

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

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Amar TELIDJI Laghouat
Faculté des Sciences
Département d'Agronomie

جامعة عمار ثلجي - الأغواط -
كلية العلوم
قسم العلوم الفلاحية



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agronomie

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

*Appréciation de la qualité technologique de quatre variétés de blé dur (*Triticum durum. Desf*) testées dans la région de Laghouat*

présenté par : *Arrague Saliha*

Président :	Lounici Safia	Maître-assistant A
Examineur :	Djoukhdoum Laid	Maître-assistant A
Promoteur :	Ait Salah Boubekeur	Maître-assistant A

JUIN 2020

« Arrague Saliha »

« Appréciation de la qualité technologique de quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) testées dans la région de Laghouat »

Résumé :

L'essai expérimental a été réalisé durant la campagne agricole 2018/2019 au niveau d'un jardin privé sise à la wilaya de Laghouat sous un étage climatique aride. L'étude porte essentiellement sur quatre variétés locales du blé dur (Siméto, Amar 6, Vitron et Boussalem) dont l'objectif essentiel est de mettre en évidence l'expression génétique de la qualité des grains. Des analyses physiques, chimiques et technologiques ont donc été effectuées sur les grains afin de sélectionner le meilleur génotype. L'analyse statistique montre que la variété a une influence sur presque tous les paramètres étudiés, à savoir le taux de mitadinage, taux d'humidité, taux de cendre, teneur en gluten sec et la capacité d'hydratation. Les résultats montrent une différence frappante entre les variétés. Siméto est globalement, d'après notre étude, la meilleure par rapport à Boussalem, Vitron et Amar 6 pour la plupart des paramètres étudiés, notamment pour le taux de mitadinage, le taux de cendre et le gluten sec.

Mots-clés : Blé dur, Sélection, Variétés Locales, Qualité Technologique

The title: Assessment of technological quality of four varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf) tested in the area of Laghouat

Abstract:

The experiment was carried out during the 2018/2019 crop season in a private garden in the wilaya of Laghouat under planting arid climatic. The study examines four local varieties of durum wheat (Siméto, Amar 6, Vitron and Boussalem). The main objective of this study is to highlight the gene expression of grain quality of theses varieties. Hence, Physical, chemical and technological analyses have been carried out to select the best genotype. The Statistical analysis proved that the variety has an influence on almost all the studied parameters, namely the rate of mitadinage, moisture content, ash content, dry gluten content and hydration capacity. The results show a striking difference between the varieties. Siméto is globally, according to our study, the best one compared to Boussalem, Vitron and Amar 6 for most of the measured parameters, mainly for the mitadinage rate, ash rate and dry gluten.

Mots-clés : DurumWheat, Selection, Local Variety, Technological Quality

"تقييم الجودة التكنولوجية لأربعة أنواع من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) التي تم اختبارها في منطقة الأغواط"

ملخص :

اجريت التجربة خلال موسم الحصاد 2019/2018 على مستوى حديقة خاصة تقع في ولاية الأغواط علي أرضية مناخية قاحلة. الدراسة تركزت على أربعة أصناف محلية من القمح الصلب (Simeto و Amar 6 و Vitron و Bousalem)، و الهدف الرئيسي منها هو إبراز التعبير الجيني لجودة الأصناف. أجريت التحليلات الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية على الحبوب من أجل اختيار أفضل نمط جيني لهذه الأصناف. أظهر التحليل الإحصائي وجود تأثير الصنف على تقريباً جميع الخصائص المدروسة كنسبة المتاديناج، الرطوبة، كمية الرماد، نسبة الغلوتين الجاف والقدرة على الترطيب. أظهرت النتائج فروقات واضحة بين الأصناف. اثبتت دراستنا أن صنف Siméto هو الأفضل من حيث نوعية الجودة مقارنةً بـ Bousalem، Vitron و Amar 6 لمعظم الاختبارات، لاسيما في معدل المتاديناج، ومعدل الرماد والغلوتين الجاف.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الاختيار، الأصناف المحلية، الجودة التكنولوجية

Remerciements

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

J'adresse l'expression de mes vives gratitudee et respects à mon encadreur monsieur Ait Salah Boubekeur, enseignant au département d'agronomie à l'université Amar Téliidji à Laghouat, pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour sa disponibilité ;

A Monsieur Meziane Benabdessalam et Madame El Tadj Awatif ; chef de service et ingénieur respectivement au niveau du laboratoire de la semoulerie/minoterie, qui ont accepté de m'accueillir au sein de leur équipe

Je tiens à remercier les membres de jury le président « Lounici Safia Maître-assistant A » et Examineur « Djoukhdoum Laid Maître-assistant A » d'avoir accepté de juger ce travail

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

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



DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail ;
A ma mère et mon père qui me sont très chers en témoignage à
leur soutien pendant toute ma vie car aucun mot ne pourra
exprimer ma haute gratitude et profonde affection.*

*Mon cher ami "Dalía Abou el kacem Mohamed el Amine", Je
n'oublierai jamais son soutien durant la réalisation de ce travail.*

Je lui serai toujours reconnaissante.

A mes frères Samir et fathi et Oussama

A mes sœurs Suhir, Sabrina et Assif

A toute ma famille

A tous mes amis

*Et à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce
travail.*

Saliha



LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé	06
Figure 02 : Coupe d'un grain de blé	07
Figure 03 : Grain vitreux (à gauche) et grain mitadiné (à droite) observés au microscope optique	18
Figure 04 : Le dispositif expérimental	23
Figure 05 : Farinotome de Pohl (coupe grains)	26
Figure 06 : L'étuve	27
Figure 07 : Four à moufle	28
Figure 08 : Minéralisateur et distillateur de Kjeldhal	30
Figure 09 : Histogramme représentatif des résultats de poids de mille grains	33
Figure 10 : Histogramme représentatif des résultats de taux de mitadinage	35
Figure 11 : Histogramme représentatif des résultats de taux d'humidité	37
Figure 12 : Histogramme représentatif des résultats de taux de cendre	38
Figure 13 : Histogramme représentatif des résultats de taux de protéine	40
Figure 14 : Histogramme représentatif des résultats de la teneur en gluten humide	41
Figure 15 : Histogramme représentatif des résultats de la teneur en gluten sec	43
Figure 16 : Histogramme représentatif des résultats de capacité d'hydratation du gluten	44

LISTE DES TABLAUX

Tableau 01: Aperçu général du marché mondial du blé	04
Tableau 02 : Distribution histologique des principaux constituants des grains du blé	07
Tableau 03 : Composition des protéines du blé (Résidus %)	08
Tableau 04 : Précipitation moyennes mensuelles de la région de Laghouat en (mm)	20
Tableau 05 : Température moyennes mensuelles en (°C) de la région de Laghouat	21
Tableau 06 : Humidité relative moyenne en (%) de la région de Laghouat	21
Tableau 07 : valeur moyenne de poids de mille grains (g)	32
Tableau 08 : valeurs moyennes de taux de mitadinage (%)	34
Tableau 09 : valeurs moyennes de taux d'humidité (%)	36
Tableau 10 : valeurs moyennes de taux de cendre (%)	37
Tableau 11 : valeurs moyennes de teneur en protéine (%)	39
Tableau 12 : valeurs moyennes de teneur en gluten humide (%)	40
Tableau 13 : valeurs moyennes de teneur en gluten sec (%)	42
Tableau 14 : valeurs moyennes de Capacité d'hydratation du gluten	43

LISTE DES ABREVIATIONS

Mt	Millions de tonnes
AFNOR	Association Française de Normalisation
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
PMG	Poids de Mille Grains
O.N.M	Office Nationale de Météorologie
T.moy	Température moyennes
BAC	Bloc aléatoire complet
PPDS	plus petite différence significative
min	Minute
GH	gluten humide
GS	gluten sec
CH	Capacité d'hydratation du gluten
ISO	International Organisation for Standardisation
Prob	Probabilité
CV	Coefficient de variation
GH	Groupe Homogène

Table de matières

Table de matières

Table de matières

RESUME	
REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLAUX	
LISTE DES ABREVIATIONS	
INTRODUCTION	1
PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : DONNEES SUCCINTES SUR LE BLE DUR	3
1. Importance du blé dur	3
1.1 Importance alimentaire	3
1.2. Importance économique	4
2. Composition histologique et biochimique des grains du blé dur	5
2.1. Composition histologique	5
2.1.1. L'albumen	5
2.1.2. Le germe ou l'embryon	5
2.1.3. Les enveloppes	6
2.2. Composition biochimique	7
2.2.1. Amidon	8
2.2.2. Protéines	8
2.2.3. Le gluten	9
2.2.4. Lipides	9
2.2.5. L'eau	9
2.2.6. La cellulose	10
2.2.7. Les vitamines	10
2.2.8. Minéraux	10

Table de matières

3. Flore mycologique du blé	11
3.1. Moisissures	11
3.1.1. Flore des champs	11
3.2. Flore intermédiaire	11
3.3. Flore de stockage	11
- Genre <i>Aspergillus</i>	11
- Genre <i>Penicillium</i>	12
CHAPITRE II : EVALUATION DE LA QUALITE D'UN BLE DUR	13
1. Notion de la qualité	13
1.1. La qualité technologique	13
1.1.1 La qualité semoulière	13
A/ Facteurs extrinsèques	14
B/ Facteurs intrinsèques	14
C/ Facteurs règlementaires	14
1.1.2. La qualité pastière	14
1.1.3. La qualité culinaire	15
1.1.4. La qualité nutritionnelle	15
1.1.5. La qualité organoleptique	15
a- Le goût	16
b- La couleur	16
1.1.6. La qualité hygiénique	16
2. les critères d'appréciation de la qualité du blé dur	17
2.1. Caractéristiques physicochimiques	17
2.1.1. Poids de Mille Grains (PMG)	17
2.1.2. Taux de mitadinage	17
2.1.3. Teneur en eau	18
2.1.4. Teneur en cendre	18
2.2. Caractéristiques technologiques	18
2.2.1. Teneur en protéines	18
2.2.2. Teneur en gluten	19
PARTIE II: PARTIE EXPERIMENTALE	
CHAPITRE III : Matériel et méthodes expérimentales	20
1.1. Présentation de la région d'essai expérimental	20
1.1.1. Situation géographique	20
1.1.2. Le climat	20
1.1.2.1. La pluviométrie	20
1.1.2.2. Température	21

Table de matières

1.1.2.3. Autres facteurs climatiques	21
1.2. Protocole expérimental	22
1.2.1. Le Matériel végétal	22
1.2.2. L'élaboration de plan d'expérience	22
1.2.3. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique	24
1.3. Présentation des paramètres étudiés	24
1.3.1. Analyses physico chimiques sur le grain de blé dur	24
1.3.1.1. Détermination du poids de mille (1000) grains	24
a/ Le mode opératoire	25
b/ Expression des résultats	25
1.3.1.2. Détermination de taux de mitadinage	25
a/ Intérêt	25
b/ Mode opératoire	26
c/ Expression des résultats	26
1.3.1.3. Détermination de taux d'humidité	26
a/ Mode opératoire	26
b/ Expression des résultats	27
1.3.1.4. Détermination de taux de cendres	27
a/ Intérêt	27
b/ Mode opératoire	27
c/ Expression des résultats	28
1.3.2..Analyses technologiques	29
1.3.2.1. Détermination de la teneur en protéines	29
a/ Mode opératoire	29
b/Expression des résultats	29
1.3.2.2. Détermination la teneur en gluten humide	30
a/ Mode opératoire	30
b/ Expression des résultats	30
1.3.2.3. Détermination de la teneur en gluten sec	30
a/ Mode opératoire	30
b/ Expression des résultats	31
1.3.2.4. Capacité d'hydratation du gluten	31
CHAPITRE IV : Résultats et discussion	32
1. Les Analyses physico-chimiques des grains des variétés étudiées	32
1.1. Le poids de mille grains (PMG)	32
1.2. Le taux de mitadinage	33
1.3. Le taux d'humidité	36
1.4. Le taux de cendre	37
2. Les Analyses technologique des grains des variétés étudiées	39
2.1. La teneur en protéine	39

Table de matières

2.2. La teneur en gluten humide	40
2.3. La teneur en gluten sec	41
2.4. Capacité d'hydratation du gluten	43
CONCLUSION	45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

Introduction

Introduction

Les céréales constituent de loin la ressource alimentaire la plus importante à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail.

