir une texture fine «limono-argileuse», assurant le développement des racines et une grande surface de contact, d'où une bonne nutrition ; avec une porosité suffisante, et de complexe absorbant important, qui permettent à la plante de se nourrir à partir des réserves chimiques (Clement et Prat, 1971).

Une structure sableuse, résistance à la dégradation par les pluies d'hiver évite au blé l'asphyxie et permet une bonne nutrition; une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer une nutrition nécessaire pour les bons rendements (Soltner, 1998).

Le blé craint les sols tourbeux contenant de forts teneurs en sodium, magnésium et fer. Le pH optimal pour le développement se situe entre (6 et 8). La culture est modérément tolérante à l'alcalinité du sol (Clement et Prat, 1971).

Certains phytophages réguliers ou occasionnels comme les corvidés (le corbeau freux, la corneille noire, le choucas des tours), les pigeons (le pigeon ramier, le pigeon biset feral) ou des bandes importantes d'étourneaux sansonnets sont responsables de dégâts au semis et la levée sur les plantules et les attaques sur les plantes à maturité sont plus rares (ARVALIS, 2000).

Selon le même auteur, le risque est plus élevé pour un semis isolé dans le temps ou dans l'espace ; les déprédations des corbeaux et pigeons sont généralement moins conséquentes sur céréales à paille que sur d'autres cultures (maïs, tournesol, protéagineux), alors que celles d'étourneaux peuvent être significatives, notamment dans l'Ouest.

2. NOMBRE DES TALLES HERBACEES 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.

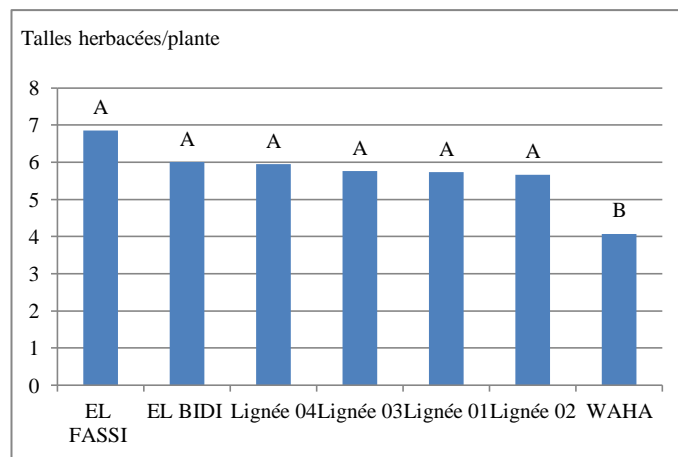
Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
EL FASSI	6,850	A	0,003	9,911
EL BIDI	6,000	A		
Lignée 04	5,950	A		
Lignée 03	5,767	A		
Lignée 01	5,733	A		
Lignée 02	5,667	A		
WAHA	4,075	B		

Source : (Originale, 2016).

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) ; ($0.0010 < P < 0.0100$).

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en deux (2) groupes homogènes (A et B).

A l'exception de la variété WAHA qui a donné un nombre le plus faible de talles herbacées par plante avec 4,075 et classée seule dans le groupe homogène (B), toutes les autres populations sont regroupées dans le même groupe homogène (A) avec un nombre de talles herbacées compris entre (5,66 et 6,00).



Source : (Originale, 2016).

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).

Clement et Prats (1971) ont constaté que ce paramètre peut être considéré comme une composante qui affecte indirectement le rendement.

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.

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).

3. PRECOCITE

Les résultats relatifs à la précocité sont représentés dans le tableau 07 et illustrés par l'histogramme figure 08.

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

Tableau 07. Les résultats relatifs à la précocité.

Traitement	Moyenne (jours)	GH	Prob (P)	CV%
EL BIDI	103	A	0,0000	0,744
Lignée 02	100	B		
Lignée 01	93	C		
WAHA	93	C		
Lignée 04	92	C		
EL FASSI	92	C		
Lignée 03	92	C		

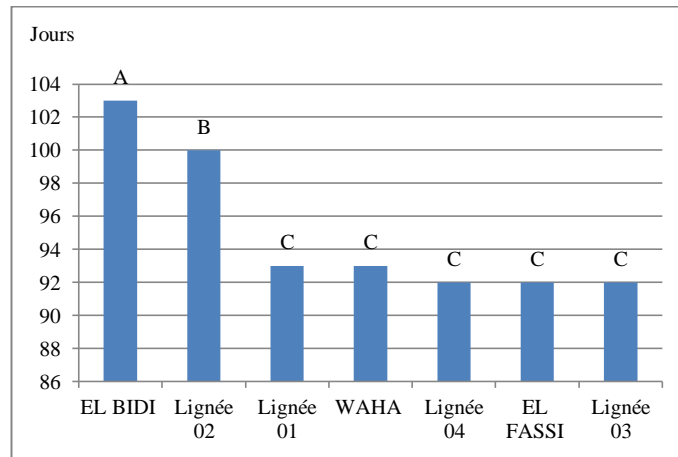
Source : (Originale, 2016).

