



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 : BENABDELLAH Besma

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Etude de quelques paramètres physico-chimiques de huit (08) variétés de blé dur testées dans la région de Laghouat

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
M. MOULAI A		Président
Mme. OUAISSA N		Examinatrice
M. AIT SALAH B		Rapporteur

Promotion : JUIN - 2018

Thème de mémoire :

« Etude de quelques paramètres physico-chimiques des grains de huit (08) variétés de blé dur testées dans la région de Laghouat »

Résumé :

L'expérimentation a été réalisée durant la campagne 2016/2017, au niveau d'un jardin privée à la wilaya de Laghouat sous un étage bioclimatique aride. Cette étude porte essentiellement sur (08) variétés du blé dur El Fassi et GEUMGOUM RKHEM (variétés paysannes), quatre (04) sont des lignées pures créés et sélectionnés par l'ITGC d'El-Khroub et 2 variétés inscrites BIDI17 et SIMITO. Quelques analyses physiques, chimiques et technologiques ont été effectuées sur les grains dont l'objectif essentiel est de mettre en évidence l'expression génétique de la qualité de ces variétés afin de sélectionner le meilleur génotype.

L'analyse statistique des résultats montre qu'il existe une influence génétique sur l'expression de quelques paramètres mesurés à savoir le PMG, mitadinage, la teneur en cendre et la teneur en gluten (humide et sec). Alors que la variété inscrite EL BIDI17 présente la meilleure variété.

Mots clés : blé dur, sélection, variétés, qualité.

Title of the dissertation:

«Study of some physicochemical parameters of the grains of eight (08) durum wheat varieties

Abstract:

The experiment was carried out during the 2019/2017 campaign, at the level of private garden in the wilaya of Laghouat under an arid bioclimatic stage. This study focuses on (8) variety of El Fassi durum wheat and GEUMGOUM RKHEM (farmer's varieties), four (04) are pure lines created and selected by ITGC El Khroub and 02 varieties listed EL BIDI17 and SIMITO. Some physical, chemical and technological analysis have been created out grains whose main objective is to highlight the genetic expression of the quality of these varieties in order to select the best genotype.

Statistical analysis of the results shows that there is a genetic influence on the expression of some measured parameters namely PMG, mitadinege, ash content and gluten content (wet and dry).

Key words: durum wheat, selection, varieties, quality.

تلخيص المذكرة :

«دراسة بعض المعايير الفيزيائية و الكيميائية لثمانية (08) أصناف من حبوب القمح الصلب تم اختيارها لمنطقة الاغواط».

ملخص:

أجريت هذه التجربة خلال موسم 2017/2016 في حديقة خاصة بولاية الاغواط تحت تدرج مناخي قاحل. تتركز هذه الدراسة على (8) أصناف من القمح منها اثنان القاسي و قمقوم الرخم (صنفين فلاحين) و أربعة أخرى نقية تم اختيارها و إنشائها في م.ت.ع.ف (المعهد التقني للعلوم الفلاحية) الخروب .ثم القيام ببعض التحاليل الفيزيائية و الكيميائية و التكنولوجية على الحبوب , و التي هدفها الأساسي هو تسليط الضوء على التعبير الجيني لجودة هذه الأصناف من أجل اختيار أفضل تركيب و راقى . أظهر التحليل الإحصائي للنتائج أن هناك تأثير وراثي على بغض المعايير المقاسة و المختبرة وهي: وزن ألف حبة , ميتاديناج , نسبة الغلوتين (الرطب و الجاف) و نسبة الرماد .

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب ,التحديد , أصناف, الجودة .

DEDICACE

Je dédie mon modeste travail à

A mes Ames chères parents Laarbi et Labdia

Pour leur patience, leur amour, leur encouragement et leurs soutiens, que ce soit affectivement, moralement ou financièrement.

A mes grandes mères Fatoum et Zohra

A mes très chères sœurs Manel, sarah et Sarah T,

A mes petits Tassenim et Hamadi

Ames chers frères Hamza, Sidahmed et Taha.

Vous êtes présent dans tous mes moments d'examens par votre soutien moral.

A toute la famille Bejra et Benabdellah

A mon cher prof : Monsieur Bechour Mourad.

A toutes mes amies : Afrah, Anfel, Somia, Fadoua, Jihad, Najet, Djihad, Sahla, Lilia, Fatima, Mibarka, Mimouna,

A mon cousin Moulai et mes amis : Khalifa, Djamel, Amine, Mouloud, Mostapha, Abdeljalil, et Mohamed.

A mes amis et mes camarades sans oublier tous les professeurs que se soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

Remerciements

Tout d'abord, grâce à AIWAHID qui m'a créé, m'a protégé, qui toujours avec moi et qui ne me laisse seul. Louange à ALLAH et qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je voudrais remercier du fond du cœur monsieur AIT SALH. B (enseignant au département d'agronomie à Laghouat) qui m'a guidé et dirigé afin de réaliser ce travail qui témoigne de sa confiance et son soutien.

Je tiens à remercier les membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail.

J'adresse tous mes remerciements à Mr. Meziane Benabdessalam et Mme. Aouatif qui travaillent comme chef de département et chef des services au niveau du laboratoire de la semoulerie/ minoterie qui ont acceptés de m'accueillir au sein de leur équipe, sans oublier ma sœur Fatima qu'elle trouve ici tout ma gratitude pour ses conseils et ses orientations pertinentes de cette étude.

Mes vifs sentiments de reconnaissance à toute personne qui a participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	I
Dédicace	III
Remerciements.....	IV
Tableau des matières.....	V
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VIII
Liste des abréviations et des symboles.....	IX
Introduction.....	1

PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralités sur le blé.....	3
1. IMPORTANCE DU BLE DUR	3
1.1. Dans le monde	3
1.2. En Algérie	5
2. HISTORIQUE DU BLE DUR.....	6
3. ORIGINE	6
3.1. Origine génétique :.....	6
3.2. Origine géographique	7
4. CLASSIFICATION BOTANIQUE.....	7
5. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DE LA PLANTE	8
5.1. La partie souterraine	8
5.2. La partie aérienne	8
6. LE GRAIN.....	8
6.1. Composition histologique du grain de blé	9
6.1.1 L'enveloppe	9
6.1.2.. Germe ou embryon	9
6.1.3. Endosperme ou amande	9
6.2. Composition chimique de grain de blé dur.....	11
6.2.1. L'eau.....	12

6.2.2. Les glucides	12
6.2.3. Les minéraux et vitamines	12
6.2.4. Les protéines du blé	12
6.2.5. Le gluten.....	13
7. CYCLE VEGETATIF DE BLE DUR.....	13
7.1 Période végétative	13
7.1.1 Phase Germination - levée	13
7.1.2 Phase Levée- Tallage	14
7.2 Période reproductrice	14
7.2.1 Phase Montaison Gonflement	14
7.2.2 Epiaison – fécondation	14
7.2.3 Grossissement du grain	14
7.2.4 Maturation du grain	15
Chapitre II : Sélection et amélioration de blé dur	
1. OBJECTIF DE LA SELECTION DE BLE	15
2. DIFFERENTES METHODES APPLIQUEES DANS LA SELECTION DE BLE DUR	17
2.1. Sélection dans la population hétérogène	17
2.1.1. Sélection massale	17
2.1.2. Sélection généalogique	17
2.2. Sélection après hybridation	17
2.2.1. Sélection pédigrée	18
2.2.2. Sélection par la méthode de Bulk	18
2.2.3. Sélection par la méthode SSD (Single-Seed-Décent)	18
3. PRINCIPAUX CRITERES POUR CHOISIR UNE VARIETES	18
3.1. Notion de qualité chez le blé dur.....	18
3.1.1. Qualité semoulière	19
3.1.1.1. Taux de mitadinage.....	19
3.1.1.2. Poids de mille grains	19
3.1.1.3. Teneur en protéines	20
3.1.1.4. La teneur en cendre	20
3.1.2. Qualité pastière	20
3.1.3.. Qualité visuelle	20

3.1.4. Qualité culinaire	21
--------------------------------	----

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

Chapitre III : Matériels et méthodes.....22

1. LIEU DE REALISATION DE L'ESSAI EXPERIMENTAL	22
2. PROTOCOL EXPEREMENTAL	22
2.1. Le matériel végétal.....	22
2.2. L'élaboration de plan d'expérience	23
2.3. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique	26
3. LES PARAMETRES ETUDIÉS	26
3.1. Le poids de mille grains	26
3.2. Le taux de mitadinage	27
a- Mode opératoire	27
b- Expression des résultats.....	27
3.3. Dosage de l'humidité	28
a- Mode opératoire	28
b- Expression des résultats.....	28
3.4. Le Taux de cendres	28
a- Mode opératoire.....	29
b- Expression des résultats	29
3.5. La teneur en gluten humide (GH)	29
a- Mode opératoire	29
3.6. La teneur de gluten sec (GS)	30
a- Mode opératoire	30
b- Expression des résultats.....	31

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre IV : Résultats et discussion.....32

1. Le poids de mille grains (PMG)	32
2. Taux de mitadinage	34
3. Taux d'humidite	35
4. Taux de cendres	36

Table des matières

5. Taux de gluten humide	37
6. Taux de gluten sec	39
Conclusion	41
Références bibliographiques.....	42
Annexes	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Les principaux pays producteurs du blé dur dans le monde	4
Tableau 02 : Classification botanique de blé dur.....	7
Tableau 03 : Composition biochimique des principaux constituants du grain du blé	11
Tableau 04 : Composition chimique du grain de blé dur.....	12
Tableau 05 : Origine de sélection des différentes variétés et lignées testées.....	22
Tableau 06 : Les résultats relatifs au poids de mille grains (PMG).....	31
Tableau 07 : Les résultats relatifs aux taux de mitadinage	33
Tableau 08 : Les résultats relatifs au taux d'humidité des grains.....	34
Tableau 09 : Les résultats relatifs des taux de cendres.....	36
Tableau 10 : Les résultats relatifs au taux de gluten humide.....	37
Tableau 11 : Les résultats relatifs au taux de gluten sec.....	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Coupe longitudinale de la graine de blé	10
Figure 2 : Le cycle de vie du blé	15
Figure 3 : Le dispositif expérimental	25
Figure 4 : Farinotome de POHL	27
Figure 5 : Glutenex	30
Figure 6 : Gluark	30
Figure 7 : Histogramme représentatif de poids de mille grains de blé	33
Figure 08 : Histogramme représentatif de taux de cendres des grains de blé	37
Figure 09 : Histogramme représentatif de gluten humide des grains de blé	39
Figure 10 : Histogramme représentatif de gluten sec des grains de blé	40

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SYMBOLES

- ✓ **MS** : Matière sèche.
- ✓ **PMG** : Poids de mille grains.
- ✓ **ITGC** : Institut Technique des Grandes cultures.
- ✓ **BAC** : Bloc Aléatoire Complet.
- ✓ **PPDS** : La Plus Petite Différence Significative.
- ✓ **SSD** : Single Seed Décent.
- ✓ **Prob** : probabilité.
- ✓ **n** : Nombre diploïde
- ✓ **GH** : Gluten humide
- ✓ **GS** : Gluten sec
- ✓ **G.H** : Groupe homogène.
- ✓ **F** : Hybride ou génération.
- ✓ **DPAT** : Direction de la Planification et Aménagement du territoire.
- ✓ **° C** : Degrée Celsius.
- ✓ **INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique.
- ✓ **E.T** : Ecarte Type.
- ✓ **V** : Variété.

INTRODUCTION

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

En Algérie, la production céréalière a atteint 3,3 millions de tonnes en 2014 (FAO, 2015) par ailleurs elle constitue l'essentielle de la ration alimentaire quotidienne de la population et occupent une superficie de 2.7 millions d'hectares (Benbelkacem, 2013).

Actuellement, produire plus de céréales, principalement le blé, est devenu une question préoccupante pour l'Algérie, dont les besoins d'une population sont en pleine croissance, de plus de la résilience de l'économie nationale face à la baisse des prix du pétrole.

Sous les conditions de production des principales zones céréalières, notamment celles des hauts plateaux, les performances de rendement de blé dur sont essentiellement limitées par l'action des stress aussi bien de nature biotique et abiotiques. La qualité n'est pas encore prise en considération par les pouvoirs publics dans la formation des produits locaux. Le prix d'achat d'un quintal du produit est le même quelque soit leur teneur en protéines, alors que cette teneur est un critère qui fixe le prix du blé dur sur le marché international (Hamadache, 2011).

La variation des rendements, d'une année à l'autre, a pour origine la sensibilité du matériel végétal aux effets combinés des basses températures hivernales, du gel printanier, du stress hydrique et des hautes températures de fin de cycle de la culture (Abbassenne *et al*, 1998 ; Fellahi *et al*, 2002 ; Bahlouli *et al*, 2005 ; Makhelouf *et al*, 2006 ; Chenaffi *et al*, 2006 ; Benmohammed *et al*, 2010).