Elles fournissent 50% de l'apport énergétique moyen de l'être humain et 60% des matières premières utilisées dans la fabrication des aliments composés pour le bétail (Feillet, 2000).

En Algérie, Le blé dur contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Si la production du blé dur s'est conventionnellement associée à la fabrication de la semoule et les pâtes alimentaires au niveau industriel, en milieu rural l'utilisation du blé dur dans la panification est une pratique courante. Environ 85% de la production annuelle du blé dur est utilisée en panification (Boujnahet *al.* 2004).

A cet égard, l'Algérie importe actuellement environ 1,9 Mt de blé dur et 5,4Mt de blé tendre pour répondre à la demande, qui représente 60% des besoins nationaux (CNIS, 2014).

Durant ces dernières années, la question de la qualité prend de plus en plus d'importance au niveau des recherches, tout particulièrement dans les programmes d'amélioration génétique.

L'amélioration du rendement et de la qualité du blé dur passe donc par la création variétale et choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptations aux contraintes environnementales. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies en plus d'une bonne qualité technologique.

D'après l'AFNOR (1991), la qualité d'un produit est son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs, En effet, elle est le résultat de facteurs multiples et complexes, Elle peut être considérée comme une caractéristique complexe d'un aliment qui détermine son intérêt ou son acceptabilité pour le consommateur (Raiffaud, 2001).

Pour un industriel, la qualité du produit est un paramètre très important, et les critères de qualité sont aujourd'hui de plus en plus souvent pris en compte depuis les acheteurs de matières premières jusqu'aux producteurs et transformateurs. Elle doit répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trentesaux, 1995). La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait: Les produits fabriqués, la semoule (industrie de première transformation), et les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation).

Le blé dur est principalement consommé sous forme de semoule et de pâtes alimentaires. Sa qualité technologique est évaluée au travers de plusieurs critères, parmi

Introduction

ceux-ci nous distinguons le taux de mitadinage, le taux d'humidité, la teneur en protéines, en cendre, en gluten.....etc. Pour satisfaire à la demande de l'industrie, un blé dur « de qualité » doit répondre à des exigences technologiques, et avoir une couleur ambrée, une amande vitreuse, opaque et non farineuse. Les critères qui déterminent la valeur pastière vont dépendre de façon assez complexe et pas complètement connue, de la manière dont les structures et les composants macromoléculaires du grain sont organisées (amidon et protéines). Les propriétés rhéologiques des pâtes, via celles du gluten, dépendent de la composition en protéines de réserve de la semoule (Bellagoun et Medini, 2015).

Aussi l'objectif essentiel de la sélection demeure l'obtention d'une qualité semoulière et pastière répondant aux exigences des industriels et du consommateur.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail dont l'objectif principal est d'apprécier la qualité technologique de quatre variétés de blé dur testées dans la région de Laghouat.

Notre mémoire est composé de deux parties : la première partie composée de deux chapitres ; le premier chapitre est consacré aux généralités sur le blé, tandis que le deuxième chapitre est consacré à la qualité technologique de blé dur. La deuxième partie est l'étude expérimentale qui comporte deux chapitres : le premier chapitre est consacré aux méthodes et matériel et le deuxième chapitre présente l'interprétations des résultats et discussion.

PARTIE I

REVUE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

DONNEES SUCCINTES SUR LE BLE DUR

1. Importance du blé dur

1.1. Importance alimentaire

Les blés constituent la première ressource alimentaire de l'humanité, et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles (Nedjah, 2014).

Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques. (Nadjem, 2012).

En Algérie, la céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares. Le blé dur est une ancienne culture dont l'origine remonte à la venue des arabes

La superficie occupée par le blé dur est, en moyenne, de 1.3 millions d'hectares, durant la période 2000-2010. (Ouanzar, 2012).

Le blé dur (*Triticum durum*) a acquis au cours des siècles une véritable valeur symbolique, du fait de son importance dans l'agriculture et l'alimentation humaine.

Son grain constitue un produit de base dans l'alimentation des algériens (couscous, pain...), il est considéré aussi comme une très grande ressource de protéines et d'hydrate de carbone. Il renferme également des acides aminés, des lipides et des vitamines. En outre, ses sous-produits (paille) servent d'aliments pour le bétail (Godon, 1985).

D'après Guettouche (1990), la superficie réservée à la culture du blé dur représente environ 50% des superficies consacrées aux céréales et ce, durant la campagne 1997-1999. En effet, cette culture couvre près de 1.707.240 ha avec un rendement de 8,79 q/ha. On distingue 4 zones de culture à spécificités climatiques particulières :

- La zone littorale caractérisée par une pluviométrie supérieure à 600 mm occupant 18% de la surface cultivée.
- La zone des hauts plateaux caractérisés par une pluviométrie comprise entre 500 et 600 mm, elle occupe 48% de la surface cultivée.
- La zone de bas plains tellières caractérisés par une pluviométrie comprise entre 400 et 500 mm occupant 15% de la surface cultivée.
- La zone comprise entre 350 et 400 mm occupe 14% de la surface cultivée.

1. 2. Importance économique

Le blé compte parmi les espèces les plus anciennement cultivées, et constitue la base de l'alimentation d'une grande partie de l'humanité. La demande en blé est prévue d'augmenter avec l'augmentation de la population mondiale.

Le blé dur représente environ 8% des superficies cultivées en blés dans le monde dont 70% sont localisées dans les pays du bassin méditerranéen. La Turquie, la Syrie, la Grèce, l'Italie, l'Espagne, et les pays d'Afrique nord, sont en effet, parmi les principaux producteurs. Par ailleurs, le blé dur occupe une place centrale dans l'économie Algérienne. En 2012, a atteint une production de blé de 51,2 MQ contre une production mondiale de 690 MT. Sur une superficie de 3 Mha réservée à la céréaliculture, 1 785 000 ha sont destinés à la culture du blé (Nedjah, 2014).

Le tableau 01 donne un aperçu général sur le marché mondial du blé selon des statistiques de 2018 élaborés par la FAO.

Tableau 01: Aperçu général du marché mondial du blé (FAO, 2018)

	2016/2017	2017/2018	2018/2019	Variation: 2018/19 par rapport à 2017/18
	Millions de tonnes			(%)
Production	757.2	756.8	736.1	-2.7
Commerce	176.4	173.5	175.0	0.9
Utilisation totale	734.8	738.2	741.1	0.4
Alimentation	498.1	503.5	503.5	1.1
Fourrage	143.1	142.8	143.6	0.6
Autres utilisations	93.7	91.9	88.5	-3.6
Stocks de clôture	256.3	273.4	264.2	-3.3

En Algérie, 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 et 600 000 hectares de blé tendre. 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).

Zettal (2017), rapporte que, 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. Durant l'année 2014, l'Algérie est classée en

quatrième position au niveau Africain et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production du blé de 2.4 millions de tonnes, colletée et constituée en moyenne de 58,7% de blé dur et 33%, de blé tendre (FAO, 2014).

2. Composition histologique et biochimique des grains du blé dur

2.1. Composition histologique

Comme chez la plupart des graminées, le blé dur possède un grain botaniquement défini comme un caryopse, c'est un fruit indéhiscant ou les téguments de la graine sont soudés à la paroi de l'ovaire (Moule, 1980).

Au cours de la période de maturation du grain, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substance de réserve. On observe une augmentation du volume et du poids des grains, ensuite le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminuent. Puis, le grain devient dur et sa couleur devient jaunâtre, c'est le stade de la maturité physiologique (Boufenar ; Zaghouane, 2006).

Selon Moule, 1980, le grain de blé dur est de forme allongée, bombée et pointue aux extrémités, de la couleur jaune ambrée.

La coupe de grain fait apparaître 3 parties :

2.1.1. L'albumen :

Il représente 82% à 85% du poids de grain, composé essentiellement d'amidon (70% à 75%) et de protéine (10 à 12%). Une faible proportion de matière minérale et de vitamine est également présente (0.03 à 0.6%).

2.1.2. Le germe ou l'embryon :

Il est riche en lipides, protéine, vitamine, et éléments minéraux, Représente environ 1 à 4% du grain, selon Dunntes et *al*, 2000, il est constitué :

- D'une radicule, protégée par une sorte de capuchon, la coléorhize est composée déjà, outre la racine principale, les ébauches de la première et de la deuxième paire de racines.
- D'une tigelle courte nouée, d'une gemmule formée d'une coléoptile, pré-feuille protectrice des premières feuilles déjà différenciées par le méristème apical de la plantule.

- D'un cotylédon, le scutillum, séparé de l'amande par une assise diastasiq, l'épiblaste serait l'homologue d'un second cotylédon avorté.

2.1.3. Les enveloppes :

Elles représentent 14 à 15% du poids de grain comprenant :

- Le péricarpe : tégument de fruit, formé de trois assises de cellules
- Le tégument du grain ou tégument séminal représenté par une assise de deux couches de cellules aplaties.
- La bande hyaline, d'aspect transparent.
- La couche à aleurone représente 60% du poids des enveloppes.

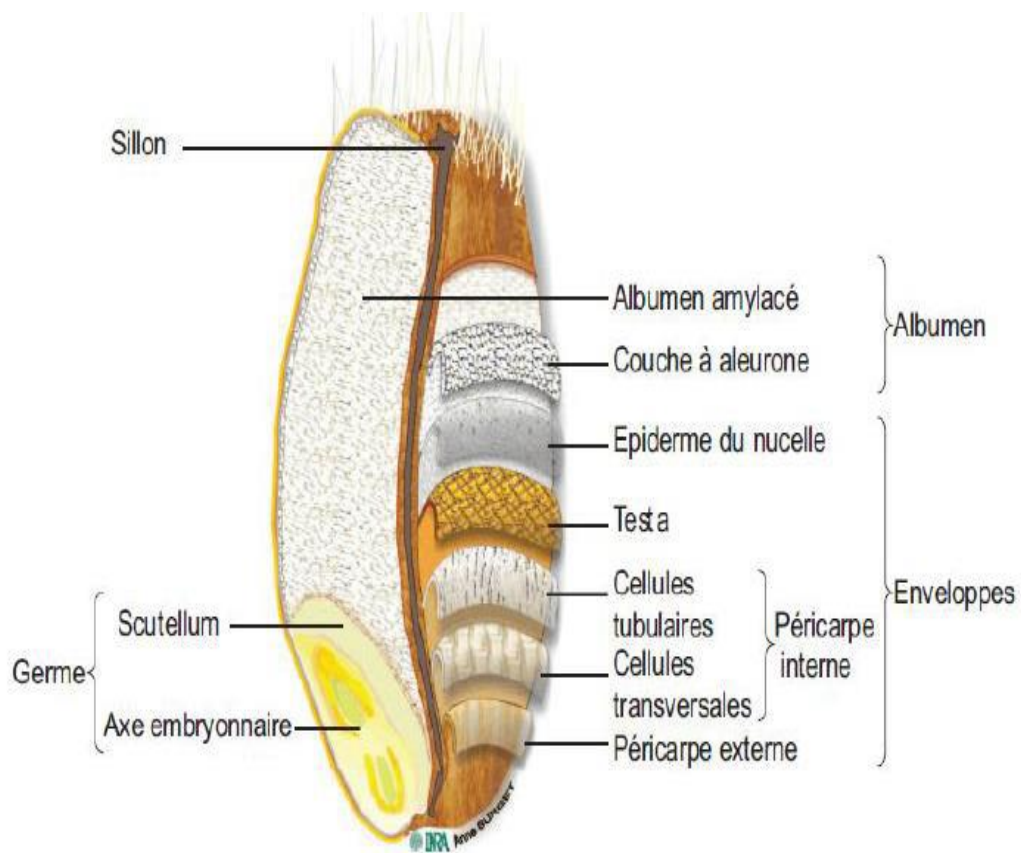


figure01 : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé(BOUNNECHE, 2015).