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

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en trois (3) groupes homogènes (A, B et C).

La population paysanne EL BIDI a enregistré une somme des jours de la levée à l'épiaison la plus élevée avec 103 jours et classée seule dans le groupe homogène (A), suivie par la lignée 02 classée dans le groupe homogène (B) avec 100 jours. Cependant, les autres populations sont classées dans le groupe homogène (C) à côté de la variété WAHA qui se caractérise par sa précocité au stade épiaison.

Toutes les variétés sont précoces à l'épiaison, à l'exception de lignée 02 et la population paysanne EL BIDI que nous pouvons considérer comme tardive.



Source : (Originale, 2016).

Figure 08. Les résultats relatifs à la date d'épiaison.

Les études du rythme de développement et de la productivité des variétés de céréales ainsi que la variabilité génotypique de réponses aux basses températures indiquent que les variétés précoces sont mieux dotées pour esquiver le déficit hydrique et les hautes températures de fin de cycle (Makhloof et *al.*, 2002).

La phase de formation d'une ébauche ne s'effectue qu'en photopériode supérieure à (11 à 12 heures) et suivant la température, de l'automne. Cette phase de formation des ébauches d'épillets, dite phase AB et précédant le stade épi 1 cm, a une durée qui est liée, comme pour la phase végétative d'ailleurs, à la longueur de la durée du jour et à la température moyenne.

Par conséquent, c'est de la durée de cette phase dont dépendront par la suite le tallage épi final et le nombre d'épillets, ceci signifie qu'au stade apex (ébauche d'épi) à 1 cm, le nombre maximal d'épis potentiels et d'épillets est déjà déterminé (Bonfils, 2000).

4. HAUTEUR A L'EPIAISON

Les résultats de la hauteur à l'épiaison sont représentés dans le tableau 08 et illustrés par l'histogramme figure 09.

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

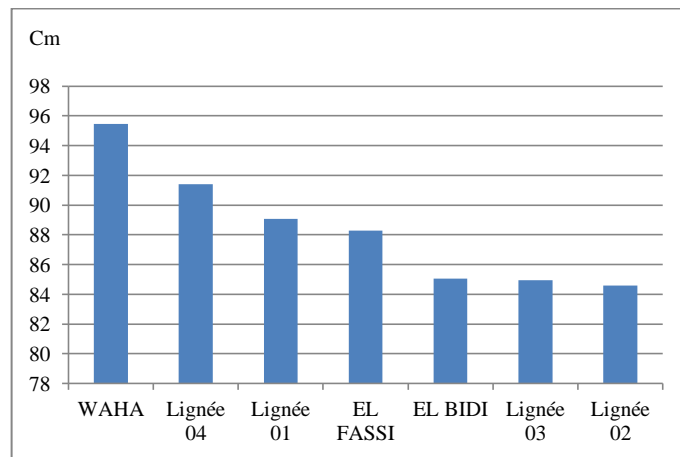
Tableau 08. Les résultats relatifs à la hauteur à l'épiaison.

Traitement	Moyenne (cm)	Prob (P)	CV%
WAHA	95,467		
Lignée 04	91,400		

Lignée 01	89,067	0,374	7,222
EL FASSI	88,267		
EL BIDI	85,050		
Lignée 03	84,933		
Lignée 02	84,600		

Source : (Originale, 2016).

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.



Source : (Originale, 2016).

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

Les valeurs moyennes de la hauteur des populations testés, nous amène à les qualifier de paille moyenne.

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).

La hauteur de la paille est l'élément le plus important de la résistance à la verse mais il faut qu'elle soit en harmonie avec le reste de la plante.

5. NOMBRE DES TALLES EPI PAR PLANTE

Le tableau 09 et illustrés par l'histogramme figure 10 présente les résultats de nombre des talles épi par plante.

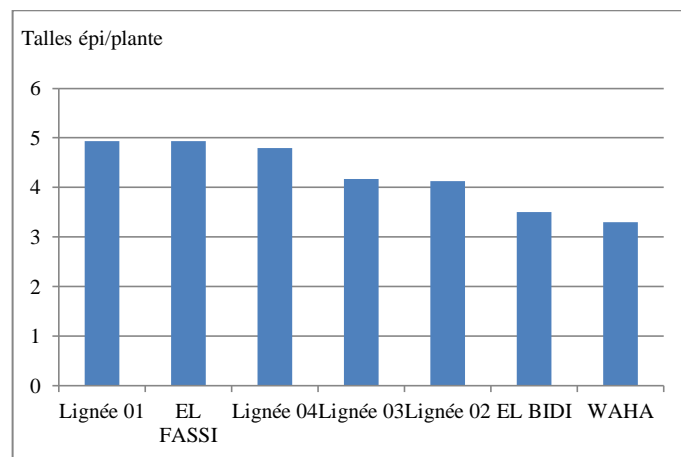
Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 09. Les résultats relatifs au nombre des talles épi par plante.