La qualité médiocre de blé, ainsi que la faiblesse des rendements peut être expliquée aussi par la non maîtrise des itinéraires techniques (mauvaise préparation du sol, protection insuffisante des cultures contre les prédateurs, les maladies et les adventices, la non maîtrise de la fertilisation du point de vue dose et date d'apport) (Hamadache, 2011).

Produire plus suppose que le potentiel génétique des variétés s'y prête et que la technologie suit. En effet, l'amélioration génétique du blé a pour objectif l'augmentation de la productivité avec une bonne qualité technologique. Le succès de cette stratégie est lié à l'existence d'une diversité variétale qui permet ainsi l'expression génétique d'un bon rendement et d'une bonne qualité (Hamadache, 2011).

Les agriculteurs paysans s'efforcent d'augmenter leur rendement, de réduire leur coût et leur impact environnemental, tout en recherchant un bon rendement et une bonne qualité.

Les producteurs ou les semenciers et les pépiniéristes industriels préfèrent multiplier leurs quelques variétés sélectionnées pour les besoins d'une agriculture industrielle de plus en plus dépendantes de la chimie. Les variétés paysannes, traditionnelles ou de terroir, pourtant mieux adaptées aux conditions spécifiques et locales de culture, ne les intéressent pas (Hamadache, 2011).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui vise à comparer les variétés de terroir à celles inscrites ou en cours de sélection, en vue de sélectionner celles qui expriment au mieux une bonne qualité technologique.

Notre travail est divisé en trois grandes parties :

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

2^{ème} Partie : Dénommée matériels et méthodes ; elle regroupe toutes les informations utiles concernant le matériel végétal et méthodologie de travail.

3^{ème} Partie : Dénommée résultats et interprétation où nous finalisons notre étude en présentant les résultats obtenus et la discussion de ces derniers.

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR LE BLE DUR

1. IMPORTANCE DU BLE DUR :

1.1. Dans le monde :

Les céréales occupent une place très importante comme source d'alimentation humaine et animale dans le monde (Allaya, 2006) ; représentent dans les pays méditerranéens les principales productions agricoles avec plus de 50% des surfaces cultivées (Bencharif et *al.* 2009) et contribuent dans ces pays de 35 à 50% des apports caloriques de leur ration alimentaire (Allaya, 2006).

Parmi ces céréales ; le blé dur occupe une place importante dans le monde, dont le grain sert à la production des pâtes alimentaire, de couscous, pain, fric, et divers gâteaux (Troccoli et *al.* 2000) ; et la paille pour l'alimentation des bétails (Bahlouli et *al.* 2005).

Le blé dur *Triticum durum* occupe mondialement, la cinquième place après le blé tendre (*Triticum aestivum L.*), le riz (*Oryza sativa L.*), le maïs (*Zea mays L.*) et l'orge (*Hordeum vulgare L.*) avec une production mondiale de 30 millions de tonnes. Le plus grand producteur et exportateur du blé dur est le Canada (Amokrane, 2001).

La production mondiale de blé dur en 2015/16 au cours de mois de février 2016 est en hausse de 1,7 million de tonnes par rapport au mois de janvier de la même année, atteignant 39,7 millions de tonnes, un bond de 15 % par rapport au résultat de l'année précédente (ONFAA, 2016).

Tableau 01 : Les principaux pays producteurs du blé dur dans le monde (FAO, 2015)

	(producteurs en millions de tonnes)		
	Moyenne		
	2012-2014	2014 estim.	2015 prévis.
UE	143.9	155.6	147.0
Chine continentale	123.0	126.2	126.0
Inde	94.7	95.8	94.5
Etats-Unis	58.2	55.1	56.0
Fédération de Russie	49.6	59.0	55.0
Canada	31.3	29.3	30.0
Australie	24.5	23.6	26.0
Pakistan	24.3	25.3	25.5
Turquie	20.4	19.0	21.0
Ukraine	20.7	24.0	22.0
Rép. Islamique d'Iran	13.6	13.0	13.0
Kazakhstan	21.1	12.5	13.5
Argentine	10.4	13.9	12.0
Egypte	8.8	8.8	8.5
Ouzbékistan	6.9	7.2	7.5
Total mondial	701.1	727.2	720.0

Le classement de l'année 2015 des principaux premiers producteurs du blé dur indique que l'UE est toujours en première position. Et la Chine en deuxième position. Par contre les Etats-Unis se situent en quatrième position après l'Inde (FAO, 2015).

L'UE et le continent américain sont excédentaires en blé dur, ce qui leur confère un avantage économique et géopolitique indéniable. Au contraire, l'Asie et l'Afrique apparaissent déficitaires, ce qui renforce leur dépendance à l'égard des grands pays exportateurs. Le marché mondial du blé est segmenté en différents groupes de pays qui ont diverses capacités de production et de consommation de blé, ce qui rend ce marché plus propice à la volatilité des prix. Seulement 19% de la production mondiale du blé est échangée et il s'agit d'un marché de surplus et d'excédent (Charvet, 2012).

1.2. En Algérie :

L'Algérie est la 5ème pays dans le classement mondial de consommation des céréales (Djermoun, 2009). La consommation alimentaire humaine des céréales occupe 60% de la ration alimentaire moyenne en Algérie (contre 25 à 30% en Europe), elle est évaluée à 200 kg équivalent grain/ an/ kg. (Bencharif et *al.* 2009).

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur, 600 000 hectares de blé tendre, la récolte de céréales a atteint 4 MMT dont le blé panifié représentait 1% de la production totale. Le blé étant le produit de consommation de base, les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour (Abis, 2012). Cette consommation de blé a légèrement augmenté ces dernières années en raison de l'urbanisation accrue, de la croissance de la population et de l'augmentation de la capacité de broyage, mais devrait rester plus ou moins stagnante (Hales et Rush, 2016).

Selon la FAO durant l'année 2014 l'Algérie est classée en quatrième position au niveaux Africaines et à la dix-septième position au niveaux mondial avec une production du blé de 2.4 millions de tonnes, colletée est constituée en moyenne de blé dur 58,7%, blé tendre 33% (FAO, 2014).

Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population (Ammar, 2014).

L'Algérie a importé de 6 à 7 Mt par an de blé total au cours des cinq dernières années, le blé tendre représentait environ 80 pour cent du blé total importé en 2015, tandis que les importations de blé dur représentaient seulement 20 pour cent, car elle est produite moins de blé tendre que de blé dur et que la production domestique est encore principalement axée sur le temps et ne répond pas encore à la demande malgré l'augmentation des rendements due à la stratégie agricole.

La France reste le principal fournisseur de blé en Algérie représentant 54 pour cent des importations en 2015 principalement en blé tendre. Et elle est importe le blé dur du Canada, du Mexique et des États-Unis (Hales et Rush, 2016).

2. HISTORIQUE DU BLE DUR

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est à la base de la nourriture de l'homme (Ruel, 2006). La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman et Sears, 1981). Ceci correspond au début de la période du Drayas qui fut localement un épisode climatique de sécheresse et de refroidissement, qui a pu aboutir à l'arrêt progressif du mode de vie « chasseur-cueilleur » et entraîner la domestication de certaines plantes - dont les blés - et, via le stockage de stocks alimentaires, la création de premières communautés villageoises (Hayden, 1990 ; Wadley et Martin, 1993).

Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (Henry et de Buyser, 2001). En simplifiant, on peut considérer que la culture des blés a historiquement entraîné trois grands types de modifications :

Dans une première phase, qui correspond à la période de transition entre la collecte manuelle de formes sauvages dans leur habitat natif et l'apparition des premiers champs cultivés, le passage de formes à épi fragile à des types à rachis solide a été déterminant, ainsi que le repérage de mutants à épi facilement battable et grain nu. D'autres modifications ont accompagné cette période comme le choix préférentiel de plantes érigées, à gros grain non dormant, germant uniformément et certainement un tri sur la couleur du grain, lié à des pratiques religieuses ou autres. Il est possible également que, dès cette étape, les agriculteurs aient pris conscience de l'intérêt du nombre d'épillets par épi, mais ce n'est pas certain (Bonjean, 2001).

On admet généralement que la culture de blé dur a commencé et s'est développée en Algérie au lendemain de la conquête Arabe. La plupart des auteurs s'accordent pour considérer que la céréaliculture algérienne est depuis cette date et jusqu'à la colonisation, très largement dominée par le blé dur (Laumont et Erroux, 1961).

3. ORIGINE :

3.1. Origine génétique :

D'après Clément et Prat (1971) ; le blé appartient aux espèces du *Triticum* qui sont classées par le nombre de leurs chromosomes et dont le blé dur appartenant au groupe tétraploïde possède $2n=28$ chromosomes.

Riley et Chapman (1957) cités par Moule (1980), ont démontré l'origine hybride des *Triticum* tétraploïdes, ces espèces sont des amphidiploïdes entre un *Triticum* diploïde (*T.beoticum* ou *T. monococcum*) apportant le génome A et *Aegilops* apportant le génome B.

Une telle hybridation aurait donné naissance au *Triticum dicoccoides* qui se serait diversifié en *Triticum durum*.

3.2. Origine géographique :

Selon Bonjean et Picard (1990) ; les graminées à paille, espèces dont font partie les blés, sont apparues au crétacé.

Le centre de diversification du blé semble être le proche orient et le moyen orient. Toutes fois, l'Algérie a été considérée par Vavilov comme un centre de diversification du blé dur. C'est en explorant le pays en 1798 que Desfontaines a individualisé le *Triticum durum* (Erroux, 1974).

4. CLASSIFICATION BOTANIQUE:

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

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

D'après Naville, (2005) ; Cook et al,(1991); Le Clech B, (2000) et Feillet (2000), la taxonomie de blé dur est établie comme suit

Tableau 02 : Classification botanique de blé dur

Embranchement	Spermaphytes
Classe	Angiospermes
Ordre	Monocotylédones
Famille	Poacées(Graminées)
Tribu	Hordeés
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i>

5. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DE LA PLANTE :

5.1. La partie souterraine :

D'après Moule (1980), toute céréale est composée au cours de son développement, de deux systèmes racinaires successifs :

- Le système racinaire primaire ou séminale, fonctionnel de la levée au début tallage.

Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales.

- Le système de racines secondaires ou de tallage (ou coronales). Apparaissant au moment où la plante émet ces talles. Il est de type fasciculé et assez développé.

5.2. La partie aérienne :

Elle est formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou talles partant d'une zone situées à la base de la plante : le plateau de tallage (Moule, 1980)

La tige ou chaume, dont les entre-nœuds ne s'allongent qu'à la montaison, porte des feuilles engainantes à nervures parallèles (Soltner, 2001), les feuilles sont alternes et constituées d'une portion inférieure de l'enveloppe correspondant à la gaine et une portion supérieure correspondant au limbe.

Selon Soltner (2001), l'inflorescence en épi est composée d'épillets. Le rachis ou axe de l'épi, porte 15 à 25 épillets constitués chacun de trois à quatre fleurs.

Les fruits de toutes les céréales sont des caryopses, ou fruits secs indéhiscent dont les parois sont soudées à celle de la graine.

6. LE GRAIN:

6.1. Composition histologique du grain de blé dur:

Les graines de blé sont des fruits appelées caryopses. Elles ont une forme ovoïde, possèdent sur l'une de leur faces une cavité longitudinale (le sillon) et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils (la brosse).

Le grain de blé se compose de trois parties principales (Figure 01) :

6.1.1. L'enveloppe :

Les enveloppes sont de nature cellulosique qui protège le grain et représentent 14-16% de la masse du grain. Elles renferment une teneur importante en protéines, en matières minérales et en vitamine du complexe B; elles contiennent en outre les pigments qui donnent la couleur des grains. Les enveloppes ont une épaisseur variable et sont formées de trois groupes de téguments soudés:

- Epicarpe : protégé par la cuticule et les poils.
- Mésocarpe : formé de cellules transversales
- Endocarpe : constitué par des cellules tubulaires.