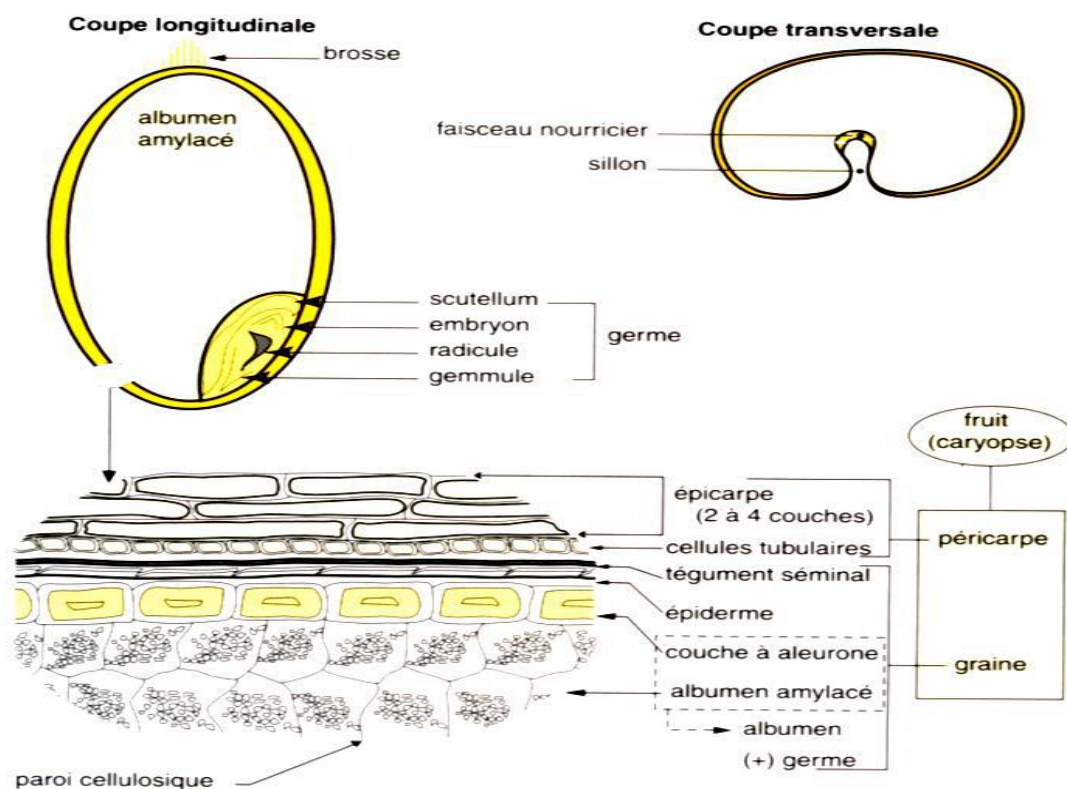


Figure 02 : Coupe d'un grain de blé (Feuillet, 2000)

2.2. Composition biochimique

Barronet *al.* (2012), rapportent que, les grains de blé sont principalement constitués de glucides (65-75% amidon et fibres), protéines (7-12%) mais contiennent aussi des lipides (2-6%) et des micronutriments (Tab. 02). Ils sont ainsi une bonne source de minéraux (et plus spécifiquement de magnésium), de vitamines du groupe B, et contiennent des molécules ayant des activités d'intérêt (vitamine E, composés antioxydants, phyto-oestrogènes). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain.

Tableau 02 : Distribution histologique des principaux constituants des grains du blé (Feillet, 2000).

	Grains(%)	Péricarpe (%)	Aleurone(%)	Albumen(%)	Germe (%)
Amidon	69	0	0	82	0
Protéine	13.7	10	30	12	31
Lipide	2.7	0	9	2	12
Sucre réducteurs	2.4	0	0	1.8	30
Pentosanes	7.4	43	46	1.6	7

Cellulose	2.8	40	3	0.1	2
Minéraux	1.9	7	12	0.5	6

Chacun des constituants du grain qui joue un rôle seul ou en interaction avec d'autres constituants dans l'expression de la qualité (Feillet, 2000).

2.2.1. Amidon

Le constituant dominant des céréales est toujours l'amidon. La farine de blé contient 12-14% d'eau pour environ 75% d'amidon. C'est l'élément de réserve de grain, un peu comparable aux graisses chez les animaux. Ce glucide est l'élément qui se trouve en grande quantité dans l'albumen et peut atteindre 82% de la matière sèche de la farine ou de la semoule (Bounneche, 2015).

2.2.2. Protéines

Le grain de blé dur est constitué d'environ 12% de protéines, les gliadines et les glutamines représentent 80 à 95 % des protéines insolubles du blé et forment ensemble le gluten ; le reste est constitué par des protéines solubles telles ; l'albumine et des globulines.

Elles sont responsables de la qualité des pâtes alimentaires (Virling, 2008). Par ailleurs, d'une part sur le plan quantitatif la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante et d'autre part sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines, certaines d'entre elles, insolubles dans l'eau (gliadines, glutamines) s'associent en milieu hydrate pour former le gluten, l'agglutination de protéines confère au produit des propriétés visqueuses et élastiques (Jintet et al, 2007).

Tableau 03. Composition des protéines du blé (Résidus %) (Charles et Linden, 1997)

	Gliadine	Gluténines	Globuline
Glycine	3,1	7,5	9,5
Alanine	3,3	4,4	6,1
Valine	4,8	4,8	2,4
Leucine	7,0	6,5	9,0
Isoleucine	4,3	3,7	3,4
Phénylalanine	4,3	3,6	2,4
Proline	16,2	11,9	3,8
Tryptophane	0,4	1,3	3,8

Sérine	6,1	7,0	11,1
Thréonine	2,4	3,5	4.8
Tyrosine	1,8	2.5	1.6
Méthronine	1,2	1.4	0.4
Ac.Aspartique	2,8	3,6	6.0
Ac.glutamique	34.5	28.9	5.1
Lysine (*)	0,6	2.00	10.6
Mistidine	1.9	1.9	1.8
Anginine	2.0	3.0	10.6
Cystéine	3.3	2.6	13.4

(*) : Presque entièrement sous forme de Glutamine

2.2.3. Le gluten

Le gluten est un complexe protéique viscoélastique que l'on peut obtenir par lixiviation sous un mince filet d'eau, d'un pâton formé de semoule ou de farine de blé et d'eau. Le gluten est constitué de 75 à 80 % de protéines, 5 à 7 % de lipides, 5 à 10 % d'amidon, de 5 à 8 % d'eau et des matières minérales en proportion plus faibles (Linden et Lorient 1994).

Les protéines du gluten constituent 80 % du total des protéines du grain (Osborne 1907 ; Liu *et al.* 1996). Les composantes majeures du gluten sont les gliadines et les gluténines, qui représentent 70 % des protéines totales du blé. Ce sont les deux principaux groupes de protéines de l'endosperme, et varient suivant la variété de blé utilisée (Linden et Lorient 1994 ; Masci *et al.* 1995 ; Mok 1997).

La qualité des gliadines influence l'extensibilité de la pâte, les gluténines lui donnent élasticité et ténacité.

2.2.4. Lipides :

Le grain de blé contient environ 2,7 % de lipides, se trouvent essentiellement dans l'albumen (environ 60 %), dans la couche à aleurone (24 %) et dans le germe (13 %). Les lipides se trouvent aussi bien à l'état «libre» que «lié» aux composants de l'amidon (Berton, 2002).

Ouzouline *et al.* (2009) révèlent que les grains de blé dur sont plus riches en acides gras totaux et présentent une teneur plus importante en acide oléique (19 à 21%).

2.2.5. L'eau :

Les blés sont particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est d'environ 10-14 % (Godon, 1998).

2.2.6. La cellulose

Représente 2 à 4% du grain. C'est le principal polysaccharide de structure des végétaux. C'est un β - Dglucane composé de résidu anhydroglucopyranose, reliés par des liaisons β -(1-4) (Godon, 1998 ; Feillet, 2000).

2.2.7. Les vitamines :

Les vitamines des grains de blé sont présentes à une teneur plus faible par rapport aux autres constituants (Godon et Willm, 1991). Ce sont des composés complexes surtout localisés dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles (Pierrik et *al*, 2003).

Les vitamines présentes sont essentiellement du groupe B, à savoir vitamine B1, B2, B3, B6, B9 et sont inégalement réparties dans le grain (Roudot et Lefrancq, 2005).

2.2.8. Minéraux

Le blé dur est une source importante des oligoéléments, car c'est une récolte d'aliment principal qui peut composer une grande proportion de prise diététique dans beaucoup de pays. Le blé dur est une source significative en magnésium (Mg), manganèse (Mn), Fe, Zn, cuivre (Cu) et molybdène (Mo). Il est également une source significative en sélénium bio-disponible (Se) à moins qu'il soit développé dans des sols pauvres en Se. La teneur du grain de blé dur en sodium est faible (0,01-0,05mg/g). Considérant que les concentrations typiques des autres macroéléments sont 3,8-5,5 mg/g de potassium (K), 1,8-5,2 de phosphore (P), 1,0-1,5 mg/g de Mg, et 0,32-0,47mg/g de calcium (Ca) (Bounneche, 2015).

Le blé dur est une bonne source d'éléments de traces, mais la mouture diminue leurs concentrations, spécialement dans le cas de Mn, Fe, Mg et Zn, due à leur concentration relativement basse dans l'endosperme. Dans plusieurs pays de l'Amérique, l'Europe, le Moyen-Orient et l'Asie, les produits céréaliers, incluant les pâtes, sont fortifiés avec du Fe et parfois Ca et vitamines qui sont également perdues dans les produits céréaliers raffinés.

Compte tenu du fait que ce sont les parties périphériques de la graine, tégument séminal et assise protéiques (ou couche à aleurone) qui sont les plus riches en matières minérales et qu'à l'inverse, l'albumen amylicé n'en contient qu'environ 0.5%, la teneur en matières minérales d'une farine est utilisée comme marqueur de sa pureté, c'est-à-dire de sa contamination par les parties périphériques du grain (Bounneche, 2015).

3. Flore mycologique du blé

La flore mycologique accompagne normalement les grains sains, Celle qui se développe au cours du stockage se caractérise par la succession de deux types écologiques : de nouvelles espèces dites de stockage, prenant l'avantage sur les espèces champêtres (FEILLET, 2000).

3.1. Moisissures

3.1.1. Flore des champs

Les grains de blé sont contaminés par les microorganismes dans le champ, et cette microflore est dominée par des moisissures, dite flore des champs (Fredot, 2005).

Les genres les plus rencontrés sont: *Alternaria* (le plus fréquent), *Fusarium*, *Cladosporium*, *verticillium*,....

Cette flore est bien adaptée à des changements rapides des conditions dans le champ. Elle exige des activités en eau relativement élevées pour une croissance optimale (BouRrgeois et al, 2008).

En fonction des conditions précises, ces champignons peuvent se nourrir lentement au cours du stockage et peuvent survivre pendant de longues périodes. La survie de cette flore est plus longue à basse température et à faibles niveaux d'humidité (Robertes, 2005).

3.2. Flore intermédiaire

La flore intermédiaire est une catégorie à comportement plus diversifié et regroupe des moisissures capables d'un développement limité, en début de stockage, en condition particulière et notamment sur grains insuffisamment secs. Les genres les plus rencontrés sont : *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Absidia* et *Mucor* (Godon, 1997).