Traitement	Moyenne	Prob (P)	CV%
Lignée 01	4,933	0,080	17,208
EL FASSI	4,933		
Lignée 04	4,800		
Lignée 03	4,167		
Lignée 02	4,133		
EL BIDI	3,500		
WAHA	3,300		

Source : (Originale, 2016).

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.



Source : (Originale, 2016).

Figure 10. Les résultats de nombre des talles épi par plante.

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 principale 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).

6. COEFFICIENT DU TALLAGE

Le tableau 10 et l'histogramme figure 11 présente les résultats relatifs au coefficient du tallage.

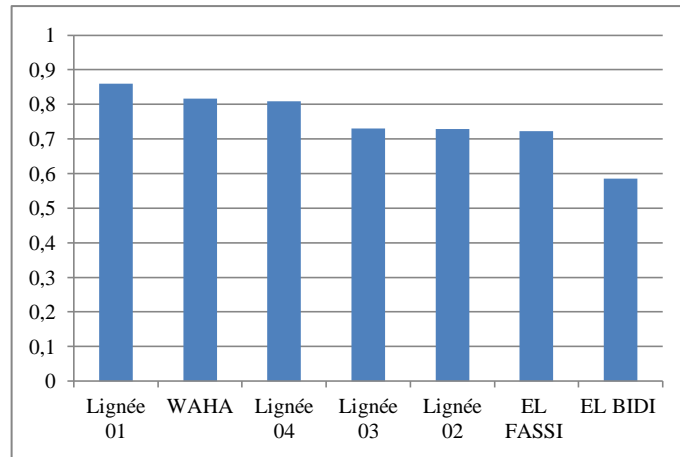
Le tableau d'analyse de variance de ce paramètre est représenté dans l'annexe n° 02.

Tableau 10. Les résultats relatifs au coefficient du tallage.

Traitement	Moyenne	Prob (P)	CV%
Lignée 01	0,859	0,220	16,256
WAHA	0,816		
Lignée 04	0,809		
Lignée 03	0,730		
Lignée 02	0,728		
EL FASSI	0,722		
EL BIDI	0,585		

Source : (Originale, 2016).

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.



Source : (Originale, 2016).

Figure 11. Les résultats relatifs au coefficient du tallage.

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 Chnafi (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).

7. NOMBRE D'ÉPILLETS TOTAL PAR ÉPI

Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi sont représentés dans le tableau 11 et illustrés par l'histogramme figure 12.

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

Tableau 11. Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi.

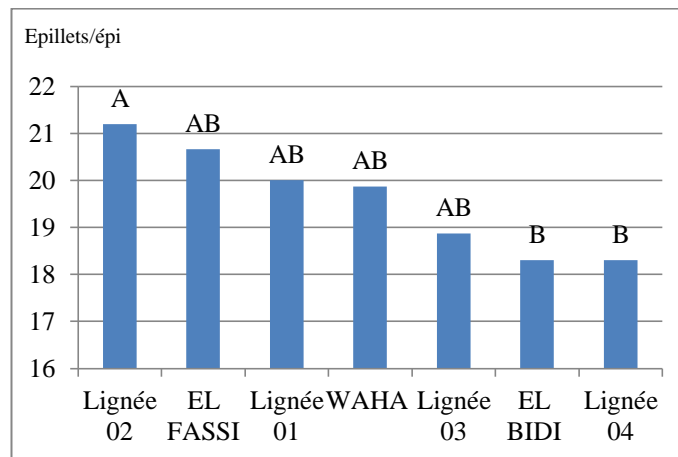
Traitements	Moyennes	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 02	21,200	A	0,0222	5,129
EL FASSI	20,667	AB		
Lignée 01	20,000	AB		
WAHA	19,867	AB		
Lignée 03	18,867	AB		
EL BIDI	18,300	B		

Lignée 04	18,300	B		
------------------	--------	---	--	--

Source : (Originale, 2016).

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 (génotypes) ; ($0.0100 < P < 0.05$)

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en trois (3) groupes homogènes (A, B et un groupe intermédiaire AB). La lignée 02 a enregistré le nombre d'épillets par épi le plus élevé, avec 21,2 épillets/épi et pour cela a été classée la meilleure population et regroupée seule dans le groupe homogène (A); Par opposition à la lignée 04 et la population paysanne El BIDI qui ont enregistré un nombre d'épillets par épi le plus bas avec 18,3 épillets/épi et classée dans le groupe homogène (B).



Source : (Originale, 2016).

Figure 12. Les résultats relatifs au nombre d'épillets total par épi.

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'épillet 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.

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).

8. COMPOSANTES DE RENDEMENT

8.1. Nombre d'épis par mètre carré

Le tableau 12 et l'histogramme figure 13 représente 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.