6.1.2.. Germe ou embryon :

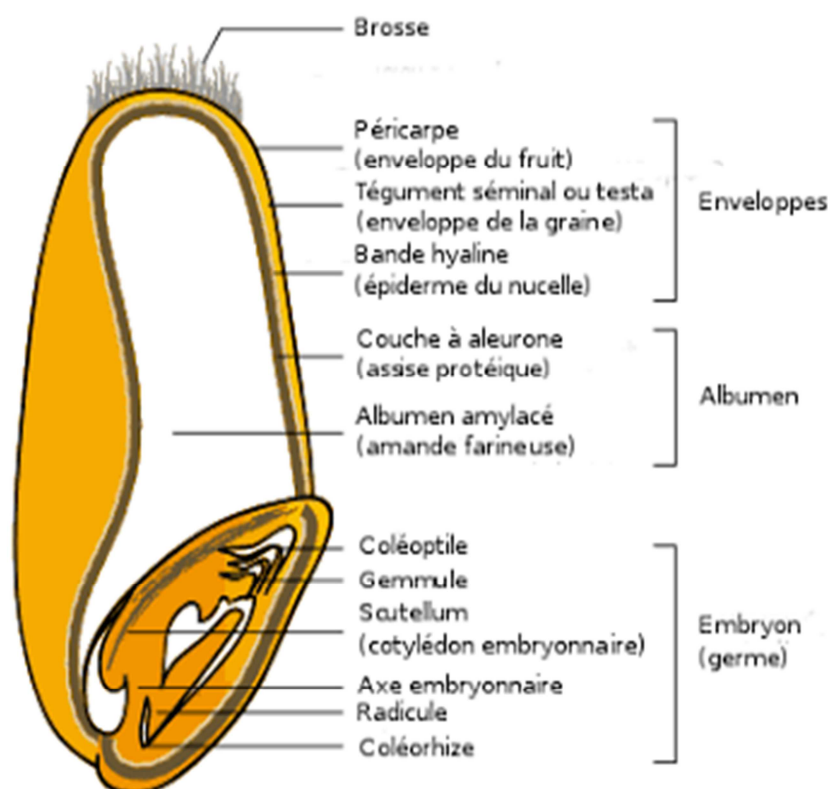
Il constitue un organe de réserve, riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule et forme environ 2,5% à 3% du grain de blé.

Le germe comprend deux parties: la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain. Enfin, le germe est riche en vitamine B1, B6 (Surget et Barron, 2005).

6.1.3. Endosperme ou amande :

L'endosperme constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon.

On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination. Il forme environ 80% du poids d'un grain et est constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique (gluten). (Doumandji et *al*, 2003).



Source: (Surget et Barron, 2005).

Figure 01 : Coupe longitudinale de la graine de blé dur.

6.2. Composition chimique de grain de blé dur

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%).

Les autres constituants, pondéralement sont mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Tableau. 1) (Feillet., 2000).

Tableau. 3: Composition biochimique des principaux constituants du grain du blé (Feillet, 2000).

Constituants (% de la masse du grain)	Protéines (%)	Matières Minérales (%)	Lipides (%)	Matières cellulosiques (%)	Pentosanes (%)	Amidon (%)
Péricarpe (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Téguments (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Reste du nucelle	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Assise Protéique	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germe	35-40	5-6	15	1	20	20
Albumen (82% 85%)		8-13	0.35- 0.60	1	0.5-3	70-80

(Source : Feillet, 2000).

Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain. L'amidon se retrouve en totalité dans l'albumen amylicé, les teneurs en protéines du germe et de la couche à aleurone sont particulièrement élevées; les matières minérales abondent dans la couche à aleurone.

Les pentosanes sont les constituants dominants de cette dernière et du péricarpe. La cellulose représente près de la moitié de celui-ci, les lipides voisinent ou dépassent les 10% dans le germe et dans la couche à aleurone (Tableau 02) (Feillet 2000).

Tableau 04 : Composition chimique du grain de blé dur (*Feillet, 2000*):

Nature des composants	Teneur (% ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	08-10
Cellulose	02-04
Sucres libres	02-03
Lipides	02-03
Matières minérales	1.5-2.5

(*Source : Feillet, 2000*).

6.2.1. L'eau:

Le pourcentage en eau du blé varie selon la variété et le temps de récolte, il est d'environ 13,5%. Ce pourcentage a deux effets différents ; il permet d'une part une aptitude de stockage à longue durée et inhibe d'autre part le développement des micro-organismes notamment les moisissures (Fredot, 2005).

6.2.2. Les glucides :

La fraction importante des glucides est représentée par l'amidon d'environ 60 à 70% du grain et ainsi d'autres pentoses et matières cellulosiques (Patrick, 2006).
 5.2.3. Les lipides : Les grains de blé sont pauvres en lipides, sa teneur en lipides est d'environ 2,7% (Feillet, 2000).

Certains types ont un pouvoir moussant et contribuent à la fabrication d'un pain bien enveloppé (Partick, 2006).

6.2.4. Les minéraux et vitamines :

Grande variation en matière de minéraux à savoir: le potassium (340mg/100g); phosphore (400mg/100g); calcium (45mg/100g) ; sodium (8mg/100g).

La graine de blé est également riche en vitamines notamment celles du groupe B à savoir B1, B2, B3, B6, B9 (Roudaut et al., 2005).

6.2.5. Les protéines du blé :

Les protéines sont à la base de la qualité technologique du blé et de leurs débouchés que ce soit de première transformation (semoule, farine) ou de deuxième transformation (pâtes alimentaires, couscous, pain), ils contribuent à l'expression des caractéristiques culinaires.

Le grain de blé contient entre 10 et 15% de protéines selon la variété (Battais et *al*, 2007).

6.2.6. Le gluten:

Le gluten est un élément de qualité du blé, c'est l'ensemble des gluténines et gliadines associés à d'autres constituants (glucides, les lipides, matières minérales), il rassemble 75-80% de protéines de réserves, 15-17% de glucides, 5-8% de lipides, et des éléments minéraux.

Le gluten est un facteur primordial pour la détermination de la qualité fonctionnelle de la semoule (Feillet, 2000). Il contribue à la force de la pâte et l'élaboration des réticulations par le biais de ses fractions gluténines (Nancy et *al*, 2001 cité par Messabihi, 2008).

7. CYCLE VEGETATIF DE BLE DUR:

Toutes les céréales ont un rythme de végétation et de fructification annuel. Au cours de ses différents stades de croissance, le blé présente des exigences variables en eau et en matières minérales. Ainsi les différents stades du cycle de développement du blé sont tous très importants mais, toutefois, trois phases peuvent être retenues, ils s'agit de la phase : Levée début Montaison, Montaison Floraison et Floraison Maturation, chacune d'elles coïncidant avec les phases d'élaboration du rendement caractérisées par l'une des composantes : épis/plant, grains/épis et poids du grain (Gate et *al*, 1997).

Dans ce cycle annuel, une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser le cycle évolutif du blé en deux grandes périodes (figure 02):

- Une période végétative.
- Une période reproductrice.

7.1 Période végétative :

Elle s'étend de la germination à l'ébauche de l'épi. On y trouve deux stades :

7.1.1 Phase Germination - levée :

La germination est le passage de la semence de l'état de vie lente à l'état de vie active. Le grain de blé ayant absorbé au moins 30% de son poids en eau. Le coléoptile joue un rôle protecteur et mécanique pour percer le sol. A la levée les premières feuilles amorcent la photosynthèse. Néanmoins les réserves du grain continuent à être utilisées. On parlera de levée lorsque 50% des plantes seront sorties de la terre (Chabi et *al*, 1992).

7.1.2 Phase Levée- Tallage :

Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire. Il est caractérisé par trois caractéristiques :

- Formation du plateau de tallage,
- Emission des talles,
- Sortie de nouvelles racines.

L'importance du tallage dépendra de la variété, de la densité de semis, de la densité d'adventices et de la nutrition azotée (Chikhi, 1992). Le tallage marque la fin de la période végétative et le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).

7.2 Période reproductrice :

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi ; elle se caractérise par :

7.2.1 Phase Montaison Gonflement :

Elle se manifeste à partir du stade épi à 1 cm, c'est la fin du tallage herbacé et la tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entre nœuds, auparavant emplies sous l'épi (Belaid, 1986). Il est suivi du stade 1 à 2 nœuds, ici les nœuds sont aisément repérables sur la tige. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (Merizek, 1992)

7.2.2 Epiaison – fécondation :

C'est au cours de cette période que s'achève la formation des organes floraux et que va s'effectuer la fécondation. Le nombre de fleurs fécondées durant cette période critique dépendra de la nutrition azotée et l'évapotranspiration (Clement et Prats, 1970). Elle correspond au maximum de la croissance de la graine qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de transpiration qui influencent le nombre final de grain par épi.

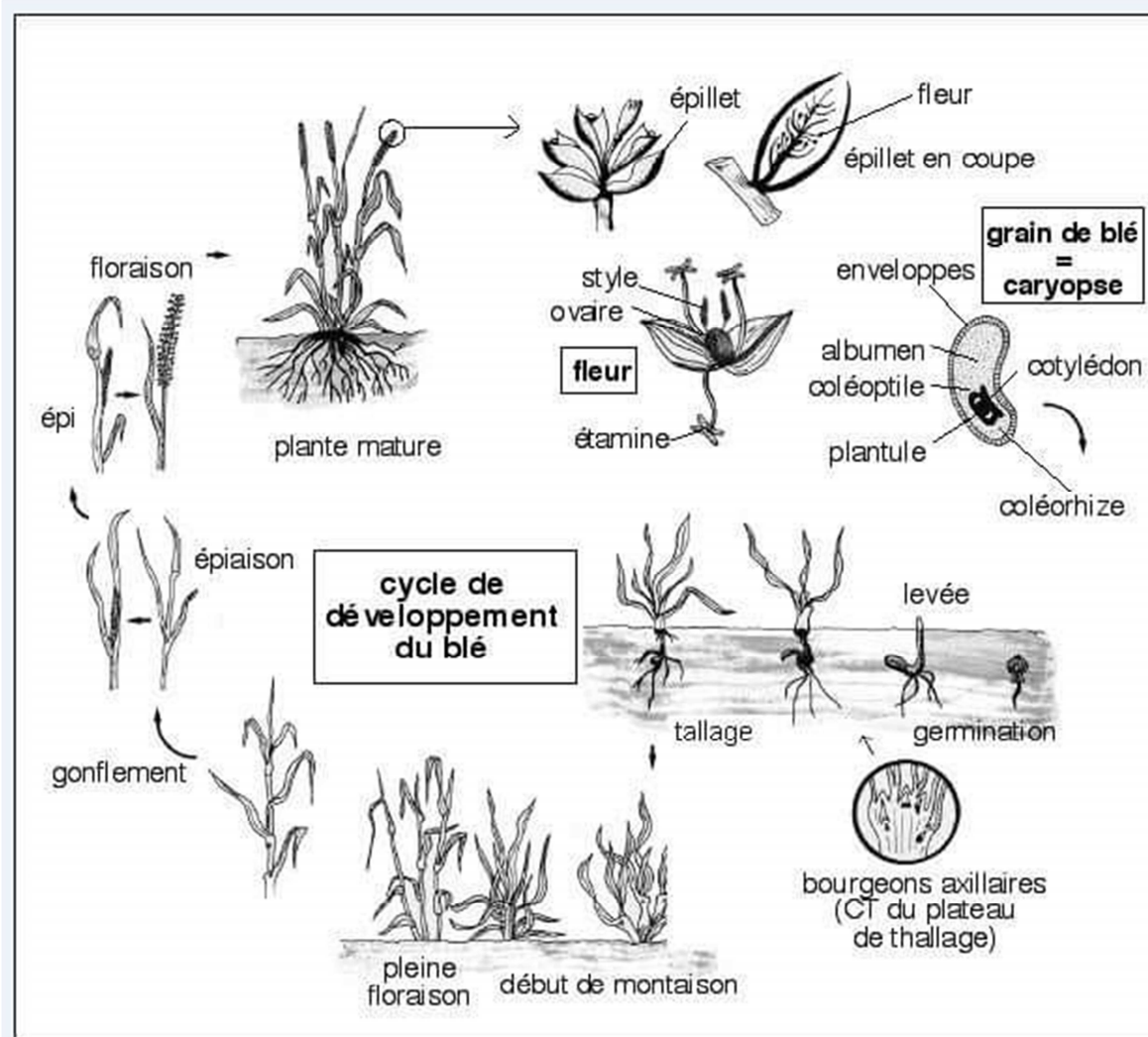
7.2.3 Grossissement du grain :

Il correspond à la croissance de l'ovaire. Il s'agit d'une phase d'intense activité de la photosynthèse. A la fin de cette phase 40 à 50% de réserves se sont accumulées dans le grain qui, ayant bien sa taille définitive, reste mou et de couleur verte. C'est le stade grain laiteux (Chabi et *al*, 1992).

7.2.4 Maturation du grain :

C'est la dernière phase du cycle végétatif. D'après Belaid (1996) la maturation correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains. Par la suite, les grains perdent leur humidité :

- A 45% d'humidité, c'est le stade pâteux.
- A 20% d'humidité, c'est le stade rayable à l'ongle.
- A 15 – 16% d'humidité, c'est le stade cassant (mûr pour la récolte).



Source: Soltner (2001)

Figure. 2 : Le cycle de vie du blé

CHAPITRE II : AMELIORATION GENETIQUE DU BLE DUR

1. OBJECTIF DE LA SELECTION DE BLE :

L'homme commence à améliorer les plantes lorsqu'il sédentarise, il y a 10 000 ans. C'est le début de l'agriculture; il cultive les plantes pour son alimentation et pratique alors une sélection en choisissant de manière empirique, quoi de ressemer les plus beaux grains des plantes les plus intéressantes. A la fin de 19ème siècle ; l'homme réalise les premiers croisements de parents choisis. L'avance des connaissances et des progrès technologiques ont depuis permis l'évolution des techniques de sélection (De la Perrière, 2014). Toute sélection se fait pour un objectif bien précis.