3.3. Flore de stockage

Les moisissures des grains de blé stockés sont présentes sous forme de mycélium dormant sous le péricarpe ou spores en dormance sur la surface du grain. Cependant, un certain nombre de moisissures sont superficiellement associées aux grains stockés. Les principaux genres rencontrés sont : *Aspergillus* et *Penicillium* et, en raison de leurs capacités de se développer sur tous substrats possibles et dans une large gamme de température et d'humidité (Bourgeois et al, 2008):

- **Genre *Aspergillus*** : Dans le blé stocké, les moisissures du genre *Aspergillus* se multiplient d'autant plus rapidement que la température (jusqu'à 40°C) et l'activité de l'eau sont élevées (Feillet, 2000). Les espèces d'*Aspergillus* les plus

fréquemment observées dans le grain de blé stocké sont surtout : *Aspergillus niger* et *Aspergillus fumigatus* (Bourgeois et al, 2008).

- **Genre *Penicillium***: Les moisissures de ce genre sont moins fréquentes avant la récolte mais commencent à croître rapidement pendant le stockage, quand les conditions appropriées sont réunies. Elles se développent même lorsque la teneur en eau est relativement basse, mais elle doit être au-dessus d'un seuil de 14% environ et d'un taux d'humidité de 75% (BOUDREAU et al, 1992

CHAPITRE II

EVALUATION DE LA QUALITE D'UN BLE DUR

1. Notion de la qualité

La notion de la qualité des blés dur est très complexe, sa définition dépend à la fois des variétés, des conditions de culture, de l'interaction entre génotype – milieu et de la valeur nutritionnelle (Liu *et al.*, 1996 in Ait Kaki, 2002).

Par ailleurs, l'amélioration de la qualité des variétés en vue de la fabrication de la semoule ou de la pâte alimentaire, ne sera réalisée que lorsque toutes les contraintes limitant le rendement seront levées (Feillet, 1986).

Dans les industries alimentaires, la qualité des variétés locales de blé dur dépend de l'orientation des produits qui y sont issus, ainsi:

- Le semoulier cherche des variétés à poids spécifique élevé.
- Le pastier cherche des semoules pures non contaminées par le son et dont la qualité des protéines satisfaisante. (Feillet et Dexter, 1996).

1.1. La qualité technologique:

Les critères de la valeur technologique des produits sont différents selon les industries de transformation auxquelles ils sont destinés. Parmi ces critères un est commun à tous les produits, c'est l'homogénéité des lots pour obtenir un produit (farine, semoule . . . etc.) de qualité standardisée et constante, les industries de transformation ont besoins d'un produit de départ ayant une qualité homogène (Cruzet *al*, 1988).

1.1.1. La qualité semoulière :

Selon Abecassis (1993), la qualité semoulière est la quantité de semoule d'une pureté déterminée que peut fabriquer un semoulier à partir des blés qui lui sont livrés. Elle dépend en fait de trois groupes de facteurs.

- Les facteurs extrinsèques qui sont liés aux conditions de culture et de récolte ;
- Les facteurs intrinsèques qui eux dépendent des caractéristiques propres du blé dur et qui définissent ainsi sa qualité technologique ;

- Enfin le troisième groupe de facteurs est essentiellement réglementaire puisqu'ils sont rattachés à la teneur en matières minérales des blés ; nous pouvons alors parler de qualité réglementaire des blés (Abecassis., 1993 ; Porceddu, 1993).

A/ Facteurs extrinsèques

Ces facteurs sont indépendants de la variété et sont très liés aux conditions de culture et de récolte. Leur influence sur la valeur semoulière est évidente et il en est ailleurs régulièrement tenu compte dans les transactions commerciales (Abecassis., 1993 ; Porceddu, 1993).

B/ Facteurs intrinsèques

Ce deuxième groupe de facteurs englobe plusieurs caractéristiques intrinsèques dépendant d'avantage de la nature du blé lui-même et qui sont toutes influencées par des propriétés variétales et agronomiques (Porceddu, 1993).

C/ Facteurs règlementaires

Le dernier facteur de la valeur semoulière est essentiellement réglementaire, il s'agit de la richesse en matières minérales (teneur en cendres). Ces matières minérales du blé sont principalement réparties dans les enveloppes et la couche à aleurone.

Leur estimation donne une indication sur le taux d'extraction en semoulerie. En effet, plus la teneur en cendre est élevée dans un lot de blé, moins de semoule sera extraite de ce lot (Porceddu, 1993).

La réglementation en vigueur associe la pureté des semoules (taux de contamination de l'albumen par des produits issus des enveloppes et de la couche à aleurone) à leur teneur en matières minérales (Abecassis et al. 1996 ; Mahaut, 1996).

1.1.2. La qualité pastière :

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

Pour le consommateur, bien que l'importance qu'il leurs accorde soit différente selon les pays, deux critères sont essentiels : il y a d'abord l'aspect de la pâte crue et le comportement de cette pâte au cours de la cuisson (la qualité culinaire) (Feillet *et al.* 1977).

1.1.3. La 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 de caractéristiques rhéologiques des pâtes alimentaires (fermeté, ténacité et viscoélasticité).

En effet, les propriétés rhéologiques des pâtes alimentaires sont principalement dépendantes de la teneur en protéine et de la viscosité du gluten. Plus celles-ci sont élevées plus les pâtes sont fermes (Feillet *et al.* 1989).

Les gluténines, qui constituent environ 40% des protéines totales du grain de blé, influencent largement la qualité de l'extrusion des pâtes alimentaires ainsi que les propriétés rhéologiques des pâtes boulangères (Finnois *et al.*, 1987).

La cuisson d'une pâte alimentaire répond à un triple but : gélatiniser l'amidon pour le rendre digestible, modifier la texture des pâtes de manière à leur conférer les caractéristiques souhaitées par le consommateur, élever la température des produits. (Doumandji *et al.*, 2003).

1.1.4. La qualité nutritionnelle :

Le grain de blé tendre se caractérise par le fait qu'il possède une quantité importante de réserve énergétique concentrée pour l'essentiel dans les liaisons intramoléculaires de l'amidon et d'autre part certaine aptitude à la panification dont sont responsables dans une large mesure, les protéines de réserve de l'albumen amyloacé.

Les protéines de céréales ont une composition déficitaire en acides aminés essentiels, comme la lysine.

D'après Soltner (1990), les lipides sont peu représentés dans les graines de céréales notamment le blé, ils sont riches en acides gras insaturés, ces lipides sont concentrés au niveau du germe avec les vitamines A, E et B.

Selon Godon *et al.* (1991), les vitamines les plus présentes dans les grains de céréale sont : la vitamine B 1 (thiamine), la vitamine B 2 (riboflavine) et la vitamine PP (niacine). Les matières minérales sont présentes dans les grains de blé surtout dans l'épicarpe.

1.1.5. La qualité organoleptique :

Elle concerne le goût, la couleur, la texture et l'odeur. C'est un facteur très subjectif. Cette qualité constitue le principal motif d'achat pour la clientèle traditionnelle, cependant, les

tendances récentes accordent une importance croissante aux autres paramètres de qualités. (Guet, 1992).

Pour blé dur les principaux paramètres de la qualité organoleptique sont le goût et la couleur...

a- le goût :

Les critères de la qualité gustative sont en partie subjectifs car ils sont très liés à une perception personnelle. Ils peuvent également être objectifs et quantitatifs pour un certain nombre d'entre eux, par exemple lorsqu'ils sont liés aux taux de sucre, à la fermeté et à l'acidité. Ces critères permettent d'effectuer des études comparatives en termes de qualité gustative. (Ducasse Cournac et Leclerc, 2000).

b- La couleur :

La couleur de la pâte alimentaire est le résultat de la superposition d'une composante jaune recherchée et une composante brune indésirable. La couleur jaune ambrée des produits dérivés de blé dur est le résultat du contenu en pigment caroténoïdes et de leurs oxydations par les lipoxygénases. (Borelli et *al*, 1999).

1.1.6. La qualité hygiénique:

Selon Multon (1982), l'état sanitaire d'un lot de grains est une résultante complexe descriptive de l'état sanitaire réel des grains, donc on peut l'apprécier à l'aide des critères objectifs suivants :

- L'état physique du grain : température, teneur en eau, propreté.
- L'état biochimique : activité enzymatique (amylasique)
- L'état d'infection par les micro-organismes, déprédateurs, animaux.
- La qualité du grain est représentée par l'énergie de la faculté germinative dans les cas de semences, ou par la qualité technologique dans le cas de grains destinés à l'industrie.

La qualité hygiénique des pâtes alimentaires, considérée comme excellente, ne pose pas de problème particulier, bien que les micro-organismes trouvent un milieu favorable à leur développement au cours du séchage (maintien de produits hydratés à 40-50 C° pendant plusieurs heures). (Feillet, 2000).

2. les critères d'appréciation de la qualité du blé dur

Maziani (2016) rapporte que, la notion de qualité est complexe, elle est conditionnée par les habitudes alimentaires, les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées. La qualité est une somme de caractéristiques qui vont du rendement semoulier jusqu'à l'aptitude à la transformation, et s'élabore toute au long du cycle de développement pour répondre d'une part aux attentes des industriels, semouliers et postiers et d'autre part aux critères nutritionnels, organoleptiques et hygiéniques. Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur, et ils dépendent en partie de la variété et des techniques culturales :

2.1. Caractéristiques physicochimiques

2.1.1. Poids de Mille Grains (PMG) :

Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies). La présence de grain échaudé a une incidence sur le rendement en mouture (Dexter et Matsuo, 1977).

Pour les agriculteurs, cette analyse permettra de calculer plus précisément les doses de semences nécessaires pour répondre à un objectif de densité de semis.

Le PMG, pour une même variété, est corrélé positivement au taux d'extraction desemoule. Dans les zones chaudes de culture du blé dur telle que l'Afrique du nord, les PMG sont moins importants. Ce déficit provient de la brièveté de la période de reproduction (Grignac, 1981 ; (Benbelkacem et Kellou, 2000).

2.1.2. Taux de mitadinage :

Le mitadinage est un accident physiologique du blé dur intervenant au cours de sa maturation (Magriniet *al*, 2013), c'est un passage des grains de l'état vitreux à l'état farineux (Fig. 03) (Benchikh *et al*, 2016), et il se traduit par des anomalies de texture et de couleur des grains affectant la fabrication de semoule (Magrini *et al.*, 2013).

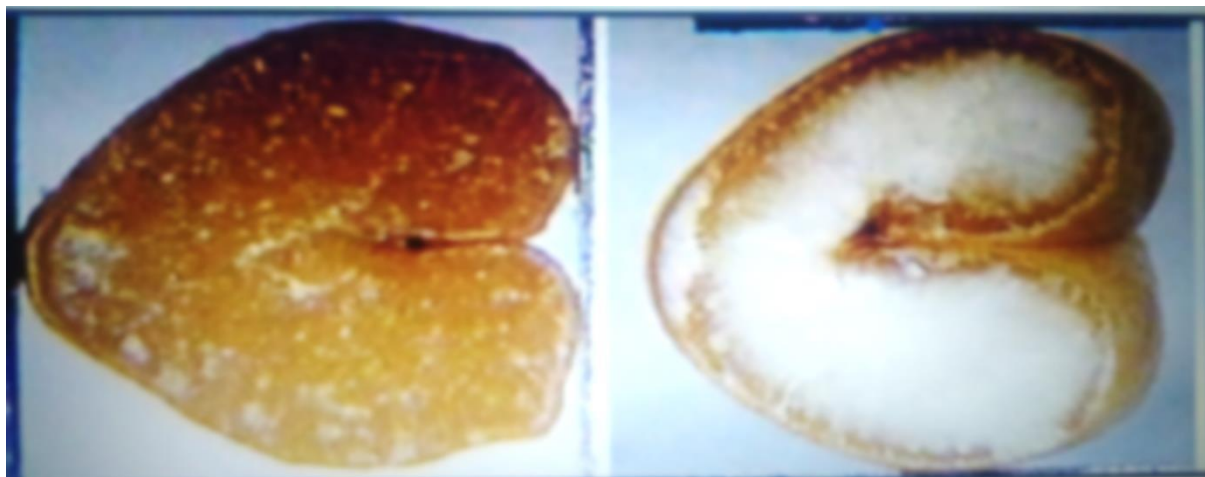


Figure 03: Grain vitreux (à gauche) et grain mitadiné (à droite) observés au microscope optique (Baasandorj, 2014)

2.1.3. Teneur en 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 différentes : Il permet d'une part une aptitude de stockage à long durée et inhibe d'autre part le développement des micro-organismes notamment les moisissures (Fredot, 2005).