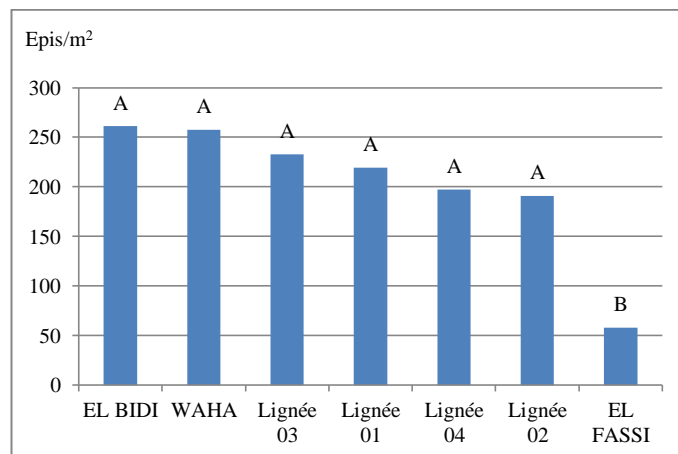
Tableau 12. Les résultats relatifs au nombre d'épis par mètre carré.

Traitement	Moyenne	GH	Prob	CV%
EL BIDI	261,250	A	0,010	26,867
WAHA	257,500	A		
Lignée 03	232,917	A		
Lignée 01	219,167	A		
Lignée 04	197,500	A		
Lignée 02	190,833	A		
EL FASSI	58,125	B		

Source : (Originale, 2016).

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.

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements en deux (2) groupes homogènes (A et B). La population paysanne EL FASSI a été classée comme le meilleur génotype regroupée dans le même groupe homogène (A) avec 5 autres populations pour un nombre d'épis par mètre carré compris entre (190 et 261,25). Par ailleurs la population paysanne EL BIDI a donné le nombre le plus faible d'épis par mètre carré qui proche de 58,125 et classée seule dans le groupe homogène (B).



Source : (Originale, 2016).

Figure 13. 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 caractéristique 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) cité 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, 2000b).

8.2. Nombre de grains par épi

Les résultats de nombre de grains par épi sont représentés dans le tableau 13 et illustrés par l'histogramme figure 14.

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

Tableau 13. Les résultats relatifs au nombre de grains par épi.

Traitement	Moyenne	GH	Prob (P)	CV%
Lignée 01	74,533	A		

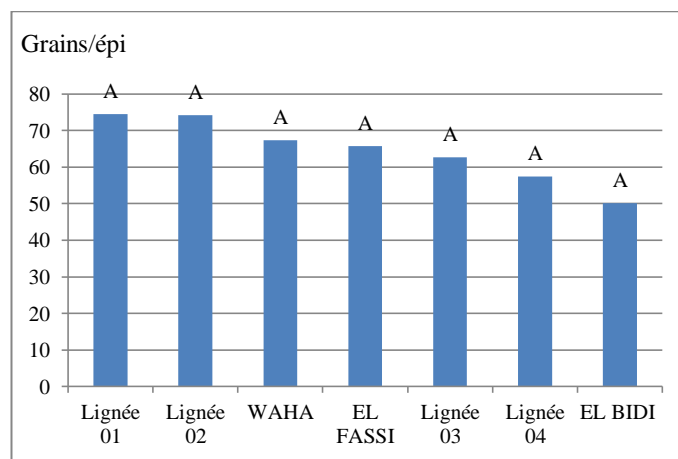
Lignée 02	74,200	A	0,048	13,515
WAHA	67,267	A		
EL FASSI	65,733	A		
Lignée 03	62,667	A		
Lignée 04	57,400	A		
EL BIDI	50,200	A		

Source : (Originale, 2016).

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 (populations); ($0.0100 < P < 0.05$).

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer ces traitements dans un seul groupe homogène (A).

La lignée 02, la lignée 01, la variété locale WAHA ainsi que la population paysanne EL FASSI ont enregistré la meilleure performance pour le nombre de grains par épi, avec une valeur comprise entre (67,267 et 74,533 grains/épi). Par contre, un nombre faible de grains par épi comprise entre (50,200 et 62,667 grains/épi) est enregistré pour les autres populations (la lignée 03, la lignée 04) et la population paysanne EL BIDI, cette dernière a enregistré le nombre le plus bas de grains par épi.



Source : (Originale, 2016).

Figure 14. Les résultats relatifs au nombre de grains par épi.

Cette fertilité de l'épi, c'est à dire le nombre de grains par épi, est certes un caractère génétique lié à la variété, mais il ne faut pas perdre de vue que les facteurs culturaux ont une influence décisive, notamment:

- ✓ Une longue période de tallage ;
- ✓ Un développement des racines ;

✓ Une bonne nutrition en azote et en acide phosphorique (Bonfils, 2000).