Les objectifs de la sélection sont nombreux. Généralement, le premier critère évoqué est la productivité.

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

L'amélioration du rendement grain est généralement abordée de manière directe ou indirecte. La sélection directe utilise le rendement lui-même qui est mesuré après la mort de la plante. La sélection indirecte utilise les composantes du rendement et les caractères morpho-physiologiques (Reynolds *et al*, 2007 ; Adjabi *et al*, 2007).

Le schéma et les techniques aujourd'hui bien connus ont permis d'explorer presque la totalité de variabilité génétique naturelle et sélectionner de bonnes variétés cultivées, qui continuent à servir de matériel de base dans de nouveaux programmes d'amélioration génétique. Ces dernières sont orientées vers la diminution des coûts de production, une meilleure régularité des rendements, de la qualité, et une adaptation de caractéristiques des grains aux utilisations industrielles (Lounes, 2010).

Toutes les nouvelles variétés de blé doivent égaler ou dépasser les normes de qualité, de comportement agronomique et de résistance aux maladies avant d'être considérées pour l'enregistrement (CRC, 2002). Ce sont là, les trois grands objectifs majeurs de la sélection. Pour le facteur rendement nous recherchons :

- La productivité qui est la capacité potentielle d'une variété à produire des rendements élevés quand les conditions optimales sont réalisées (Lafon, 1987).

- La rusticité assurant la régularité des rendements, comprenant : L'adaptation au milieu physique : le froid, la sécheresse, la pluie, la précocité et la tolérance au sel,...etc. L'adaptation au milieu biologique : la création de variétés génétiquement résistantes aux parasites et agents pathogènes.
- Et pour le facteur qualité, les critères sont multiples (la qualité boulangère, la couleur, la texture, le goût,...etc.), ils sont en étroite relation avec l'utilisation du produit pour la consommation humaine et l'alimentation animale ou pour la transformation (Lafon et *al.* 1987; Zahour, 1992). L'utilisation ultérieure des grains s'illustre par la qualité industrielle ou technologique des blés, c'est le critère de sélection qui est le plus considéré.

La qualité est une somme de caractéristique qui vont du rendement semoulier jusqu'à l'aptitude à la transformation (Percedu, 1995), et s'élabore toute au long de cycle de développement pour répondre d'une part aux attentes des industriels, semouliers et pastiers et d'autre critères nutritionnels, organoleptiques et hygiéniques pour la sélection (Liu et *al.*, 1996).

2. DIFFERENTES METHODES APPLIQUEES DANS LA SELECTION DU BLE DUR :

La biologie florale chez le blé lui confère un régime de reproduction en autogamie strict ; c'est-à-dire que le pollen d'une fleur fécondé préférentiellement, voire de manière quasi- exclusive et de façon forcée, le pistil de la même fleur. Ceci a deux conséquences importantes :

- Du point de vue ressources génétiques de l'espèce, les populations naturelles où les variétés de pays sont principalement constituées de lignées pures ; le brassage génétique naturel entre populations est de ce fait limité. Ceci est à l'origine d'une différence considérable entre la variabilité potentiellement élargie ;
- Du point de vue amélioration génétique de l'espèce, l'échange génétique naturel est provoqué par des fécondations croisées.

L'hybridation intra-spécifique permet de regrouper dans un même génotype, le potentiel génétique de plusieurs lignées pures. Les autofécondations successives permettent de mettre à profit des combinaisons nouvelles et de fixer les meilleures (Demarly, 1977 ; Henry et Debuyser, 1982 ; Bonjean et Picard, 1990).

2.1. Sélection dans la population hétérogène :

2.1.1. Sélection massale :

Parmi les méthodes de sélection les plus anciennes, la sélection massale est probablement à la base de la domestication de plusieurs espèces végétales. Elle est simple et peu coûteuse. Dans la sélection massale, il suffit de choisir les plantes phénotypiquement supérieures et identiques et mélanger la semence. Cette dernière est alors semée en vrac.

La sélection massale peut être également faite par simple élimination des plantes désirables de la population. Une version améliorée de cette méthode consiste en la sélection de plantes phénotypiquement supérieures, leur semis en lignes séparées ou seules les meilleures et identiques sont mélangées pour établir une nouvelle variété. Cette sélection peut être répétée durant plusieurs cycles tant que la variabilité persiste et tant qu'il y a amélioration du caractère recherché (Zahour, 1992).

Selon Moricouri (2005), la sélection massale est une sélection de semences traditionnelles : le paysan sème, récolte et garde une grande partie des meilleures graines pour les semer l'année suivante.

2.1.2. Sélection généalogique :

La sélection généalogique consiste à choisir les individus d'après les caractéristiques de leurs descendances (Hervé, 1976).

Cette méthode est caractérisée par la sélection du matériel végétal et fixation de celui-ci à chaque génération, on choisit des plantes intéressantes, et on attend la génération suivante pour voir si le caractère retenu s'extériorise à nouveau et de façon homogène (Maciejewski, 1991).

La sélection généalogique est de loin la méthode la plus utilisée, elle est efficace pour fixer les caractères à déterminisme génétique simple, et permet l'élimination progressive du matériel et les essais finaux ne sont à envisager qu'avec un nombre restreint de lignées. (Gallais, 1990).

2.2. Sélection après hybridation :

La sélection massale et la sélection généalogique se limitent à l'isolement de certains génotypes déjà existant au sein d'une population hétérogène. Ces méthodes de sélection sont limitées dans la population, initiale. Pour étendre l'éventail de la variabilité, les sélectionneurs ont recours aux croisements (Zahour, 1992).

2.2.1. Sélection pédigrée :

A partir du choix d'individus dans la population F_2 à forte variance, la méthode plus classique est une descendance en autofécondation en suivant la filiation généalogique de chaque plante (Dermaly, 1996).

Les plantes F_2 donnent donc une descendance sous formes d'une ligne F_3 . On dit qu'on fait un semis « épi-ligne », c'est-à-dire un épi F_2 donne une ligne F_3 , ou chaque individu a hérité statistiquement de la moitié d'hétérozygote de la plante F_2 d'où il provient. Les individus d'une même ligne F_3 ont un coefficient de parenté élevé (théoriquement de 0.5 si les parents initiaux étaient homozygote et non apparentés) (Demarly, 1996).

2.2.2. Sélection par la méthode de Bulk :

Le choix des plantes intéressantes commence au plus tôt en F_4 (alors qu'en sélection généalogique, elle commence en F_2) (Maciejewski, 1991).

Jusqu'à ce stade, les premières F_2 , F_3 etc....sont récoltées en vrac et ressemées sans aucune identification de pédigrée : aucun choix, sauf des éliminations par compétition ou par sélection naturelle (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 F_4 déjà fortement homozygote (Demarly et Sibi, 1996).

A partir de la F_5 , on commence le travail suivi par la méthode Bulk s'identifie à celle de la sélection généalogique (Maciejewski, 1991).

2.2.3. Sélection par la méthode SSD (Single-Seed-Décent) :

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

Le but principal de cette méthode c'est d'obtenir des lignées à partir des plantes de F_2 . Ceci permet de réduire les risques de perte des génotypes supérieurs par sélection (artificielle ou naturelle) surtout pour les caractères à faible héritabilité tels que le rendement (Zahour, 1992).

3. PRINCIPAUX CRITERES POUR CHOISIR UNE VARIETE :

3.1. Notion de qualité chez le blé dur

La qualité des blés dépend d'un grand nombre de facteurs, plus ou moins liés les uns aux autres tels que le choix des variétés cultivées, les conditions de développement des

plantes (pratiques agricoles, conditions météorologiques, nature des sols,...), les modes de stockage (Feillet, 2000). La notion de qualité est donc relative à l'utilisateur du produit ou du service concerné ; ainsi l'on peut distinguer une multiplicité de qualité, en fonction de l'utilisateur (Minnar, 1995).

3.1.1. Qualité semoulière :

La valeur semoulière d'un blé caractérise le rendement de sa transformation en semoule de pureté déterminée. Elle tient compte des caractéristiques commerciales du lot (teneur en eau, quantité des impuretés). (Geut, 1992). Pour garantir cette qualité il est nécessaire de faire les analyses suivantes :

3.1.1.1. Taux de mitadinage :

Le taux de mitadinage est un critère d'appréciation déterminant dans le rendement et la qualité de la semoule et des produits dérivés.

C'est le changement de texture de l'albumen qui normalement doit être translucide et vitreuse devient opaque et farineuse (accident physiologie sur les grains de blé dur). L'albumen, devient plus friable, et a tendance à se désagréger en farine et entraîne donc une diminution du rendement en semoule. De plus, la semoule sera dépréciée par la présence de piqures blanches dans la pâte (Boufenra et al, 2006).

D'après Matweef (1946), le mitadinage serait dû, en particulier, à l'excès d'eau dans le sol et à un déficit d'azote et qui donne un grain gonflé, blanchâtre, à structure partiellement ou entièrement farineux, diminuant le rendement en semoule.

Le taux de mitadinage rend compte des proportions d'amandes farineuses et vitreuses. L'influence défavorable exercée par le mitadinage sur le rendement en semoule n'est guère discutée mais l'évolution de la semoulerie vers la fabrication de produits plus fins réduit son incidence négative (Feillet, 2002).

3.1.1.2. Poids de mille grains :

Le PMG est un paramètre, qui nous permet de déterminer par le comptage de grains entiers et les résultats sont exprimés en poids de grains secs (Anonyme, 2006).

La masse de mille grains est en relation très étroite avec la grosseur des grains qu'elle exprime indirectement en conséquence, les possibilités de rendement en farine et en semoule.

Le PMG pour une variété, est corrélé positivement au taux d'extraction de semoule. Dans les zones de l'Afrique du nord, les poids de mille grains sont moins importants. Ce

déficit provient de la brièveté de la période de reproduction (Grignac ,1981; Benblkecem et Kellou, 2002).

Le poids de mille grains est un critère variétal, il peut subir des fluctuations liées en particulier à l'échaudage, il résulte d'une maturation hâtée et fournit un grain ridé, riche en son. La présence de grain échaudé a une incidence sur le rendement en mouture (Dexter et Matous, 1997).

3.1.1.3. Teneur en protéines :

Les protéines sont à la base de la qualité technologiques du blé et de leurs débouchés que se soit de premiers transformation (semoule, farine) ou de deuxième transformation (pâtes alimentaires, couscous ; pain ...), ils contribuent à l'expression des caractéristiques culinaires. Le grain de blé contient entre 10 à 15% de protéines selon la variété (Battais et *al*, 2007).

Les caractéristiques technologiques des farines et de semoules sont étroitement liées et dépendent de la teneur et de la qualité des protéines des variétés. En moyenne, elle est comprise entre 7 et 18% pour le blé dur et 8 à 16% pour le blé tendre (Boufenra, 2006).

3.1.1.4. La teneur en cendre :

Ce critère est un indicateur de la qualité semoulière, c'est-à-dire le poids de semoule rapportés au poids du blé mis en œuvre.

En meunerie, la teneur en matières minérales varie dans le même sens que le taux d'extraction des semoules. La teneur en cendres de l'amande est d'environ 10 fois plus faible que celle des enveloppes, donc la teneur en cendres d'une semoule ne peut réellement servir de critère de sa pureté que dans la mesure où elle peut être ramenée à celle du grain entier par la détermination du rapport R (teneur en cendres des semoules / teneur en cendres des blés) et qui doit être inférieur à 0,5.

3.1.2. Qualité pastière ;

La valeur pastière regroupe deux aspects principaux, d'une part l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires (fa facilité de malaxage, de tréfilage et de séchage) et d'autre part la qualité des produits finis.

3.1.4.. Qualité visuelle :

La couleur est liée au caractère variétal, elle peut être considérée comme la résultante d'une composante jaune qui doit être la plus élevée possible et d'une composante qui doit être faible (Boufenra, 2006).

La composante jaune dépend de la qualité de pigments caroténoïdes présents dans les pâtes, elle-même fonction de la teneur en pigments caroténoïdes des semoules et des

oxydases (l'oxygénases) susceptibles de provoquer l'oxydation des premiers au cours de la plastification. La composition brunes serait due pour l'essentiel à l'activité des enzymes peroxydasiques ou polyphénoloxdasiques (Doumandji et al, 2003).

Les pâtes de couleur jaune ambrées et qui ne présentent pas de piqures sont à rechercher. Les grains mouchetés présentent des taches brunes à noirâtres sur l'enveloppe, au niveau de germe et /ou le sillon, causées par les champignons (*Fusarium Alternaria*). Ces derniers se développent surtout sur les épis attaqués par certains parasites (Thrip). Ainsi ces zones colorées se trouvent en partie sous forme des piqures noires après mouture, dans le semoule et puis dans la pâte alimentaire entraînant une dépréciation de la valeur commerciale de ces produits (Feillet, 2000).