2.1.4. Teneur en cendre :

La teneur en cendres du blé (expression de la richesse en éléments minéraux) est une caractéristique de pureté de la semoule, qui augmente avec le taux d'extraction. Elle peut varier considérablement en fonction de la région et des conditions climatiques pendant la croissance (Feillet, 2000).

2.2. Caractéristiques technologique

2.2.1. Teneur en protéiné :

La richesse en protéines d'une semoule et les propriétés intrinsèques de celle-ci constitue un paramètre de qualité importante. Elle dépend de nombreux facteurs tels que la variété, les conditions de culture, le stade de maturité du grain. La teneur en différentes fractions protéiques d'une variété fluctue moins que la teneur en azote total car moins dépendante des variations environnementales (Royo *et al*, 2004).

Inscrites au niveau du génome, les différentes fractions protéiques peuvent toutefois être présentes à des teneurs variables selon la nutrition azotée. La fertilisation azotée a une

incidence sur le rapport N/S qui se traduit par des variations quantitatives de la synthèse d'acides aminés soufrés comme la méthionine et la cystéine (Rharrabti *et al*, 2001).

2.2.2. Teneur en gluten :

Le gluten est le complexe protéique viscoélastique que l'on peut obtenir par lixiviation de la pâte ; malaxage en présence d'une eau salée et tamisage pour retenir les parties non solubles.

Les protéines du gluten constituent 80 % du total des protéines du grain (Osborne 1907 ; Liu *et al.* 1996). Les composantes majeures du gluten sont les gliadines et les gluténines, qui représentent 70 % des protéines totales du blé. Ce sont les deux principaux groupes de protéines de l'endosperme, et varient suivant la variété de blé utilisée (Linden et Lorient 1994 ; Masci *et al.* 1995 ; Mok 1997).

La qualité des gliadines influence l'extensibilité de la pâte, les gluténines lui donnent élasticité et ténacité.

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre III

Matériel et méthodes expérimentales

1.1. Présentation de la région d'essai expérimental

1.1.1. Situation géographique

L'essai expérimental est réalisée dans un jardin 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, 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 Wilayates pastorales du pays ainsi que des Wilayat du sud (DPAT, 2013).

1.1.2. Le climat

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

1.1.2.1. La pluviométrie

La pluviométrie est l'élément climatique le plus important compte-tenu de sa très grande variabilité spatio-temporelle. L'étude de sa variabilité moyenne a été effectuée sur les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous pour la période (2009-2018) (O.N.M, 2019).

Tableau 04. Précipitation moyennes mensuelles de la région de Laghouat en (mm), période (2009-2018).

Année/Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc
2009-2018	8.74	10.2	7.42	5.23	11.42	7.27	4.03	7.63	26.98	19.18	11.98	6.06

Source : (O.N.M, 2019).

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.

1.1.2.2. Température

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

Tableau 05. Température moyennes mensuelles en (°C) de la région de Laghouat, période (2009-2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
M(°C)	14.68	15.35	19.64	24.52	29.52	34.62	39.13	37.5	29.85	26.32	18.12	15.17	25.36
m(°C)	3.04	3.64	6.47	11.05	15.63	20.48	24.61	23.56	19.86	16.15	7.23	3.42	12.94
T.moy. (°C)	8.86	9.49	13.05	17.78	22.57	27.55	31.87	30.53	24.85	21.23	12.67	9.29	19.15

Source : (O.N.M, 2019).

Les températures moyennes mensuelles pour les années 2009-2018 sont maximales au cours de la période de Mai à Septembre (saison chaude) et atteint leur maximum pendant le mois du juillet avec une valeur de 39.13°C. Pour le froid, il débute du mois de novembre vers mars et atteint sa valeur minimale de 3.04 °C en mois de janvier.

1.1.2.3. 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 et janvier avec une valeur de 59 % et une humidité relative à faible moyenne durant tous les autres mois de l'année 2018 (Tableau 03).

Tableau 06. Humidité relative moyenne en (%) de la région de Laghouat, l'année (2018).

Année/Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
2018	49	48	42	40	37	24	18	37	43	52	56	61

Source : (O.N.M, 2019).

Les risques de gelées se posent surtout en période hivernale de Novembre à Mars avec une moyenne de 16.9 jours par an et il est enregistré 13 jours en 2018.

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 4.6 m/s enregistré au mois de Mars.

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

Enfin, le total d'insolation est suffisant pour les cultures céréalières dans toute la région de Laghouat, en respectant 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, 2017).

1.2. Protocole expérimental

1.2.1. Le Matériel végétal

Quatre variétés de blé dur (*Triticum durum*. Desf) ont été testés, Ammar 6, Vitron, Boussalem et Siméto.

La variété Vitron est d'origine d'Espagne. Caractérisé par uncoléoptile à des pigments anthocyaniques nulle ou très faible, porte un tallage demi-dressé à demi-étalé et hauteur de tige, épi et barbes moyenne. Elle se caractérise sur épi sec par : barbes distribuées sur toute la longueur avec une couleur noire et plus longue par rapport l'épi à couleur (à la maturité) blanc avec une forme pyramidale et une compacité moyenne, le grain à une forme demi allongé. Elle atteint un rendement élevé, poids de mille grain (PMG) élevé et qualité semoulières bonne avec une teneur en protéine de 13.5 %, elle est sensible à la rouille brune, moyennement sensible à la septoriose par contre résistante à l'oïdium (CNCC, 2015).

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

1.2.2. L'élaboration de plan d'expérience

L'essai a été réalisé au cours de la campagne agricole 2018-2019. Le semis est réalisé le 12 décembre 2018). 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). Ce dernier est qualitatif et présente plusieurs variantes ou niveaux. Le facteur génotype présente quatre (04) variantes.

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

Le nombre des unités expérimentales sont (12) 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 $4 \times 3 \times 1,20 \text{ m}^2 = 14,4 \text{ m}^2$.

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

- Dispositif en blocs aléatoire complet (BAC) ;
- Facteurs étudiés : variété
- Niveaux de facteur : 04.
- Nombre de répétition : 3

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

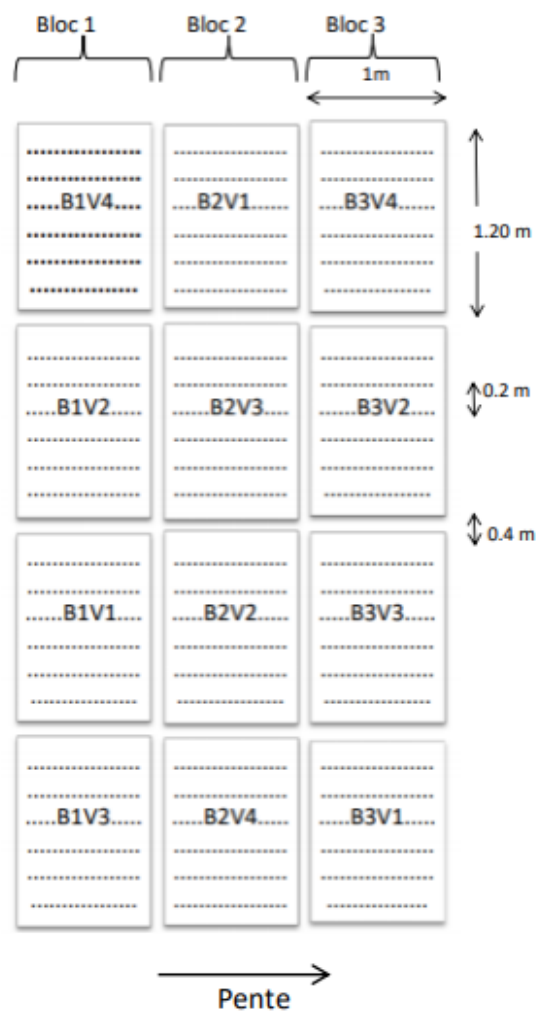


Figure04 : Le dispositif expérimental

1.2.3. 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 a permis de déterminer les différences entre les moyennes des différents traitements est le test de l'analyse de la variance. Ce test global préalable est indispensable.

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

La signification des différences entre les quatre variétés étudiées est exprimée en fonction de probabilité (P) :

- $P > 0.05$: il n'y a pas de différence entre les moyennes des différents traitements
- $0.0100 < P < 0.05$: la différence entre les moyennes des différents traitements est significative.
- $0.0010 < P < 0.0100$: la différence entre les moyennes des différents traitements est hautement significative.
- $0.0000 < P < 0.0010$: la différence entre les moyennes des différents 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 différence significative (PPDS). Ce test de PPDS nous a permis de classer les moyennes des différents traitements en groupes homogènes, ainsi ressortir les meilleurs traitements.

1.3. Présentation des paramètres étudiés

1.3.1. Analyses physico chimiques sur le grain de blé dur

1.3.1.1. Détermination du poids de mille (1000) grains

La masse de 1000 grains est la masse de 1000 grains entiers exprimée en grammes. C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomiques. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage, d'étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques qui modifient la masse de 1000 grains (Scotti., 1997).

C'est une des composantes du rendement agronomique et rendement semoulier. Cette mesure est surtout effectuée lors de la sélection du blé dur, c'est un critère

essentiellement variétal qui dépend beaucoup des conditions de cultures qui influencent de façon très significative.

a/ Le mode opératoire :

Cette méthode consiste à prendre au hasard, une quantité approximative égale à 500 grains de l'échantillon brut, sélectionner les grains entiers, ceux qui sont cassés et les matières étrangères sont enlevés manuellement de l'échantillon, puis on pèse. En déduit par différence la masse des grains entiers avec un comptage manuel de ces derniers.

b/ Expression des résultats :

La masse de mille grains en gramme du produit est calculée comme suit :

$$M(g) = \frac{m_0}{n} \times 1000$$

M : la masse de 1000 grains
m₀ : la masse des grains entiers
n : le nombre de grains entiers

1.3.1.2. Détermination du taux de mitadinage :

Le taux de mitadinage est le pourcentage en nombre de grains de blé dur non entièrement vitreux (C.T.P.S et G.E.V.S., 2006). Selon le règlement communautaire n° 824/2000 du 19 avril 2000, un grain mitadiné est "un grain dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse" (I.T.C.F., 2001).

Un grain mitadiné présente à la coupe une ou plusieurs plages farineuses et à tendance, lors de la mouture, à se désagréger en farine et non à éclater en semoule, provoquant une diminution du rendement semoulier.

a/ Intérêt :

L'objectif du semoulier est de fabriquer de la semoule et non de la farine, le blé dur doit donc être peu mitadiné. Si le taux de mitadinage est trop élevé, le rendement semoulier chute. La qualité commerciale type indique que moins de 20 % des grains peuvent être mitadinés, au-delà de 40 %, le blé dur est vendu au prix du blé tendre.

b/ Mode opératoire

A l'aide d'un farinotome de POHL qui est un coupe grains qui permet de couper 50 grains transversalement, 12 déterminations sont effectuées sur le même échantillon (12 plaques de farinotome déterminent 600 grains). Ensuite, compter tous les grains visiblement mitadinés.

c/ Expression des résultats

Elle se fait par la formule suivante :

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

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



Figure 05 : Farinotome de Pohl (coupe grains). (Original, 2020)

1.3.1.3. Détermination du taux d'humidité (Méthode appliquée aux céréales et produits céréaliers : norme AFNOR NF V03-707) :**a/ Mode opératoire**

- Peser un creuset vide.
- Peser 10 grammes d'échantillons
- Mettre 10 grammes d'échantillons dans le creuset.
- Par la suite, les mettre dans l'étuve réglée à 130- 133 °C pendant 2h.
- Manipuler les creusets avec une pince.

b/ Expression des résultats

Le pourcentage d'humidité est calculé par la formule suivante :

$$H (\%) = (m_0 - m_1 / m_0) \times 100$$

Où

H : taux d'humidité.

m₀ : masse en gramme de la prise d'essai.

m₁ : masse en gramme de la prise d'essai après séchage.