L'amélioration de rendement passe nécessairement par le raisonnement de nombre de grains par épi qui explique 75% des variations du rendement.

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

Selon 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 (Gate, 1995).

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, le nombre grains par épis est moins important, contrairement la durée de jours est associée positivement à cette composante de rendement.

Ledent (1978), trouve que la fertilité est la composante du rendement la plus importante. Couvreur (1981), note que le poids moyen du grain, composante formée le plus tardivement, est associé négativement au nombre de grains formés par unité de surface.

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

Une sécheresse de mi- montaison à la floraison aura un effet pénalisant sur le nombre de grain par épi et encore sur le nombre d'épis par m² (Bouthier, 1992).

Conclusion et perceptions

Conclusion et perspectives

Ce travail de recherche s'est intéressé à la valorisation de la diversité variétale et une identification des potentialités génétiques par les paramètres phénotypiques, morphologiques et physiologiques de sept 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 sept populations de blé dur pendant cette années d'essai dans un jardin privé situé dans l'oasis de centre-ville de la wilaya 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 cinq se rapportent à l'aspect génétique, à savoir le nombre de talles herbacées, le nombre de jours à l'épiaison, nombre d'épillets par épi, le nombre de grains par épi et le nombre d'épis par mètre carré. Cela s'explique par la présence de l'effet génétique sur l'expression de ces caractères.

Les résultats ont montré que tous les populations ont un nombre de plantes levées par mètre carré élevée compris entre 45,023 et 64,167 plantes levées/m², ceci indique que tous les populations ont une bonne faculté germinative et sont exposée à une bonne irrigation durant ce censé stade.

L'expression de caractère du nombre de talles herbacées par plante est acceptable pour l'ensemble de populations testées à l'exception de la variété WAHA qui a enregistré un nombre de talles herbacées par plante le plus faible.

L'analyse de la phénologie et la durée de stade épiaison dégage une variabilité intra-spécifique, qui classe les populations en 3 groupes principaux :

- Très tardive : la population paysanne EL BIDI avec 103 jours de la levée à l'épiaison.
- Tardive : la lignée 02 avec 100 jours de la levée à l'épiaison.
- Précoce : la variété WAHA et les autre populations avec 92 et 93 jours de la levée à l'épiaison.

Concernant le nombre d'épillets totaux par épi la lignée 02, qui a été sélectionnée par l'ITGC, a exprimé un nombre plus élevé avec 21,2 épillets/épi. Par contre la lignée 04 et la

population paysanne EL BIDI ont enregistré le nombre d'épillets par épi le plus bas avec 18,3 épillets/épi.

Cependant, six populations ont exprimé presque le même nombre d'épis par mètre carré dont la population paysanne EL FASSI qui a été classée comme la meilleure population.

Alors que la population paysanne EL BIDI a enregistré la valeur la plus faible dans le nombre d'épis par mètre carré (58,125 épis/m²), cette dépréciation peut être causée par un déficit hydrique intervenant durant la phase de montée des épis.

Les variétés se comportent différemment vis-à-vis de nombre de grain par épis, ainsi la variété locale WAHA, la population paysanne EL FASSI et deux des lignées présélectionnées par l'ITGC ont exprimé une bonne performance dans les conditions d'expérimentation de site d'étude.

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 sûre et rentable. Le choix de l'aptitude génétique n'est pas à écarter, c'est surtout l'interaction génotype-milieu que 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 tiroir tout en respectant l'environnement. On pourra ainsi affirmer que nos rendements ne sont en fonction que 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.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abassenne F. 1997. Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse Magistère, INA, Alger, (1997), 81 p.

Abdelguerfi A. et Laouar M. 2000. Les ressources génétiques des blés en Algérie. Passé, présent et avenir. Symposium blé 2000 : *enjeux et stratégies*. Pp 133-145.

Achouri I. 1985. Fertilisation azotée et densité de peuplement d'une variété de blé dur dans la Mitidja. Thèse d'INGINA. EL Harrach. 62 p.

Ait kaki S. 2002. Evaluation de la qualité d'un germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf) : appréciation de l'aptitude technologique et biochimique. Mémoire de Magistère. Université d'Annaba. 130p.

Ait kaki S. 2008. Contribution à l'étude de l'interaction génotype X milieu pour la qualité technologique chez le blé dur. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences.

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.

ARVALIS. 2000. Institut du végétal : institut technique au service des agriculteurs et des filières. Paris : France. <http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/index.html> (Consulter 02/05/2016).

B

Bagga A.K., Ruwal K.N. et Asana R.D. 1970. Comparison of some Indian and semi-dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation. *Indian J. agric. Sci.* 40: 421- 427 p.

Baldy G. 1993. Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. Intolérances de la sécheresse des céréales en zones

méditerranéennes. Diversité génétique et amélioration variétale. Ed, INRA, paris. 191-203 p.

Belaid D. 1986. Aspect de la céréaliculture algérienne. OPU. Alger. 126 p.