3.1.4 . Qualité culinaire :

La qualité culinaire correspond à l'aptitude d'un blé dur à être transformé en pâtes. Ce critère de qualité culinaire est complexe et recouvre plusieurs facteurs dont la texture des produits cuits qui tient compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson et qui peut être déterminée par des caractéristiques rhéologiques (fermeté, ténacité et viscoélasticité). (Feillet et al, 1989).

Le gluten c'est le complexe protéique « gliadine-glutenine », c'est une forme de matière protéique spéciale au blé, c'est lui qui confère à la pâte les propriétés plastiques. Les qualités de la pâte dépendent de la qualité du gluten présent dans l'amande farineuse.

CHAPITRE III

MATERIEL ET METHODES

1. LIEU DE REALISATION DE L'ESSAI EXPERIMENTAL :

L'essai expérimental a été réalisée dans un jardin situé au centre de la ville de Laghouat, au lieu-dit «L AGOUTINE » durant la campagne 2016/2017.

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, a une altitude de 752 m et une longitude Est 2°53 et latitude Nord 33°42 (Sila, 2012).

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

2. PROTOCOL EXPEREMENTAL :

2.1. Le matériel végétal

Huit (08) géotypes de blé dur (*Triticum durum. Desf*) ont été testés, dont deux (02) sont des variétés paysannes (EL FASSI et GEUMGOUM RKHEM), quatre (4) sont des lignées pures créées et sélectionnées par l'ITGC d'El-Khroub et 2 variétés inscrites BIDI17 et SIMITO

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

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

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

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

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

La variété paysanne nommée **Guemgoum Rkhem** est cultivée à Bennasser Benchohra dans la wilaya de Laghouat pendant la campagne 2013/2014. L'origine de la semence est de Laghouat, elle a été achetée dans un marché informelle il y'a une dizaine d'années par les agriculteurs paysans. Ces informations sont communiquées par Mr. EL Takhi ; le doyen des agriculteurs paysans de Laghouat.

2.2. L'élaboration de plan d'expérience :

L'essai a été réalisé au cours de la campagne agricole 2016-2017 (à partir de 09 décembre 2016) pour étudier le rendement et quelques paramètres physico-chimiques 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 une fréquence d'irrigation une seule fois par 15 jours.

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

Le dispositif expérimental utilisé dans cette expérimentation est le bloc aléatoire complet (BAC) avec trois (03) répétition. ON a utilisé ce dispositif à l'existence d'une contrainte (un gradient de fertilité) ponte dans la parcelle.

Alors, le nombre des unités expérimentales sont vingt-quatre (24) unités dont chaque variété a été semée dans une parcelle élémentaire ayant des dimensions 1,20 m x 1m. Cette dernière a été divisée en 6 lignes espacées de 20 cm les unes des autres et l'espacement entre chaque plante est 10 cm. Chaque parcelle élémentaire est réservée pour une seule variété. Ainsi, la surface totale occupée par l'essai est de $8 \times 3 \times 1,20 \text{ m}^2 = 38.4 \text{ m}^2$.

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

- Dispositif en blocs aléatoires complets (BAC) ;
- Facteurs étudié : 1 (géotypes) ; - Niveaux de facteur : 08.
- Gradient de fertilité: Ponte.

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

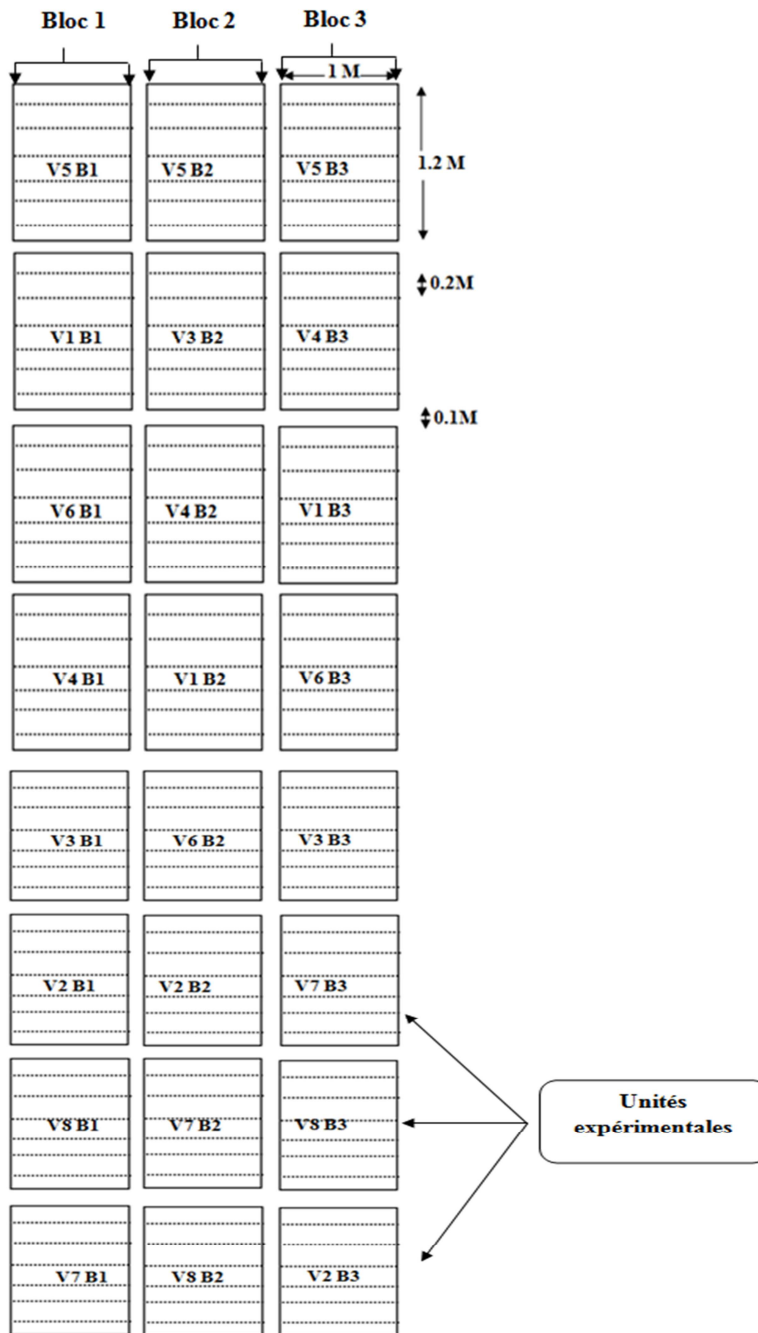


Figure : Le dispositif expérimental

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 et le test de l'analyse de variance. Ce test global préalable est indispensable.

Le seuil de signification retenue est de 5 %, la signification des différences entre les variétés étudiées est exprimées en fonction de probabilité (P ou Prob).

- $P > 0.05$: il y a une différence entre les moyennes des différents traitements.
- $0.0100 < P < 0.1002$: la différence entre les moyennes des traitements est significative.
- $0.001 < P < 0.0100$: la différence entre les moyennes des traitements est hautement significative.
- $0.0001 < P < 0.001$: la différence entre moyennes des traitements est très hautement significative.

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

3. LES PARAMETRES ETUDIÉS :

Les analyses effectuées ont été réalisées au laboratoire d'analyse de la qualité ; de la minoterie / semoulerie de l'entreprise « LES MOULINS DE LAGHOUAT » situé dans la zone industrielle de la wilaya de Laghouat et celui de département des sciences agronomiques de l'Université de Laghouat.

3.1. Le poids de mille grains (PMG) :

Le PMG est un paramètre, qui nous permet de déterminer par le comptage de grains entiers et les résultats sont exprimés en poids de grains secs (Anonyme, 2006).

Après récolte et nettoyage, mille grains sont comptés et pesés avec une balance de précision.

D'après Godon et Willm (1991), la masse de mille grains se détermine selon les normes AFNOR V03. 702(déc.1981) ou ISO502.

Ordre de grandeur :

La masse de 1000 grains tels quels est de l'ordre de (en g) :

- Petits grains 24-34
- Grains moyens 35-45
- Gros grains 46-56

3.2. Le taux de mitadinage :

On entend par le taux de mitadinage le groupement en nombre de grains de blé du non entière vitreux, Normalement translucide et de texture vitreuse, les grains de blé dur peut sous l'influencée d'un accident appelé « mitadinage » prendre, en totalité ou en partie, une apparence opaque et farineuse qui le fait ou moins ressembler à un grain de blé tendre, il est alors « mitadiné ».

a- Mode opératoire :

- A l'aide d'un farinotome de POHL qui est un coupe grains qui permet de couper 50 grains à la fois.
- Transversalement, 12 déterminations sont effectuées sur le même échantillon (12 plaques de farinotome déterminent 600 grains).
- Compter tous les grains visiblement mitadinés.

b- Expression des résultats : elle se fait par la formule suivante :

$$\text{Mitadinage (\%)} = \frac{N}{600} * 100$$

N : le nombre de grains mitadinés dans 600 grains de blé.



Figure 04: Farinotome de POHL

3.4. Dosage de l'humidité :

La détermination de la teneur en eau des produits et céréales dérivés est une opération capitale qui présente un double intérêt :

- Intérêt technologique, pour la détermination et conduite rationnelle de l'opération de récolte, de séchage et stockage ou de transformation industrielle.
- Intérêt analytique, pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard) (Godonet willm, 1998).

a- Mode opératoire :

- A l'aide d'un broyeur on a une quantité précise de blé.
- On pèse 5 g de produit broyé qu'on met dans une capsule spéciale (Nacelle).
- Introduction de la capsule dans l'étuve Chopin une fois la température est de 130 C⁰
- Fermer l'étuve et y laisser la capsule durant deux heures.
- Après 02 heures, on fait sortir la capsule et on laisse refroidir.
- Peser les produits séchés finals.

b- Expression des résultats :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{p} * 100$$

M₁ : La masse en gramme de la capsule du couvercle et de la prise d'essai avant séchage.

M₂ : La masse en gramme de la capsule du couvercle et de la prise d'essai après séchage.

P : Le poids des grains utilisés.

3.5. Le Taux de cendres :

Le taux de cendres est important pour le meunier et la semoulerie, car il est lié aux taux d'extraction. Les cendres qui se situent dans les couches externes du grain, vont constituer le son après mouture. La part des grains qui représente les couches externes est appréciée indirectement par le taux de cendres.

Ce critère est un indicateur de la qualité semoulière, c'est-à-dire le poids de semoule rapportés au poids du blé mis en œuvre.

a- Mode opératoire :

- On pèse les creusets porcelaines vides.
- Puis pèse 5 g d'échantillon.
- Les creusets sont mis en place à l'entrée du four à moufle à 900C⁰.
- Après 2 heures on obtient un résidu blanc après refroidissement.
- Puis on pèse après refroidissement aussi pour déterminer la quantité des cendres dans l'échantillon.

b- Expression des résultats :

Elle se fait par la formule suivante :

$$\text{Cendre (\%)} = \frac{M_2 - M_1}{M_1 - M_2} * \frac{100}{100 - H}$$

M_0 : La masse de la capsule vide.

M_1 : La masse de la capsule vide + 5 g du produit.

M_2 : La masse de la capsule + cendre.

H : Humidité du produit fini.

3.6. La teneur en gluten humide (GH) :

Le gluten humide extrait des farines de blé est une substance viscoélastique constituée principalement par la fraction insoluble des protéines (gliadines et gluténines). Il a des propriétés d'extensibilité, d'élasticité et de ténacité qui peuvent influencer sur le comportement des pâtes en cours de la fabrication et sur la qualité du produit fini (pain, biscuit, pâte,...). Ce test peut constituer également un moyen de prédication de la qualité du blé dans le processus d'amidonnerie.

a- Mode opératoire :

- peser 250 g de chlorure de sodium (Na Cl) dans 1L d'eau distillée.
- peser 10 g de l'échantillon.
- Ajouter quelques gouttes de 5 ml d'eau distillée pour l'échantillon.
- Mélanger à l'aide du Glutenex pendant 20 minutes.
- L'amidon est éliminé et le gluten se soude à lui-même.

- Récupérer le gluten.
- Mettre le gluten humide dans la centrifugeuse.
- Récupérer le gluten obtenu et peser la quantité de gluten essorée.



Figure 05 : Glutenex

3.7. La teneur de gluten sec (GS) :

a- Mode opératoire :

Le gluten c'est le complexe protéique « gliadine-glutenine », c'est une forme de matière protéique spéciale au blé, c'est lui qui confère à la pâte les propriétés plastiques.

Le gluten total est mis à sécher sur une plaque chauffante pendant 04 minutes, puis pesé.