Figure 06 : l'étuve. (Original, 2020)

1.3.1.4. Détermination du taux de cendres :

Les cendres sont le résidu minéral incombustible obtenu après incinération. Les cendres se composent des éléments métalliques présents dans le grain ou la semoule sous forme de sels et qui ne sont pas volatilisés lors de l'incinération et des résidus minéraux incombustibles provenant de la décomposition de la matière organique.(Godon et Loise, 1997):

La teneur en matière minérale est déterminée selon la norme NF V03-720.

a/ Intérêt

Le taux des cendres reste le moyen officiel utilisé pour contrôler la pureté des produits de mouture (Feillet, 2000). Cette détermination est indispensable au classement des semoules de blé dur pour la fabrication des pâtes alimentaires (Bar, 2001).

b/ Mode opératoire

- Introduire dans la capsule 5g d'échantillons
- Mettre la capsule à l'intérieur du four.

- Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion complète du produit, y compris des particules charbonneuses contenues dans le résidu, soit 1 h après la remontée du four à 900 °C.
- Une fois l'incinération terminée, retirer la capsule du four, et la mettre à refroidir dans le dessiccateur.
- Pour maintenir l'efficacité du dessiccateur, ne pas superposer les capsules, dès que la capsule a atteint la température ambiante (soit 15 min à 20 min pour les capsules en platine),
- Peser à 0,1 mg près et rapidement en raison du caractère hygroscopique des cendres.

c/ Expression des résultats

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière sèche exprimé en pourcentage, est donné par l'équation :

$$TC (\%) = m_1 \times 100 / m_0 \cdot (100/100-H)$$

Où

TC : taux de cendres.

m₀ : la masse, en grammes, de la prise d'essai.

m₁ : la masse, en grammes, des cendres.

H : la teneur en eau, en pourcentage par masse, de l'échantillon.



Figure 07 : Four à moufle. (Original, 2020).

1.3.2. Analyses technologiques

1.3.2.1. Détermination du teneur en protéines : (AFNOR NF V03-050)

La teneur en protéines est un critère de la qualité de la semoule ou de la farine ; elle conditionne pour une grande part la valeur postière des semoules.

a/ Mode opératoire

Minéralisation : Ajouter dans le tube de digestion en plus de 1g de l'échantillon sec :

- 7g de sulfate de potassium anhydre (K_2SO_4).
- 7ml d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4).
- 5ml de 5ml d'eaux oxygénée H_2O_2

Digestion : Nous avons chauffé pendant 45minutes à $400^{\circ}C$ sous hôte, puis, laisser refroidir et diluer de l'eau distillée par 50ml dans chaque matras.

Distillation

- La distillation se fait par le déplacement de l'azote minérale ammoniac par l'ajout de 50 ml de la soude à 35%, puis entrainer ce dernier de la vapeur d'eau l'acide borique à 4% avec 25 ml jusqu'à une collecte de 100 ml de distillation (distillateur kjeldhal).
- Ajouter quelques gouttes (2 à 3) d'un indicateur formé du Rouge de méthyle au distillat (obtention d'une couleur jaune)
- Par HCl à 0,2N laisser titrer jusque à ce que la solution devient couleur Rose

b/Expression des résultats

La teneur en azote par rapport à la matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$N \% = 0,01401 \times T \times (V1 - V0) \times 100/m-H$$

Où :

N : teneur en azote.

T : normalité de l'acide sulfurique utilisé pour le titrage.

V1: volume, en millilitre, de la solution d'acide sulfurique versée par le titreur lors du dosage.

V0 : volume, en millilitre, de la solution d'acide sulfurique versée par le titreur.

m : masse en grammes de la prise d'essai.

H : la teneur en eau en pourcentage de l'échantillon.



Figure 08 : minéralisateur et distillateur de Kjeldhal. (Original, 2020).

1.3.2.2. Détermination du teneur en gluten humide (ICC n° 155 et 158) :

a/ Mode opératoire

Pour mesurer la quantité de gluten, un pâton est réalisé avec 10g de blé broyé (m0) mélangé avec 5mL d'eau salée. Après 10 mn de repos, le gluten est isolée par lixiviation, c'est-à-dire par lavage du pâton sous un mince filet d'eau tout en malaxant afin d'évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau. Le gluten (m1) obtenu est essoré avant d'être pesé (Malki et Malki, 2016).

b/ Expression des résultats

La teneur en gluten humide (GH) est exprimée en pourcentage de la fraction massique de l'échantillon initial (Malki et Malki, 2016).

$$\text{GH (\%)} = \frac{m1}{m2} \times 100$$

1.3.2.3. Détermination du teneur en gluten sec (ISO 21415-4, 2006) :

a/ Mode opératoire

Le principe du dosage du gluten sec repose sur le séchage ou l'élimination de la fraction d'eau présente dans le gluten humide à l'aide des plaques chauffantes, selon les étapes suivantes (Malki et Malki, 2016) :

- Laisser les plaques chauffantes atteindre la température de service,

- Prendre la boule de gluten humide obtenue par la méthode spécifiée précédemment, et la mettre entre les plaques chauffantes préchauffées, pendant 5 min.
- Enlever le gluten séché des plaques chauffantes et le peser (m_2).

b/ Expression des résultats

La teneur en gluten sec (GS) exprimée en pourcentage de fraction massique de l'échantillon initial est égale à :

$$\text{GS (\%)} = m_2/m_0 \times 100$$

1.3.2.4. Capacité d'hydratation du gluten

La capacité d'hydratation du gluten (CH) représente la quantité d'eau absorbée par le gluten. Elle exprimé selon la formule suivante :

$$\text{Capacité d'hydratation du gluten} = (\text{Gluten humide} - \text{Gluten sec}) \times 100 / \text{Gluten hu}$$

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

Afin d'atteindre les objectifs fixés pour cette étude, à savoir évaluer une gamme de variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), cultivées à Laghouat pour leur qualité physico-chimique et technologique, plusieurs paramètres ont été estimés et les résultats obtenus sont exposés et traités dans cette partie du document.

1. Les Analyses physico-chimiques des grains des variétés étudiées

1.1. Le poids de mille grains (PMG)

Les résultats relatifs au poids de mille grains sont représentés dans le tableau n° 8 et illustrés par l'histogramme figure n°9

Tableau 07 : valeur moyenne de poids de mille grains (g)

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Prob	CV %
Ammar 6	47,940 \pm 4,658	0,256	7,201
Vitron	50,707 \pm 1,248		
Boussalem	47,127 \pm 2,200		
Siméto	53,117 \pm 3,220		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes de différentes variétés.

Les valeurs de poids de mille grains des variétés de blé dur analysées sont comprises entre 47.940g et 53.117g. La variété Siméto a enregistré le PMG la plus élevée 53,117 g, par contre la variété Boussalem a enregistré la valeur de PMG la plus faible 47,127 g.

Selon Godon et Wilim (1991), un blé ayant un PMG situé entre 24 et 34g est composé de petits grains et entre 35 et 45g, il renferme des grains moyens, et entre 46 et 56 g présente de gros grains.

Il ressort donc que les quatre variétés étudiées présentent des gros grains.

Le poids de mille grains est un paramètre physique qui renseigne sur la dimension des grains et leurs calibres (Godon, 1991).

La masse du grain est une caractéristique variétale en relation directe avec la taille des grains, mais les conditions pédoclimatiques exercent aussi un effet sur le poids de 1000 grains (Dexter et Matsuo, 1980 ; Godon, 1991 ; Bar, 1995).

La taille des grains est considérée comme un facteur important de la valeur semoulière des blés durs. Les variétés à gros grains sont généralement préférées aux variétés à petits grains parce qu'elles donnent de meilleurs rendements en semoule (Matsuo et Dexter, 1980 ; Lempereur *et al.*, 1997).

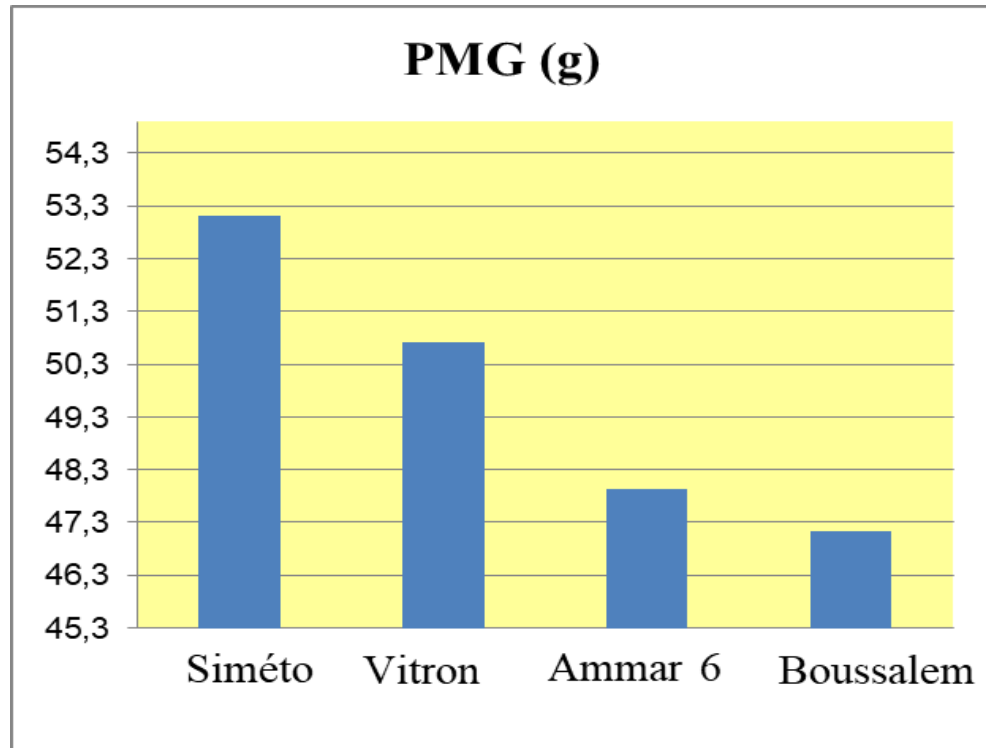


Figure 09 : Histogramme représentatif des résultats de poids de mille grains.

1.2. Le taux de mitadinage

Les résultats relatifs au taux de mitadinage sont représentés dans le tableau n° 09 et illustrés par l'histogramme figure n°10.

Tableau 08 : valeurs moyennes de taux de mitadinage (%)

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Groupe Homogène	Prob	CV%
Ammar 6	4,053 \pm 0,703	B	0,035	14,278
Vitron	4,163 \pm 0,239	B		
Boussalem	4,773 \pm 0,428	AB		
Siméto	6,107 \pm 0,812	A		

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

Le test de NEWMAN-KEUL nous a permis de classer les variétés en 3 groupes homogènes A : la variété Siméto, AB : la variété Boussalem, B : les variétés (Ammar 6 et Vitron).

Le règlement 824/2000 (I.T.C.F., 2001), indique que le pourcentage maximal de grains mitadinés, même partiellement ne doit pas excéder 27 % comme limite maximale. A la lumière des résultats obtenus, nous constatons que les variétés de blé dur analysé sont comprises entre 4,053 % et 6,107 %, la variété Ammar 6 constitue une meilleure variété avec un taux de mitadinage de 4,053 %. Par contre les variétés Vitron, Boussalem et Siméto ont enregistré un taux de mitadinage plus au moins acceptable avec un taux de mitadinage de 4,163% (Vitron), 4,773% (Boussalem) et 6,107% (Siméto).