Benbelkacem A. et Kellou K. 2000a. Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Symposium blé 2000 : Enjeux et stratégies, 123-192 p.

Benbelkacem A. et Kellou K. 2000b. 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: 968-972 p.

Benbelkacem A., Sadli F. et Brinis L. 1995. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie In : La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne. Diponzo N. et Kaanf Nachit M. *Edit CIHEAM. Espagne*. Pp 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 Kroub.

Bennaceur M., Chorfi M., Rahmoune C., El Jaafri S. et Opaul R. 1997. Potentialités de production de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au Magreb. *Rev.Sci. Technologie*. Université de Constantine, n°8,69-74 p.

Blouet A., Gaillard B. et Masse J. 1984. Le gel et les céréales. D'étude des risque du gel hivernal en lorraine. *Perspectives agricoles*, 85 : 20-25 p.

Bonjean A. et Picard P. 1990. Les céréales à paille origine histoire économie et sélection. Ed Soft Word : group ITM. Pp 29-40.

Bonjean A. 2001. Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, N°21 :29-37 p.

Bonfils M. 2000. Culture de blé d'hiver dans le respect de la plante et du sol. Ed. Las Encantadas. 59 p.

Bouharmont J. 1997. Création variétale et amélioration des plantes. PDF. PARTIE IV : Bases agronomiques de la production végétale. Chapitre 13 : Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique. p.313-338.

Bouthier A. 1992. La tolérance des variétés des céréales à la sécheresse : une réalité à valoriser. Perspectives agricoles n° 169, 62-76 p.

Bouzerzour H. 1998. Sélection pour le rendement, la précocité au stade épiaison, la biomasse aérienne et l'indice de récolte chez l'orge en zone semi-aride. Thèse de Magister. Université de Constantine.

Bozzini A. 1988. Origin, distribution and production of durum wheat in the world. *In* Fabriani G., Lintas C. (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16 p.

C

CADAS. 1993. Académie des Sciences. Les techniques de transgénèse en agriculture : applications aux animaux et aux végétaux. Rapport commun n° 2. Paris. TECHNIQUE & DOCUMENTATION-Lavoisier.154 p.

Cauderon. 1979. Etudes des relations physiologiques chez le blé : cytogénétique et biochimique. Journées d'études. Biochimie et génétique du blé. INRA. Paris .p.30-33.

Chalby N. et Demarly Y. 1991. Actualités scientifique. Amélioration par l'adaptation aux milieux arides. Lavoisier. Paris. 228 p.

Channafi H. 1996. Optimisation de l'appoint d'eau aux différents stades végétatifs sur trois variétés de blé dur : cas des hautes plaines staufiennes. Thèse Magister, INA, El Harrach. 62 p.

Clark J.M., Norvell W.A., Clark F.R. et Buckley T.W. 2002. Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci.* Revue canadienne de phytotechnie. 82 : 27-33 p.

Clement G. M. et Prats J. 1971. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. Ed. Bailliagère et Cob. Paris, France. 351 p.

Combe L. et Picard D. 1994. Elaboration du rendement des principales cultures annuelles. INRA, Paris. 32-36 p.

Couvreur F. 1985. Formation du rendement du blé et risque climatiques. Perspectives agricole N° 95. Pp 12-19.

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 Cedex9. 12 p.

D

Dattée Y. et Fellous M. 2011. Biotechnologies végétales : Environnement, alimentation, santé. 2011/798. Paris : Vuibert. 266 p.

Davidson D.J. et Chevalier P.M., 1990. An thesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Sci* : 30: 832-836 p.

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.

De la perrière R.A.B. 2014. Semences paysannes, plante de demain. (Éd), Charler léopold Mayer : 226 p.

Demerly Y. 1977. Génétique et amélioration des plantes. Collection science agronomique. Ed Masson Paris, 273 p.

Demarly Y. et Sibi M. 1989. Amélioration des plantes et biotechnologie. Ed JOHN LIBBEY, EUROTEXT Paris. 152 p.

Demarly Y. et Sibi M. 1996. Amélioration des plantes et biotechnologies. 2 éd. Paris: John Libbey Eurotext. 151 p.

Deumier J.M. 1987. Bilan de quelques années d'irrigation du blé. Perspectives agricole, 114. 11-16 p.

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.

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.

E

El bay F. 2013. Etude des composantes du rendement de blé dur. Rapport de fin de stage. Université d'Amarr Telidji, Laghouat. 29 p.

El hassani T.A. et Persoons E. 1994. Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. (éd). AUPELF-UREF : 544 p.

F

FAO. 2007. Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).

FAO. 2012. Decent rural employment for food security: a case for action. Rome.

Feillet P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. Edition INRA. Paris.

Feldman M. 2001. Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). *The World Wheat Book: a history of wheat breeding*. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 358 p.

Fisher R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. agric. Sci., Camb*, 105, 447-461 p.