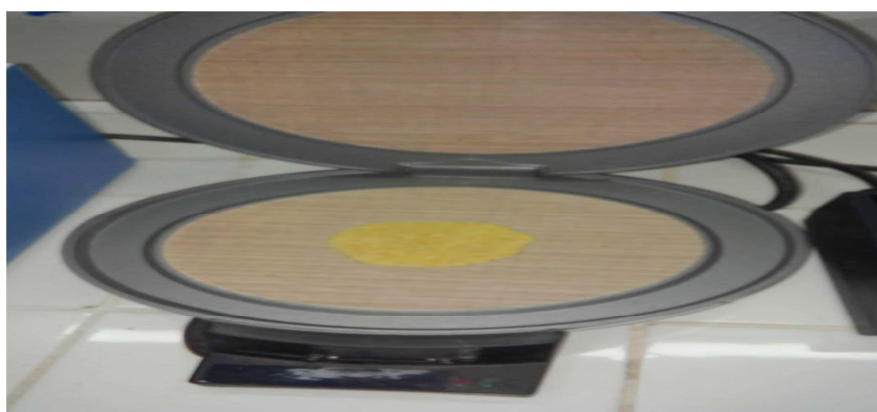


Figure 06 : Gluark

b- Expression des résultats :

$$\text{Taux de gluten sec} = \frac{M}{10} * 100$$

M : Masse de gluten sec en gramme.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

1. LE POIDS DE MILLE GRAINS (PMG) :

Les résultats de poids de mille grains (PMG) sont représentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 06) et illustrés dans l'histogramme figure 07 :

Tableau 06 : Les résultats relatifs au PMG.

Traitements	Moy ± ET	G.H	Prob	ET	CV%
Génotype 04	59.67±1.12	A	0.003	2.090	3.812
EL FASSI	57.18 ±2.22	A B			
Génotype 05	56.75 ±0.41	A B			
SIMETO	54.91 ±0.42	A B			
GUEMGOUM RKHEM	53.65 ±1.20	B			
ELBIDI17	52.53 ±1.47	B			
Génotype 03	51.92 ± 1.90	B			
Génotype 06	50.75 ±3.38	B			

Le test statistique par le biais de l'analyse de variance a révélé une différence hautement significatives (HS) entre les variétés testées. Cela veut dire qu'il y a un effet de génotype sur l'expression de paramètre étudié.

Le test de Newman-keuls, nous a permet de classer les traitements en 03 groupe homogènes (A, AB et B).

Selon les résultats cités ci-dessous, on constate que le PMG des variétés testées est varié entre 50 et 59 gramme. Le Génotype 04 a enregistré le PMG le plus élevé avec 59 g et classé dans le groupe homogène A, par opposition au Génotype 06 qui a enregistré le PMG le plus bas avec 50 g.

D'après Grigbac (1981), le poids de mille grains diminue considérablement sous l'effet des fortes températures et lors d'un déficit hydrique au moment de remplissage des grains.

Le poids de mille grains contribue très peu à la variation de rendement en grains des variétés locales sous stress, probablement à cause de la hauteur élevée de ces variétés qui

supportent la croissance du grain par transfert des réserves des tiges, en conditions des stress (Blum et *al*, 1989).

Le PMG est l'un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de première transformation (rendement semoulerie, meunier ou brassicole) (Anonyme, 2001). Son utilité est pour prédire le comportement du blé au cours de la mouture (Feillet, 2000).

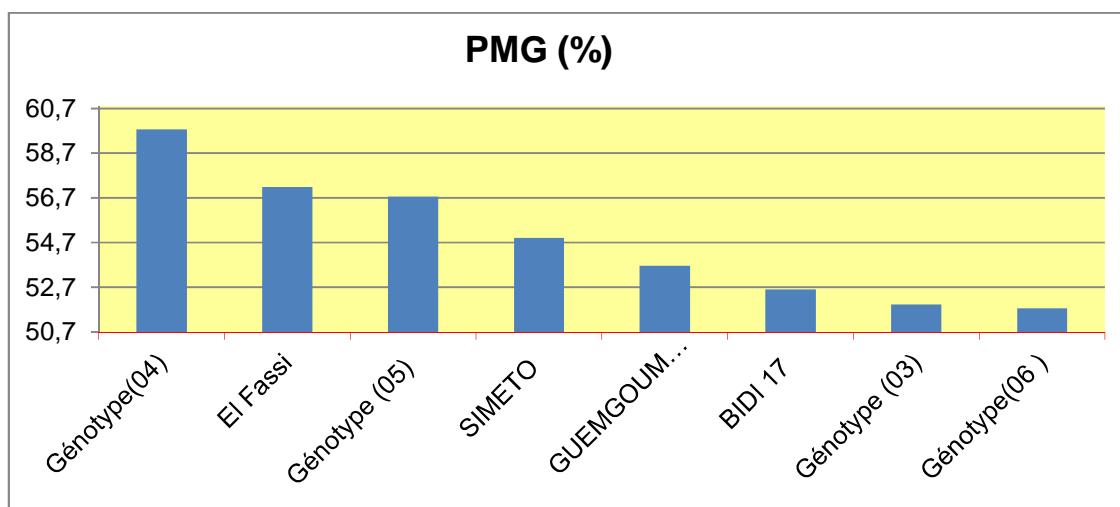


Figure 07: Histogramme représentatif le poids de mille grains du blé

2. TAUX DE MITADINAGE :

Les résultats relatifs au mitadinage sont représentés dans le Tableau 07 et illustrés par l'histogramme figure 08

Tableau 07 : Les résultats relatifs aux taux de mitadinage

Traitement	Moy / ET	Prob	E.T	CV %
EL FASSI	9.747±1.21	0.109	1.327	14.773
GUEMGOUM	9.727±1.18			
RKHEM				
Génotype 03	10.777±1.80			
Génotype 04	7.997±0.62			
Génotype 05	7.580±2.12			
Génotype 06	7.907±0.17			
EI BIDI 17	9.500±1.20			
SIMETO	8.543±0.40			

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative(NS) entre les moyennes de différents traitements.

Le taux de mitadinage des traitements est compris entre 7 et 10%.

Selon les résultats obtenus, le taux de mitadinage des variétés de blé dur testées ne dépasse pas les 10% (situées dans l'intervalle des normes). Donc ces taux ne présentent aucune influence sur le rendement semoulier.

Il existe une relation entre la teneur en protéine totale et le mitadinage ; une teneur minimale de 14.5% assure un taux de vitrosité (opposé de mitadinage) d'au moins 80% (Aziez et al, 2003).

Le grain de blé dur est normalement entièrement vitreux, un grain de blé dur mitadiné présente à la coupe une ou plusieurs plages farineuses, et a tendance à la mouture, à se dégrader en farine et non en semoule, provoquent une diminution du rendement semoulier (AZIEZ et al, 2003).

Plusieurs facteurs sont à l'origine du mitadinage, d'une part des facteurs environnementaux tel que : apport d'azote, climat, sol et d'autres part des facteurs génétiques (Mariana, 2011), comme il peut résulter à cause des mauvaises conditions de stockage.

Le mitadinage est très lié à la nutrition azotée tardive (pré- et post- floraison) et à la composition protéique des grains qui en résulte. L'apport de l'azote fractionné avec un apport tardif (au cours de la floraison) améliore la teneur en protéine et diminue de façon significative le mitadinage (Samson et al, 2004).

Selon Gâte (1996), la variété est un élément essentiel pour diminuer le risque de mitadinage alors que le rôle de climat et de la fertilisation azotée est primordial.

3. TAUX D'HUMIDITE :

Les résultats représentatifs au taux d'humidité sont représentés dans le Tableau 08 et illustrés par un histogramme figure 09.

Tableau 08 : Les résultats relatifs au taux d'humidité des grains

Traitement	Moyenne	Prob	E.T	CV %
EL FASSI	10.680±0.64	0.302	0.529	4.699
GUEMGOUM	11.687±0.97			
RKHEM				
Génotype 03	11.997±0.13			
Génotype 04	11.433±0.32			
Génotype 05	11.443±1.18			
Génotype 06	11.250±0.20			
EI BIDI 17	10.750±0.35			
SIMETO	11.380±0.52			

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative (NS) entre les moyennes de différents traitements.

Les taux d'humidité enregistrés sont compris entre 10.68 et 11.68 %. Ils sont donc inférieures aux normes rapportées par, Grandvoinn et et Prat (1994), qui fixent des intervalles entre 14 et 16% pour les farines boulangères.

La teneur en eau du blé varie selon la variété et le temps de récolte, il est d'environ 14%, ce pourcentage a deux effets différents ; il permet d'une part une aptitude de stockage à longue durée et inhibe d'autre part le développement des microorganismes notamment les moisissures (Fredot, 2005).

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est en moyenne de 14% ; il est un facteur déterminant au cours du stockage. Il est difficile de conserver des grains ayant une humidité supérieure à 17-18% ; et il est quasiment impossible au-delà de 23%. En pratique, la teneur en eau des céréales la plus favorable pour l'entreposage est de 10-15 %, une humidité inférieure à 9% peut être nécessaire pour un entreposage prolongé à 20 C⁰ parce que l'eau est le premier facteur qui conditionne la vitesse et l'intensité des réactions chimiques, enzymatiques et le développement microbien (Bouasla, 2007).

4. TAUX DE CENDRES :

Les résultats relatifs au taux de cendres sont représentés dans le Tableau 09 et illustrés par l'histogramme figure 10.

Tableau 09 : Les résultats relatifs des taux de cendres

Traitement	Moy/ET	G.H	Prob	ET	CV%
Génotype 03	2.20±0.23	A	0.004	0.249	13.678
SIMETO	2.17±0.34	A			
Génotype 04	2.06±0.23	A B			
Génotype 06	1.97±1.12	A B			
EL FASSI	1.79±0.09	A B			
GUEMGOUM	1.54±0.37	A B			
RKHEM					
Génotype 05	1.41±0.19	B			
EI BIDI 17	1.40±0.18	B			

Le test statistique par le biais d'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les moyennes des différents traitements.

Le test de Newman-Keuls nous a permis de classer les traitements en trois (03) groupes homogènes (A, AB et B). Ainsi, le Génotype 03 a enregistré le taux de cendre le plus élevé avec 2.20%. Alors que les autres variétés ont enregistrées un taux de cendre qui a varié entre 1.4 et 2.1%.

Ces résultats ont montré que le taux de cendres ou la richesse en matière minérale est un critère lié au génotype.

Godon et Willm (1991), affirment que la matière minérale est présente de 2-3% de la substance humide du grain.

La teneur en cendre des grains et semoules signifie leurs taux en matière minérale. Il donne un indicateur sur la quantité de matière minérale existante. Il permet de contrôler la pureté des produits de mouture (Feillet, 2000), et donne une idée sur la valeur semoulière sachant que l'augmentation du taux de cendre diminue le taux d'extraction semoulière (Proceddu, 1995).

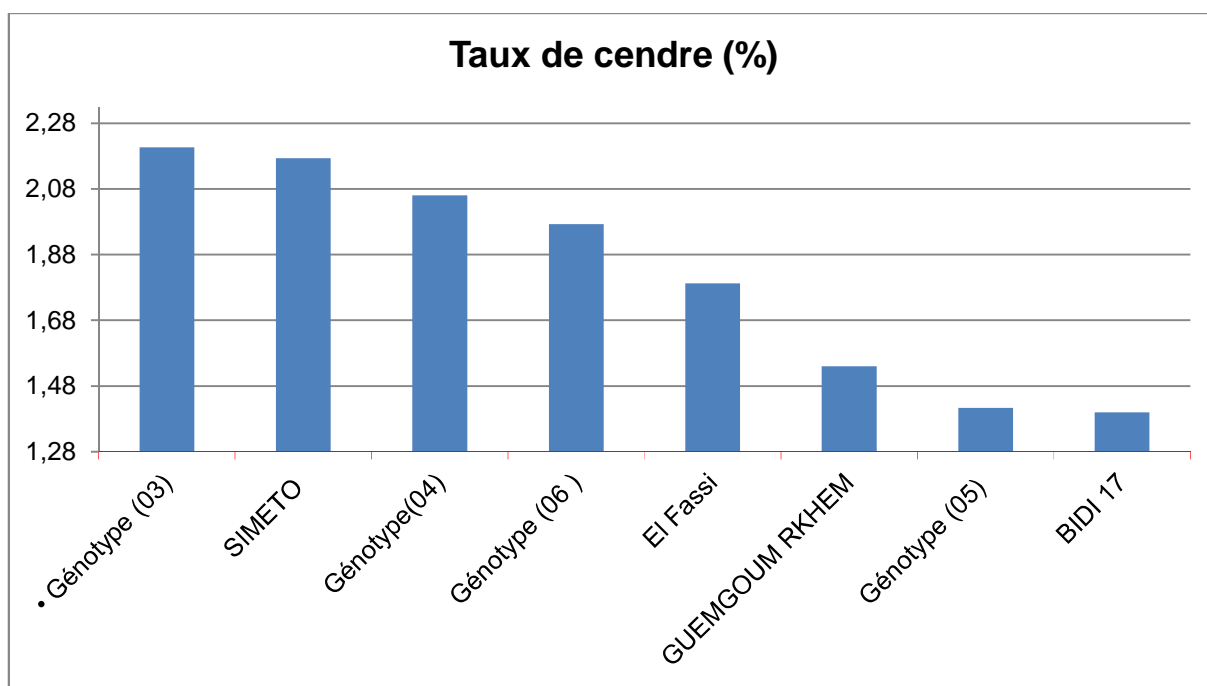


Figure 08: Histogramme représentatif de taux de cendres des grains de blé

5. TAUX DE GLUTEN HUMIDE :

Les résultats relatifs au gluten humide sont représentés dans le tableau 10 et illustrés par l'histogramme figure 11.