Ces variétés ont un taux de mitadinage inférieur à la valeur maximale, et ceci permet de dire que les échantillons testés de ces variétés sont considérés comme étant un blé de bonne qualité.

Pour le blé dur, dès qu'une partie du grain montre une zone, même minime, blanche, farineuse, le grain est dit mitadin (Godon, 1991).

Le contrôle du taux de grains mitadinés est très important car il apporte une indication directe sur la valeur semoulière ; le taux de mitadinage la pénalise, c'est pour cela que ce dernier entraîne un refus de blé dur dès qu'il a un taux de mitadinage supérieur à 50% (blé non commercialisable) (Godon et Wilim, 1991).

Le taux de mitadinage dépend à la fois de la quantité d'azote présente dans le grain et des conditions agro-climatique lors de la maturation et la formation de ce dernier. Une fertilisation azotée insuffisante et le lessivage du sol favorisent son apparition (Mahaut, 1996).

Un déficit en azote au stade plantule entraînerait une grande sensibilité au mitadinage.

en effet, au cours du remplissage du grin, si la matière protéique a été produite en quantité suffisante, l'albumen prendra un aspect vitreux. En revanche, sa carence conduit à la formation de nombreuses vacuoles d'air au sein de l'albumen lui conférant alors une apparence opaque (Lallem, 1979).

On considère que la faible disponibilité en azote constitue le facteur le plus critique dans la présence de grains mitadinés mais on doit considérer d'autres facteurs environnementaux et génétiques (Gate, 1996).

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.

Cependant, un taux de mitadinage élevé, fortement corrélé à une faible teneur en protéines, exerce un effet défavorable sur la qualité culinaire des produits finis (Feillet, 2000).

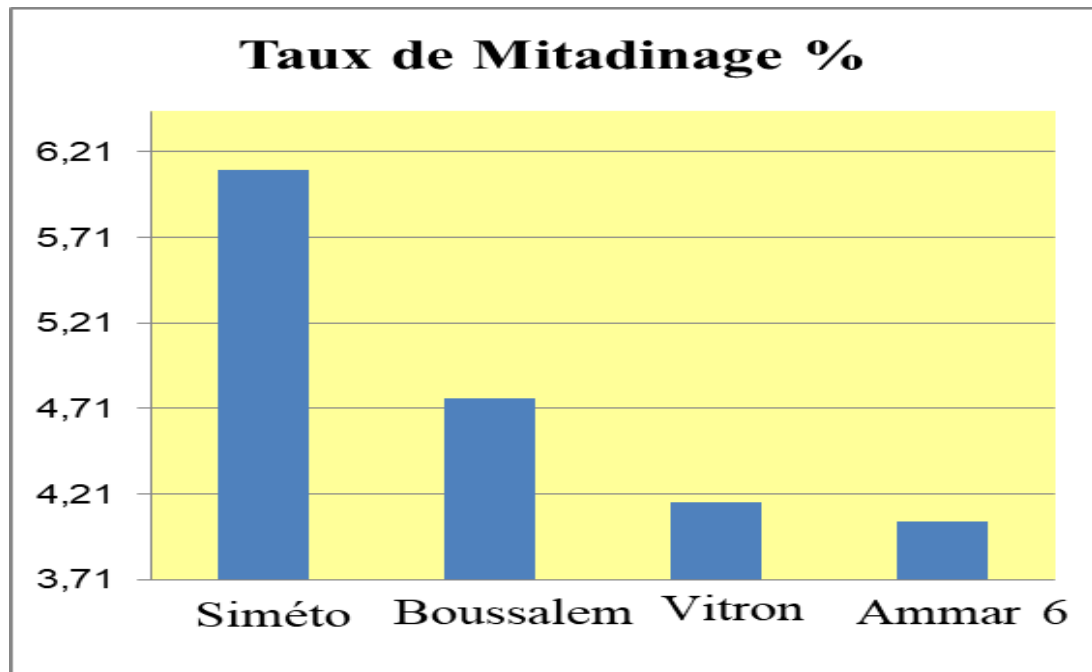


Figure 10 : Histogramme représentatif des résultats de taux de mitadinage.

1.3. Le taux d'humidité

Les résultats relatifs au taux d'humidité sont représentés dans le tableau n° 10 et illustrés par l'histogramme figure n°11.

Tableau 09 :valeurs moyennes de taux d'humidité (%)

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Groupe Homogène	Prob	CV%
Ammar 6	6,500 \pm 0,135	B	0,005	2,262
Vitron	7,083 \pm 0,109	A		
Boussalem	7,267 \pm 0,082	A		
Siméto	7,067 \pm 0,195	A		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les moyennes de différentes variétés.

Le test de NEWMAN-KEUL nous a permetde classer les variétés en 2 groupes homogènes A (les variétés :Vitron, Boussalem et Siméto), B : la variété Ammar 6.

La teneur en eau des grains des variétés de blé dur testés est très faible et elle varie entre 6,500 % et 7,267%.

La détermination de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente un triple intérêt : technologique, analytique et commercial.

L'humidité des grains nous permet de déterminer la quantité d'eau a ajouté lors du conditionnement pour ramener celle-ci à 16.5% dans le but de conférer aux blés une humidité optimale ; et faciliter la séparation entre l'amande et les enveloppes afin d'obtenir un bon taux d'extraction

Selon Dubois (1994), l'humidité des grains est généralement comprise entre 12 et 14% si ces derniers ont été cultivés dans de bonnes conditions agro-climatiques avant leur stockage en silo.

Pour Lacen (1990), la différence d'humidité d'un échantillon à un autre peut être attribuée aux conditions climatiques, à la région de culture, et aux conditions de stockage.

La teneur en eau des semoules est un critère essentiel de sa conservation et ladétermination de cette teneurtrouve son importance dans la précision des divers résultats analytiques qui sont rapportés à la matière sèche (Multon et Martin, 1984).

D'après Grandvoininet et Praty (1994), plus la teneur en eau est faible ($H \leq 15.5\%$), plus il est possible d'ajouter de l'eau au cours du pétrissage pour arriver à consistance optimum de la pâte.

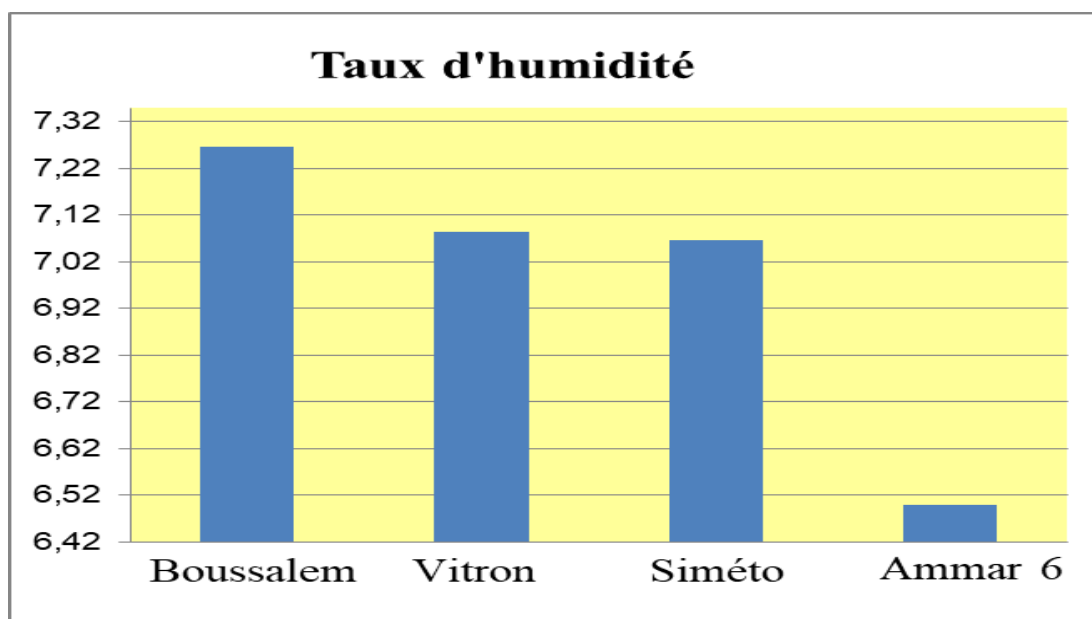


Figure 11 : Histogramme représentatif des résultats de taux d'humidité.

1.4. Le taux de cendre

Les résultats relatifs aux taux de cendre sont représentés dans le tableau n° 11 et illustrés par l'histogramme figure n°12.

Tableau 10 : valeurs moyennes de taux de cendre (%)

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Groupes Homogènes	Prob	CV%
Ammar 6	1,400 \pm 0,104	A	0,021	12,521
Vitron	1,600 \pm 0,144	A		
Boussalem	1,533 \pm 0,132	A		
Siméto	1,000 \pm 0,202	B		

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

Le test de NEWMAN-KEUL nous a permis de classer les variétés en 2 groupes homogènes : A (les variétés : Ammar 6, Vitron et Boussalem), B : la variété Siméto.

Le taux de cendre des grains des variétés de blé dur testé est compris entre 1 % et 1,6%.

Tous nos résultats obtenus sont inférieurs à la valeur maximale indiquée dans le Codex STAND 178-1991 qui est de l'ordre de 2,1%.

Le taux de cendre des semoules est un critère retenu par la réglementation pour contrôler la pureté des produits de mouture. Cette teneur est fonction du taux d'extraction, mais également de la minéralisation des blés (Abecassis et *al*, 1996).

En comparaison avec la teneur en cendre des grains et des semoules, celles des grains sont plus élevées en raison de l'élimination au cours de la mouture des enveloppes connues pour leur richesse en matières minérales.

Les facteurs liés aux variations du taux de cendre sont entre autre : les facteurs génétiques notamment la dureté, la taille et la teneur en enveloppes de grains, les facteurs pédologiques tel que la nature du sol, la disponibilité des minéraux du sol, etc. (Godon, 1978).

Le taux de cendre n'a pas d'effet direct sur la perte des pigments (Borrelli et *al*, 1999), mais une teneur plus élevée de cette composante dans la semoule conduit à une augmentation du brunissement (Borrelli et *al*, 2003).

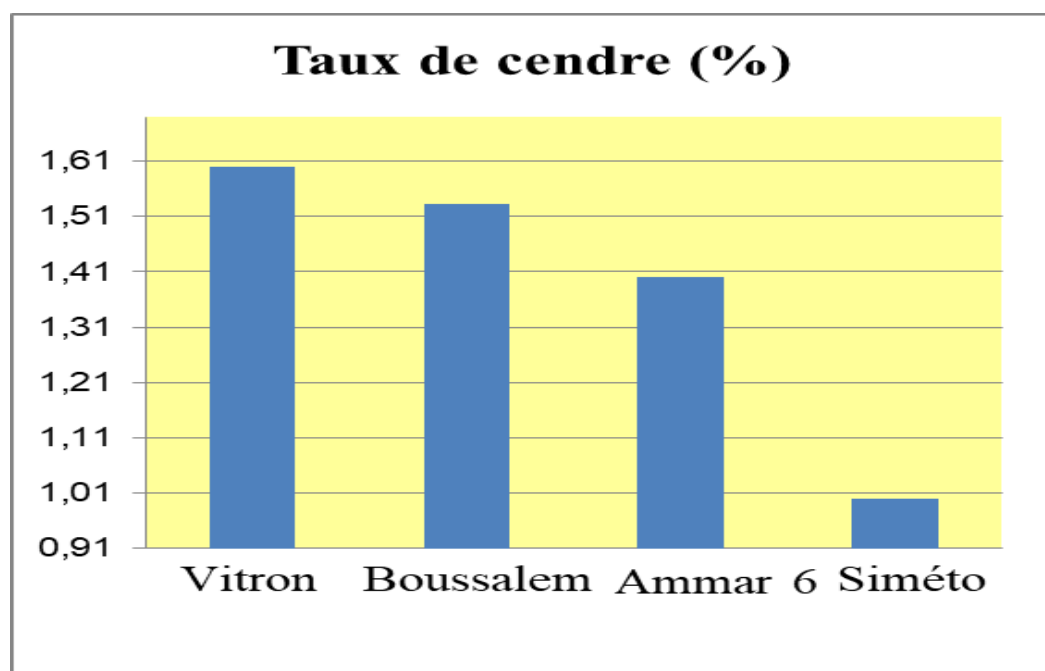


Figure 12 : Histogramme représentatif des résultats de taux de cendre.