Flintham J.E. et Gale M.D. 1983. The Tom Thumb dwarfing gene in wheat, 2. Effects on height, yield and grain quality. *Theor. Appl. Genet.* 66:249-256 p.

Fouroughiwehr B., Friedt W. et Wenzel H. 1989. "On the genetic improvement of androgenetic haploid in *hordium vulgare L*". *Theo, Appl. Genet* 62. p.233-239.

G

Gallais A. et Bannerot H. 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. INRA. Paris. 687 p.

Gallais A. 2009. Hétérosis et variétés hybrides en amélioration des plantes. (Éd). Quae : RD 10, 78026 Versailles Cedex. France. 356 p.

Gallais A. 2013a. De la domestication a la transgénèse : évolution des outils pour l'amélioration des plantes. (Éd). Quae : RD, 78026 Versailles Cedex. France. 175 p.

Gallais A. 2013b. Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes. (Éd). Quae : RD 10, 78026 Versailles Cedex. France. 278 p.

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. Tec et Doc. Ed Lavoisier.

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.

Goulden C.H. 1939. Problems in plant selection. In: proceedings of the 7th International Genetic Congress (R.C. Punnett, ed.), Cambridge University Press, Royaume-Uni, 132-133 p.

H

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.

Handoufe A. 1993. Supplementary for wheat in Marocco, Turing and efficiency. Regional seminar on role of supplementary irrigation on cereal production: Dames, Syria. 11-17 p.

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

Hazmoune T. 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).

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.

J

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

Johannsen W. 1903. *Über Erbllichkeit in Population and in reinen Linien: Ein Beitrag zur Beleuchtung schwebender Selektionfragen.* Gustav Fisher, (translation of summary in classic in genetics, J.A. Peters (ed). (Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc, 1960). Jena, Allemagne.

K

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

Khaldoun A., Bellah F. et Mekliche L. 2006. L'obtention variétale en Algérie : cas des céréales à paille. INRA. Alger. 82 p.

L

Ledent J.F. 1978. Vernalization and anthesis in a collection of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.): a quantitative study in controlled environment. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* 112, 186-192 p.

Lev-Yadun S., Gopher A. et Abbo S. 2000. The cradle of agriculture. *Science*. 288 : 1602-1603 p.

M

Maciejewski J. 1991. Semences et plants. p.35, 37, 58.

Makhlouf A., Bouzerzour H. et Dehbi F. 2002. Rythme de développement et variabilité du blé dur aux basses températures, In : procédions séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides. Oum El Zouaghi, 23 :p.75-80.

Melki. M., Dahmane A.E.K. et Garout A. 1996. Effet de la variation saisonnière des facteurs climatiques sur les composantes de rendement des céréales (blé dur et orge). Journal des sciences agronomiques. IN AT. Tunis. V 10. N° 1. 105-114 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 Telidji-Laghouat. p.76.

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.

Moule C. 1972. Les céréales. Ed, Maisson, paris. 318 p.

N

Nachit M.M., Benbelkacem A. et Brinis L. 1998. Yield stability and physiological traits of Algerian durum wheat in dryland Algeria. P.153-155 in Proceedings of the Ninth International Wheat Genetics Symposium, Vol. 2, 2- 7 Aug 1998, Saskatoon, (ed). Canada, A.E. Slinkard.

O

O.N.M. 2016. 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.

P

Picard E. 1988. Sélection du blé, intégration des biotechnologies. Revue n°68. 28-38 p.

S

Sakamura T. 1918. Kurze Mitteilung uber die chromosomenzahlen and die Verwandtschafts verhatnisse der Triticum .Arten .*Bot.Mog* (Tokyo), 32. p. 15-154.

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 Telidjilaghout. 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. 1985. Les grandes productions végétale, céréale, plantes et prairies sarclées Edition ; collection science et technique agricole. 471 p.

Soltner D. 1998. Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.

Souilah N. 2005. Contribution à l'étude de l'effet de la densité de peuplement sur les composantes de rendement chez deux génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone humide (El- Harrouch). Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie. Université de Skikda. 61 p.

T

Teoule E. 1999. « Biotechnologies et amélioration des plantes ». 5U, K édition. Tec et Doc. 607-612 p.

Tiyawalee D. et Frey K.J. 1970. Mass selection for crown rust resistance in oat population. *Lowa satat. J. Sci.* 45: 271-231 p.

V

Valdeyron L. 1961. Ressources génétique des blés. *Revue scientifique française.* p. 27-38.

Van Slageren M.W. 1994. Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. & Spach) Eig (Poaceae). Wageningen Agriculture University Papers, (7).

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

W

Wall A.M., Ripley R. et Gale M.D. 1971. The position of a locus on chromosome 5B of *Triticum aestivum* affecting homoeologous meiotic pairing. *Genet Res.* 18: 329 – 339 p.