Tableau 10 : Les résultats relatifs au taux de gluten humide.

Traitement	Moyennes	G.H	Prob	ET	CV%
EL BIDI 17	60.29±4.62	A	0.007	7.532	16.001
Génotype 05	55.57±4.33	A B			
EL FASSI	50.86±1.39	A B			
SIMETO	50.35±14.15	A B			
GUEMGOUM	49.63±9.88	A B			
RKHEM					
Génotype 06	38.30±4.84	B			
Génotype 04	36.04±2.56	B			
Génotype 03	35.52±5.19	B			

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative (THS) entre les moyennes des différents traitements. Ces résultats nous ont permis de montrer que le taux de gluten est lié aux génotypes.

Le test de Newman Keuls nous a permis de classer les traitements en trois (03) groupes homogènes (A, B et AB). Ainsi, la population paysanne El Bidi 17 et le Génotype 05 ont enregistré le taux de gluten humide le plus élevé avec respectivement 60 et 55%, alors que le génotype 03 a enregistré le taux de gluten le plus faible avec une teneur de 35.52% classée dans le groupe homogène B.

Les semoules ont un taux de gluten humide très élevé (blé de force) et supérieure à 50 % ont aussi une capacité d'hydratation élevée, et les semoules qui ont un taux de gluten humide situé entre 30 et 50% ont une capacité d'hydratation moyenne. Les semoules qui ont une teneur en gluten humide inférieure à 30% présentent une capacité d'hydratation faible (Feillet, 2000).

Feillet (2000) a montré aussi que la semoule qui contient une faible teneur en gluten humide s'hydrate facilement et devient moins élastique et plus visqueuse par rapport à la semoule qui a une quantité de gluten humide plus grande et plus élevée.

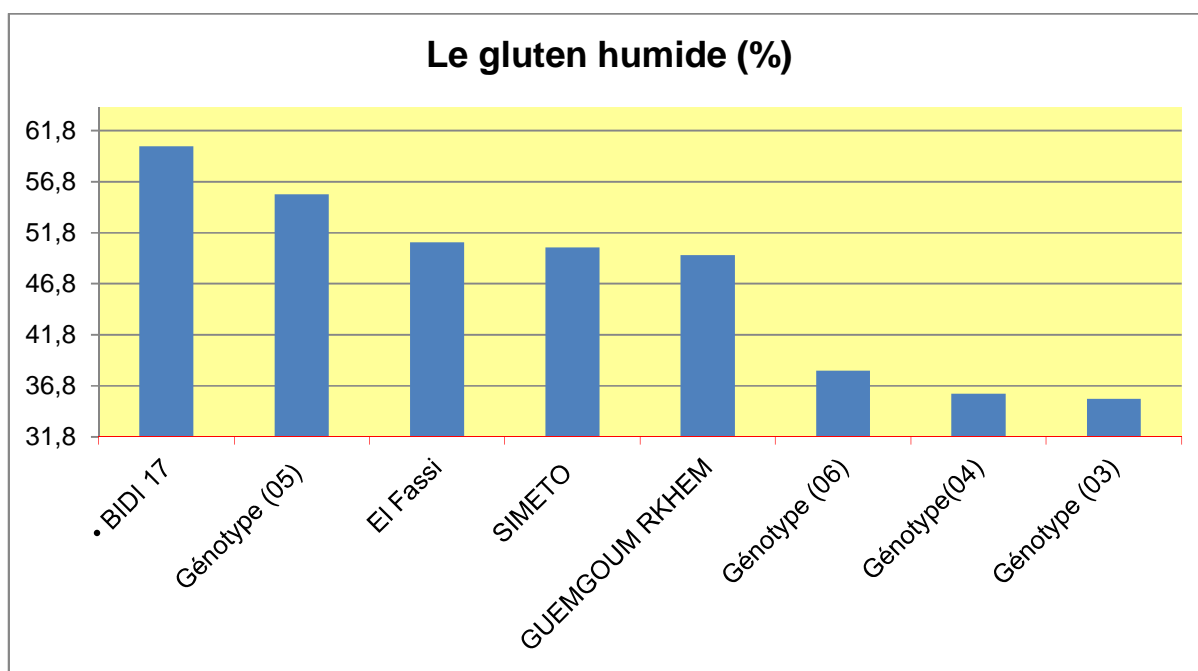


Figure 09 : Histogramme représentatif le taux de gluten humide des grains de blé

6. TAUX DE GLUTEN SEC :

Les résultats relatifs au gluten sec sont représentés dans le tableau 11 et illustrés par l'histogramme figure 12.

Tableau 11 : Les résultats relatifs au taux de gluten sec.

Traitement	Moyennes	G.H	Prob	ET	CV%
Génotype 05	18.56±1.70	A	0.025	2.267	15.064
EI BIDI 17	17.77±1.55	A			
SIMETO	15.83±2.57	A B			
EL FASSI	15.14±0.23	A B			
GUEMGOUM RKHEM	14.83±3.04	A B			
Génotype 06	14.310±2.55	A B			
Génotype 04	12.50±1.70	A B			
Génotype 03	11.43±0.66	B			

Le test statistique par le biais de l'analyse de variance a révélé une différence significative entre les moyennes de différents traitements.

Le test de Newman –Keuls nous a permis de classer les traitements en trois (03) groupes homogènes. Ainsi, la population paysanne El Bidi et la lignée 05 ont enregistrées le taux de gluten sec le plus élevé avec 17% et 18% respectivement.

Le blé est la seule céréale dont les protéines ont la propriété de constituer la pâte au réseau protéique (le gluten assure l'extensibilité, l'élasticité et la ténacité) qui ont une influence sur le comportement des pâtes au cours de la fabrication et sur la qualité du produit fini (Anonyme, 1995). Donc ce critère nous permet de connaître la valeur technologique de blé dur utilisée dans la fabrication de la semoule (force boulangère).

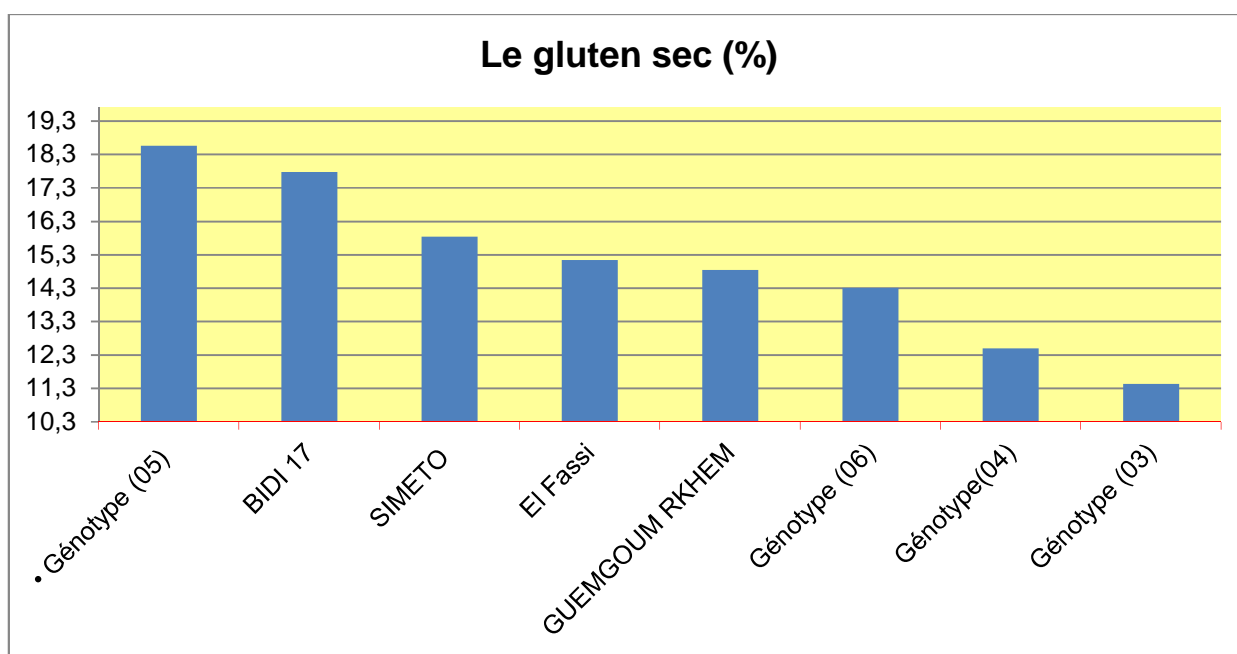


Figure 10: Histogramme représentatif le taux de gluten sec des grains de blé

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que le bon choix variétal joue un rôle pivot dans la détermination du rendement et de la qualité technologique du blé dur. Cette étude nous a permis de faire une identification des variétés selon les caractéristiques soit de côté technologique ou adaptation aux conditions climatiques de la région.

A partir de nos résultats obtenus par les analyses des paramètres étudiés, on peut dire que le paramètre de PMG s'exprime par la présence de l'effet génétique. De plus nous avons remarqué que toutes les variétés utilisées dans cette étude sont caractérisées par des gros grains avec un poids de mille grains variant entre 51 et 59 grammes. Alors que les variétés créées et sélectionnées présentent le meilleur PMG.

Pour le mitadinage, il est sous l'influence du génotype. Les variétés testées nous semblent être résistantes au mitadinage avec un taux compris entre 07 et 10%. Alors que les variétés sélectionnées ou les lignes pures ont enregistré aussi le meilleur taux de mitadinage.

Pour ce qui est de gluten, la population inscrite EL BIDI a enregistré un taux élevé avec 60% celui qui lui confère une force et une capacité d'hydratation élevée. Par contre les autres variétés se caractérisent par une capacité d'hydratation moyenne et une bonne valeur pastière (35 et 55%). Donc les variétés paysannes et les variétés inscrites présentent les meilleurs taux de gluten.

Ça nous permettra de conclure que la variété inscrite EL BIDI17 présente le meilleur génotype, avec une bonne qualité technologique.

Pour garantir une bonne variété avec des bons critères de qualité, on peut faire plus de tests et plus d'analyses technologiques telles que : les analyses microbiologiques pour les grains, le poids spécifique, détermination de l'indice de chute, le taux de protéines... etc.

Enfin le bon choix d'une variété assure aux agriculteurs une bonne adaptation des variétés aux conditions climatiques ; d'une part ; et une bonne qualité semoulière pour la transformation et l'industrie d'autre part.

REFERENCES BIOBIBLIOGRAPHIQUES :

1. **Abbassenne F, 1997 :** Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composants chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). Thèse Magistère, INRA, Alger, 81 P.
2. **Abbassenne, F., Bouzerzour, H., & Hachemi, L. (1998) :** Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum Desf.*) en zone semi-aride. Ann. Agron. INA, El Harrach, 18 :24-36.
3. **Abis S (2012)** Le blé en Méditerranée sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales CIHEAM Paris : 241-247.
4. **Allaya M., Rucheton G., 2006:** Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne : situations et perspectives, Chap2 : L’approvisionnement céréalier des pays méditerranéens. Agri. Med. Rapport annuel du CIHEAM, Paris, 2006, pp: 35-47.
5. **Amokrane A., 2001:** Evaluation et utilisation de trois sources de germplasmе de blé dur (*Triticum durum Desf.*). Mém. Mag. Institut d’Agronomie, université Colonel El Hadj Lakhedar, Batna. 80 P.
6. **Amokrane A., 2001:** Evaluation et utilisation de trois sources de germplasmе de blé dur (*Triticum durum Desf.*). Mém. Mag. Institut d’Agronomie, université Colonel El Hadj Lakhedar, Batna. 80 P.
7. **Annicchiarico, P. (2002).** Genotype by environment interactions: Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO Plant Production and Protection Paper, N° 174, FAO, Rome, 159 p.

8. **Annicchiarico, P., Bellah, F., & Chiari, T. (2005).** Defining sub regions and estimating benefits for a specific adaptation strategy by breeding programs: a case study. *Crop Sci*, 45: 1741-1749.
9. **Anonyme, 2006. I :** L'obtention variétale en Algérie cas de céréales à paille.
10. **Aziez . M; Hammadouche. O; Mallem. S; TacherifeT; S; 2003 :** Le guide pratique de l'agréeur. CMMA. ALGER, 58p.
11. **Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hassous K., 2005:** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy* (4):pp 360-365.
12. **Battais F, Richard C, Leduc V, 2007 :** Les allergènes du grains du blé. Département de recherches, mlaboratoire ALLERBIO, Groupe ALK- Abello, 51140 Van deuil, France *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique* 47-171-14 p.
13. **Belaid Dj., 1986.** Aspect sur la céréaliculture algérienne. O.P.U. 207p.
14. **Benbelkacem A.,Bentounsi,A et.ELHADEF,L EL Okki., (2013).**L'amélioration du blé pour la qualité technologique. *L'Algérie Agricole*. P27- 29.
15. **Bencharif A., Rastoin J.L., 2007:** Concepts et Méthodes de l'Analyse de Filières Agroalimentaires : Application par la Chaîne Globale de Valeur au cas des Blés en Algérie. CIHEAM-IAMM, UMR MOISA, Montpellier F-34093, 7. 23P.
16. **Bencharif A., Rastoin J.L., 2007:** Concepts et Méthodes de l'Analyse de Filières Agroalimentaires : Application par la Chaîne Globale de Valeur au cas des Blés en Algérie. CIHEAM-IAMM, UMR MOISA, Montpellier F-34093, 7. 23P.
17. **Bencharif A., Tozanli S., Lemeillieur S., 2009:** Dynamique des acteurs dans les filières agronomiques et agroalimentaires. *Options Méditerranéennes, B* 64, Perspectives des politiques agricoles en Afrique du Nord; pp 94-142.

18. **Benmohammed A, H., Nouar, L, Haddad, Z, Laala, A, Oulim, H, Bouzerzour, 2010** : Analyses de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum Desf*) sous conditions semi-arides. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14 : 177-186 p.
19. **Blum A. 1989** : Crop responses to drought and interpretation of adaptation plant growth regulation 20, 135-148 p.
20. **Bonjean A. et Picard E., 1990.** Les céréales à paille. Origine, Histoire, Economie et sélection. Ed. Softword ITM. 201p.
21. **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, 21: 29-37.
22. **Boufenar ; Zaghouna F ; Zaghouna O, 2006.** Guide des principales variétés des céréales à paille en Algérie. Coédition ITGC/ICARDA. 154 p.
23. **Bouzerzour H. & Djekoune A., 1996.** Etude de l'interaction génotype x lieu du rendement de l'orge en semi- aride. *Rev. Sci & techn. Université de Constantine* 12, 11-14p.
24. **Bouzerzour H. & Djekoune A., 1996.** Etude de l'interaction génotype x lieu du rendement de l'orge en semi- aride. *Rev. Sci & techn. Université de Constantine* 12, 11-14.
25. **Bouzerzour, 2010** : Performance comparées des variétés de blé dur : Mohammed Ben Bachir, Waha et Boussalem dans la wilaya de Sétif Céréaliculture, 54 : p23-29.
26. **Charvet JP (2012)** Claire Levasseur. Atlas de l'agriculture: 14p.
27. **Calderini DF, Reynolds MP, 2000** : Changes in grain weight as a consequence of degrading treatments at pre- and postanthesis in synthetic hexaploid lines of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 27 : 183-191.
28. **Calvel. R, 1984** : La boulangerie moderne, ed : EYROLLES, Paris, 1984,460 p.

- 29. Cattivelli L., P.Baldi, C.Crosatti, N.Di Fonzo, P. Faccioli, M. Grossi, AM.Mastrangelo,**
- 30. Chennafi, H, A, Aidaoui, H , Bouzerzour, A Saci, 2006 :** Yield reponse of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Cutiva*. Waha to deficit irrigation under semi- arid-growth. Conditions, a sianc Journal of plant sciences 5 ; 854-860 p.
- 31. Clement G. et Prats J. 1970.** Liences céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.
- 32. Clement M., Prat J., 1971:** les céréales. Editions, Bailliagère et COB. Paris France. 351.
- 33. Cook J., Johnson A., Allan R E, 1990 :** Le blé. Méthodes traditionnelles de la sélection des plantes ; un aperçu historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développement économique, Belgique, pp 2-38.
- 34. CRC., 2002 :** Amélioration du blé au CRC. Fiche d'information du centre de recherche sur les céréales. Winnipeg. Canada, 2p.
- 35. De la prierre. R.A.B. 2014 :** Semence paysannes, plante de demain. (Ed), Charales Léopold Mayer. France. 33,157 p.
- 36. Demarly Y et Sibi M, 1996 :** Amélioratio des plantes et biotechnologies. 2 éd. Paris : John Libbey Eurtext. 29, 29, 30P.
- 37. Demarly y, 1977.** L'amélioration des plantes. Ed. Masson. Paris. 170p.
- 38. Dexter J.E., Matsuo R.R. 1977 :** Changes in semoline proteins during spaghetti processing *Cereal Chem.* N° 54. 882-894 p.

39. **Djermoun A., 2009:** La Production céré lainière en Algérie: les principales caractéristiques. Nature et Technologie, 01: pp 45–53. 2éd. Paris : John Libbey Eurtex. 29, 30p.
40. **Doumandji. A, Doumandji.B, Doumandji.S,** Technologie de transformation de blé et problèmes dus aux stocks, ed : office des publications universitaires. Alger. 2003, 65p.
41. **DPAT. 2013 :** Monographie de la wilaya de Laghouat. Direction de la planification et de l'Aménagement du territoire (D.P.A.T). 2014.193p.
42. **Erroux J, 1974:** Agronomie méditerrané. Tome 1: le milieu méditerranéen et ses problèmes. Les cultures vivrières Algérien, 15-22 p.
43. **FAO 2014:** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations.
44. **FAO. 2007.** Perspective alimentaires. Analyse des marches mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28)
45. **FAO. 2012.** Decent rural employment for foodsecurity: a case for action. Rome.
46. **FAO (2015):** Perspectives de récolte et situation alimentaire 1 : 7p.
47. **Feillet P, 2000:** le grain de blé, composition et utilisation. Ed. INRA (INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE).Paris, France.308p.
48. **Feillet.P, 1986 :** L'industrie des pâtes alimentaires : Technologies de fabrication, Qualité des produits finis et des matières premières. Ind. Agric. Aliment. N°103. 1986, p 979 – 989 p.
49. **Feldman, M., & Sears, E. R. (1981) :** The wild gene resources of wheat. Sci. Am, 244 : 98–109.
50. **Fredot. E . 2005:** Connaissance des aliments. Edition TEC et DOC, Paris, 397p.

- 51. Gallais, 1990.** Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Eds. Masson, 588p.
- 52. Gate P. 1995 :** Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Ed Lavoisier. 429p.
- 53. Gate P., Vignier L, Vadon B., Souici D., Minkov D., Lafarga A., Zairi M. 1997.**
Céréales en milieu méditerranéen. Un modèle pour limiter les risques climatiques.
Perspectives agricoles. 217 : 59-70.
- 54. Godon et Willi, C. 1991 :** Les industries de première transformation des céréales, 11,
rue Lavoisier F75384 Paris cedex ; Paris 85p.
- 55. Grignac P.H. 1981 :** Rendement et composants du rendement du blé d'hiver dans
l'environnement méditerranéen français.
- 56. Hamadache, A, 2011 :** Effets de quelques facteurs agro-techniques sur la qualité du
grain de blé pluvial. Impact de la fertilisation azotée et de la protection phytosanitaire.
Céréaliculture, 56 1^{er} semestre, : 57-62 p.
- 57. Hales N, Rush C (2016)** Algeria Grain and Feed Annual 9: 1-11.
- 58. Hayden, B., (1990) :** Nimrods, Piscators, Pluckers and Planters : The Emergence of
Food Production. J. Anthropol. Archaeol., 9(1), 31.
- 59. Henry, Y., & De Buyser, J. (2001) :** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science
(Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- 60. Hervé Y., 1976.** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours polycopiés. INA. El
Harrach. 65p.
- 61. ITGC, 2006.** Variétés de blé cultivées en Algérie. 32 p
- 62. Kahel N. 2012 :** Remontée de la filière céréales pour une sécurité alimentaire,
Réunion du comité interprofessionnel des céréales (OAIC). 5 p.

- 63. Kellou R., 2008** : Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation
- 64.** pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité qualité-méditerranéen le cas coopérative sud céréales, groupe coopératif accitan et Auecoop, Thèse de master en science IAAMM .université de Montpellier, 160 p.
- 65. Laumont, P., & Erroux, J. (1961)** : Inventaire des blés durs rencontrés et cultivés en Algérie. Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, 5 : 94p
- 66. Maiejewski.1991** : Semences et plants, 35-37-58 p.
- 67. Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Hadj Sahraoui, A., Harkati, N. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. Sécheresse. 17(4) : 507-13.
- 68. Merizk S. 1992.** Evolution de la biomasse et des composantes du rendement d'une culture de blé conduite en sec et en irrigué. Thèse Ing. INA El Harrach. P.10.
- 69. Messabihi. M., 2008:** Ionisation d'un blé dur : incidences biochimiques et physiologiques, mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie, Technologie alimentaire et nutrition humaine, 70p.
- 70. Moule C., 1980.** Les céréales. Ed. La maison rustique. Paris. 318 p.
- 71. Naville M, 2005** : La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas de blé, Paris, Université Paris XL. 20P.
- 72. N.Pecchioni, AM.Stanca. 2002.** Chromosome regions and stress-related sequences involved in resistance to abiotic stress in Triticeae. *Plant Mol. Biol.*, 48: 649–665.
- 73. ONFAA (2016)** Observation national des filières Agricoles et Agroalimentaires. Le commerce international des céréales 7 : 1-2 onfaa.inraa.dz.

- 74. Patrick j. F., 2006:**Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de doctorat en sciences et Technologie des Aliments. Université Laval-Québec. 293p.
- 75. Patrick.J.F, 2006 :** Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits,Thèse de doctorat, option : sciences et Technologie des Aliments, Université Laval- Québec. 2006, 293 p.
- 76. Porceddu E., 1995 :** Durum wheat quality in the mediterranean countries. Options Méditerranées, Série A : N° 22 ? Zaragoza (ESP), University of Tuscia. Dept. Of Agrobiologie and Agrochimistry, Viterbo, Italy, 11-21 p.
- 77. Roudaut.H, Lefrancq.E, 2005 :** Alimentation théorique, Série science des aliments, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitane. 2005,305 p.
- 78. Sila A. 2012 :** Durabilité des systèmes de production en zone aride : cas de système d'élevage dans la wilaya de Laghouat, Mémoire d'ingéniorat, Université Amar Telidji- Laghouat. 112 p.
- 79. Slama, A. 2002 :** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de Tunis.
- 80. Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., & Zid, E., (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (Inrat),16 (3) : 225-229
- 81. Soltner D, 2001:** Les grandes productions végétales, phylotechnique spécial. 19eme Editions. Collection sciences et technique agricole, Paris, 454p.
- 82. Surget A, Barron C (2005):** Histologie du grain de blé. industrie des céréales 145 : 3-7.

- 83. Troccoli.a, Borrelli.g.m, de Vita.p, Fares.c, di Fonzk.N, 2000 :** Durum wheat quality, a multidisciplinary concept.J. Cereal. Sci (32) , pp 99-113.
- 84. Zahour A.** 1992 : Elément d'amélioration génétique des plantes Manuel scientifique et technique. Actes. Ed ; Rabat Maroc.90-92, 98 p.

ANNEXES

Annexe 01 : Analyse de variance de poids de mille grains (PMG) :

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Totale	250,275	23	10,882		
Var. Facteur 1	173,792	07	24,827	5,685	0,003
Var. Blocs	15,341	02	7,671	1,756	0,208
Var. Résiduelle 1	61,142	14	4,367		

Annexe 02 : Analyse de variance de taux de mitadinage :

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Totale	51,857	23	2,255		
Var. Facteur 1	26,185	07	3,741	2,124	0,109
Var. Blocs	1,017	02	0,508	0,289	0,757
Var. Résiduelle 1	24,773	14	1,761		

Annexe 03 : Analyse de variance de taux d'humidité :

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Totale	6,805	23	0,296		
Var. Facteur 1	2,625	07	0,375	1,341	0,302
Var. Blocs	0,266	02	0,133	0,475	0,636
Var. Résiduelle 1	3,915	14	0,280		

Annexe 04 : Analyse de variance de taux de cendres :

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Totale	3,288	23	0,143		
Var. Facteur 1	2,329	07	0,333	5,369	0,004
Var. Blocs	0,091	02	0,045	0,724	0,501
Var. Résiduelle 1	0,868	14	0,062		

Annexe 05 : Analyse de variance de taux de gluten humide :

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Totale	2673,577	23	116,242		
Var. Facteur 1	1831,898	07	261,700	4,631	0,007
Var. Blocs	47,441	02	23,720	0,418	0,671
Var. Résiduelle 1	794,239	14	56,731		

Annexes

Annexe 06 : Analyse de variance de taux de gluten sec :

Variance	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	PROBA
Var. Totale	199,666	23	8,681		
Var. Facteur 1	121,526	07	17,361	3,377	0,025
Var. Blocs	6,168	02	3,084	0,600	0,567
Var. Résiduelle 1	71,927	14	5,141		