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

Y

Ykhlef N. et Djekoun A. 2000. Comportement hydrique, activité photochimique et résistance à la sécheresse chez le blé dur (*T. durum* Desf.) : Symposium blé 2000 : enjeux et stratégies. Pp 156.

Z

Zahour A. 1992. Elément d'amélioration des plantes Manuel scientifique et technique. Actes. Ed ; Rabat Maroc. p. 90, 91, 98.

Zair M. 1994. L'irrigation d'appoint et fertilisation azotée de blé dur .Céréaliculture N°24.

Zouaoui G. 1993. Etude en F1 et F2 des hybrides issus du croisement de 05 variétés de blé dur : détermination génétique des principaux caractères a intérêt agronomique. Thèse d'ingénieur d'état. I.N.R.A El Harrach. Alger. 7p.

Références électroniques :

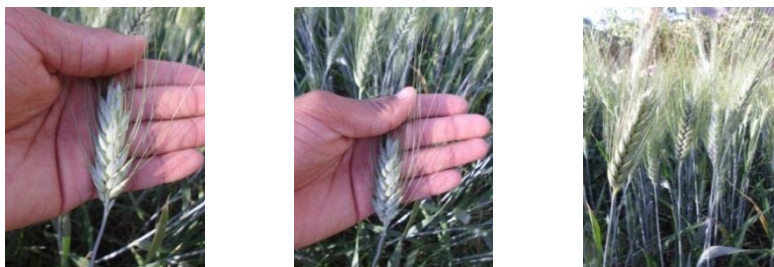
(Réf. Eléc. 01): Le site des ressources pédagogiques de la filière semences. 2016 [en ligne]. [Consulter le 10/02/2016]. <http://www.gnis-pedagogie.org/biotechnologie-amelioration-selection.html>.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : photos d'épis (Originale, 2016).

Lignée 01 : PLATA10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA7/3/ALBA/5/AVO/HUI/...



Lignée 02 : CMH85797//DUKEM12/2*RSCON12/9/USDA595/3/D67.3/



Lignée 03: POD20//SULA/ACO89/3/SORA/2*PLATA12//SOMAT3/4/



Lignée 04 : SMAT3/PHAX1/TILO1/LOTUS4/3/GUANAY/5/NETTA4/...



Variété WAHA



Variété paysanne EL FASSI



Variété paysanne EL BIDI

**Annexe 02 : les tableaux d'analyse de variance**

Analyse de variance du nombre de plantes levées par mètre carré

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	2517,135	20	125,857		
Var. Facteur 1	884,503	6	147,417	1,372	0,301
Var. Blocs	343,596	2	171,798	1,599	0,242
Var. Résiduelle 1	1289,035	12	107,420		

Analyse de variance du nombre des talles herbacées par plante

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	17,331	20	0,867		
Var. Facteur 1	12,358	6	2,060	6,408	0,003
Var. Blocs	1,115	2	0,558	1,735	0,217
Var. Résiduelle 1	3,857	12	0,321		

Analyse de variance de la précocité

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	380,000	20	19,000		
Var. Facteur 1	372,000	6	62,000	124,000	0,000
Var. Blocs	2,000	2	1,000	2,000	0,177
Var. Résiduelle 1	6,000	12	0,500		

Analyse de variance de la hauteur à l'épiaison

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	937,492	20	46,875		
Var. Facteur 1	291,241	6	48,540	1,191	0,374
Var. Blocs	157,157	2	78,579	1,928	0,187
Var. Résiduelle 1	489,094	12	40,758		

Analyse de variance du nombre des talles épi par plante

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	15,512	20	0,776		
Var. Facteur 1	8,166	6	1,361	2,542	0,080
Var. Blocs	0,921	2	0,460	0,860	0,451
Var. Résiduelle 1	6,426	12	0,535		

Analyse de variance de coefficient du tallage

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	0,356	20	0,018		
Var. Facteur 1	0,146	6	0,024	1,636	0,220
Var. Blocs	0,0 31	2	0,016	1,058	0,379
Var. Résiduelle 1	0,178	12	0,015		

Analyse de variance du nombre d'épillets total par épi

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	40,525	20	2,026		
Var. Facteur 1	23,540	6	3,923	3,882	0,022
Var. Blocs	4,856	2	2,428	2,402	0,131
Var. Résiduelle 1	12,129	12	1,011		

Analyse de variance du nombre d'épis par mètre carré

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	126280,060	20	6314,003		
Var. Facteur 1	86054,278	6	14342,380	4,847	0,010
Var. Blocs	4716,778	2	2358,389	0,797	0,476
Var. Résiduelle 1	35509,003	12	2959,084		

Analyse de variance du nombre de grains par épi

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Total	2467,223	20	123,361		
Var. Facteur 1	1386,476	6	231,079	3,034	0,048
Var. Blocs	166,869	2	83,434	1,096	0,367
Var. Résiduelle 1	913,878	12	76,157		