2. Les Analyses technologique des grains des variétés étudiées

2.1. La teneur en protéine

Les résultats relatifs à la teneur en protéine sont représentés dans le tableau n° 12 et illustrés par l'histogramme figure n°13.

Tableau 11 : valeurs moyennes de teneur en protéine (%)

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Prob	CV %
Ammar 6	11,813 \pm 0,263	0,076	1,860
Vitron	12,057 \pm 0,093		
Boussalem	11,670 \pm 0,182		
Siméto	11,470 \pm 0,181		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes de différentes variétés.

Les teneurs de protéines des variétés de blé dur analysées sont comprises entre 11,470% et 12,057 %.

Selon Benbelkacem et *al*, (1995), on distingue des blés selon leur richesse en protéines ; « blé de bonne qualité (15%), blé de qualité moyenne (de 13 à 15%) et blé de faible qualité (< 13%).

Selon le *Codex Alimentarius* (1995), la semoule de blé dur doit avoir un minimum de protéines de 10,5 %. Les résultats obtenus montrent que toutes les quatre variétés ont un taux en protéines supérieur au minimum (10,5%). Les semoules de 4 variétés sont considérées comme semoules de bonne qualité. Puis que selon Feillet(2000), une semoule de bonne qualité a une teneur en protéines ente 12,5% et 13,5%.

Selon Debouz et *al* (1994), les conditions de culture peuvent influencer en partie la teneur en protéines des blés. Pour Sgrulatta et *al* (1998), c'est une fertilisation tardive qui favorise l'accumulation des protéines et améliore la qualité des grains.

Selon Cherit (2000), la teneur en protéines présente un double intérêt, l'un nutritionnel et l'autre technologique et elle est considérée comme un indice de qualité.

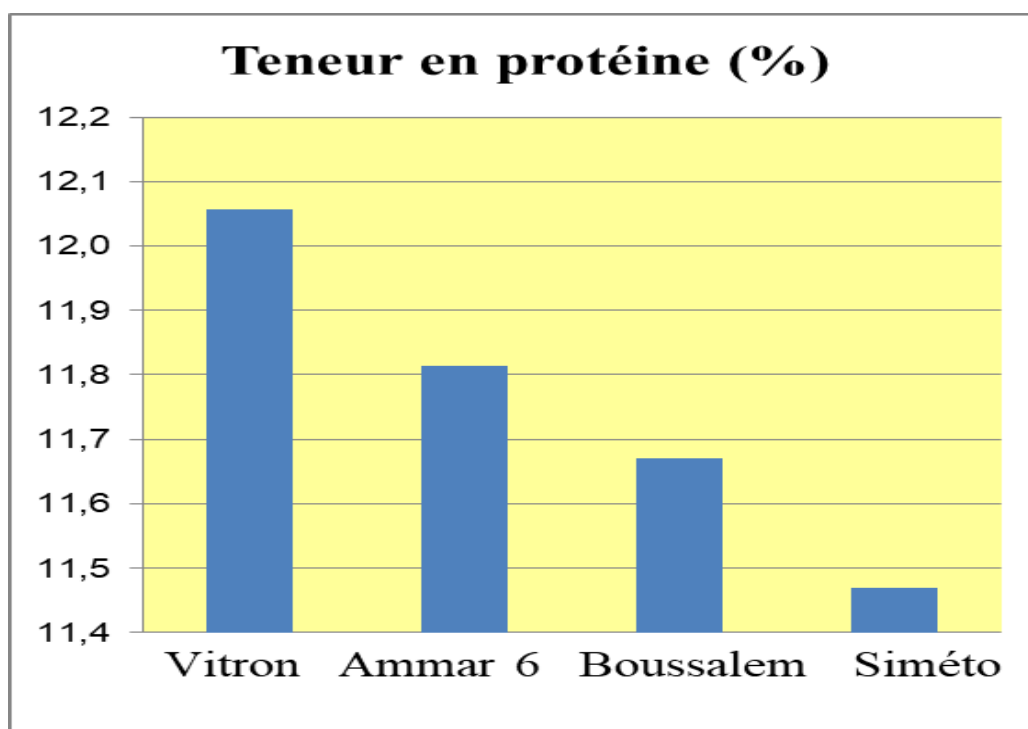


Figure 13 : Histogramme représentatif des résultats de taux de protéine .

2.2. La teneur en gluten humide

Les résultats relatifs au teneur en gluten humide sont représentés dans le tableau n° 13 et illustrés par l'histogramme figure n°14.

Tableau 12 :valeurs moyennes de taux de gluten humidité (%)

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Prob	CV %
Ammar 6	43,067 \pm 0,166	0,074	6,129
Vitron	40,133 \pm 3,170		
Boussalem	38,700 \pm 1,309		
Siméto	45,200 \pm 2,807		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes de différentes variétés.

La variété Siméto a enregistré une meilleure teneur (45,200%). Par contre la variété Boussalem a enregistré une valeur faible (38,700%).

Du point de vue quantitatif, la teneur en gluten humide doit être comprise entre 33 et 34% (Godon, 1991). En se référant à ces valeurs, la teneur en gluten humide des semoules considérées de « bonne qualité »

Quaglia (1988) a expliqué les teneurs élevées en gluten (humide et sec) chez les semoules de blé dur par la forte corrélation significative entre la teneur en protéines et la teneur en gluten.

Le gluten de blé dur et l'amidon, ainsi que les conditions de traitement déterminent la qualité de cuisson des pâtes (Bruneel et *al*, 2010). Plus les quantités de gluten extraites sont élevées, meilleure est la qualité de l'échantillon (Motquin et *al*, 2007).

Selon Roussel et Chiron (2005), la qualité de gluten agit sur la fixation de l'eau, la résistance et la teneur de la pâte, la rétention gazeuse, la croute de pain qui sont tous des paramètres déterminants dans la panification.

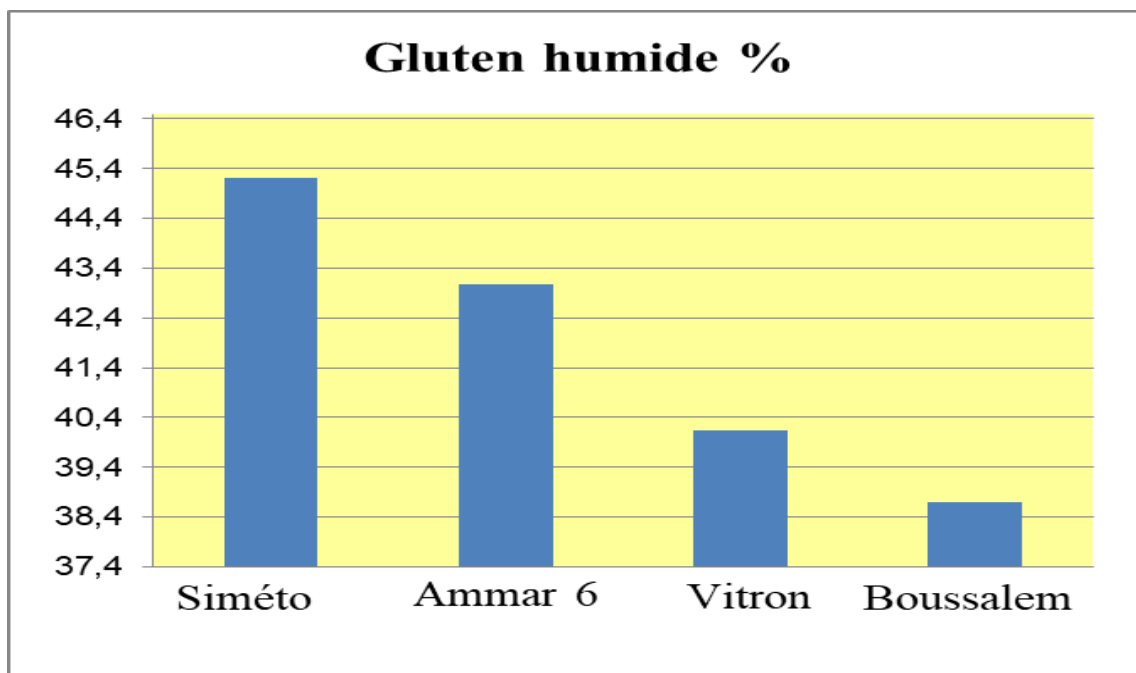


Figure 14 : Histogramme représentatif des résultats de teneur en gluten humide .

2.3. La teneur en gluten sec

Les résultats relatifs au teneur en gluten sec sont représentés dans le tableau n° 14 et illustrés par l'histogramme figure n°15.

Tableau 13 : Valeurs moyennes de taux de gluten sec (%)

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Groupe Homogène	Prob	CV %
Ammar 6	15,167 \pm 0,213	B	0,011	2,956
Vitron	15,067 \pm 0,419	B		
Boussalem	15,133 \pm 0,282	B		
Siméto	16,767 \pm 0,577	A		

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

Le test de NEWMAN-KEUL nous a permis de classer les variétés en 2 groupes homogènes. Ainsi les trois variétés Ammar 6, Vitron et Boussalem sont classées dans le groupe homogène B. Alors que la variété Siméto est classée seule dans le groupe homogène A.

La variété Siméto a enregistré une meilleure teneur avec 16,767%. Alors que la variété Vitron a enregistré une valeur faible avec 15,067%.

Selon D'Egidio et al (1979), les semoules ayant des teneurs en gluten sec supérieures à 13% peuvent fournir un excellent produit fini, tandis que pour celles dont les valeurs sont inférieures à 11% sont de qualité insuffisante. Cela nous amène à dire que les variétés que nous avons testées peuvent fournir un excellent produit fini.

Nos génotypes ont une bonne valeur pastière selon la classification de Matveef (1966), Cette classification nécessite une valeur comprise entre 11% - 15% pour que le blé soit de bonne valeur pastière.

Matveef (1966) classe les blés selon leur pourcentage en gluten dont :

- le blé qui contient un pourcentage inférieur à 11% est blé insuffisant.
- un pourcentage compris entre 11%-15% donne un blé de bonne valeur pastière.
- un blé supérieur à 15% est un blé de force.

D'après cette classification, la variété Siméto donne un blé de force par opposition aux trois autres variétés qui donnent un blé de bonne valeur pastière.

Selon Grosch (1986), la composition du gluten est un facteur déterminant de la force de la pâte et l'analyse quantitative et qualitative de ses principaux constituants : gliadines et gluténines est très importante. En effet Multon (1982), a rapporté que la force de la pâte est liée à la teneur totale en gluténines de haut poids moléculaires. D'après Linden et Alais (1997), les gliadines jouent un rôle dans l'extensibilité et les gluténines dans l'élasticité de la pâte.

D'après Godon et Willm (1991), après oxydation des acides gras polyinsaturés de la farine, il se forme des composés instables qui seront responsables de l'oxydation des groupements thiols des protéines, le réseau du gluten est ainsi renforcé.

Nicolas et Potus (1994), rapporte que ce phénomène entraîne une amélioration des propriétés rhéologique des pâtes, se traduisant par une augmentation de leur tolérance au pétrissage et le volume des pains.

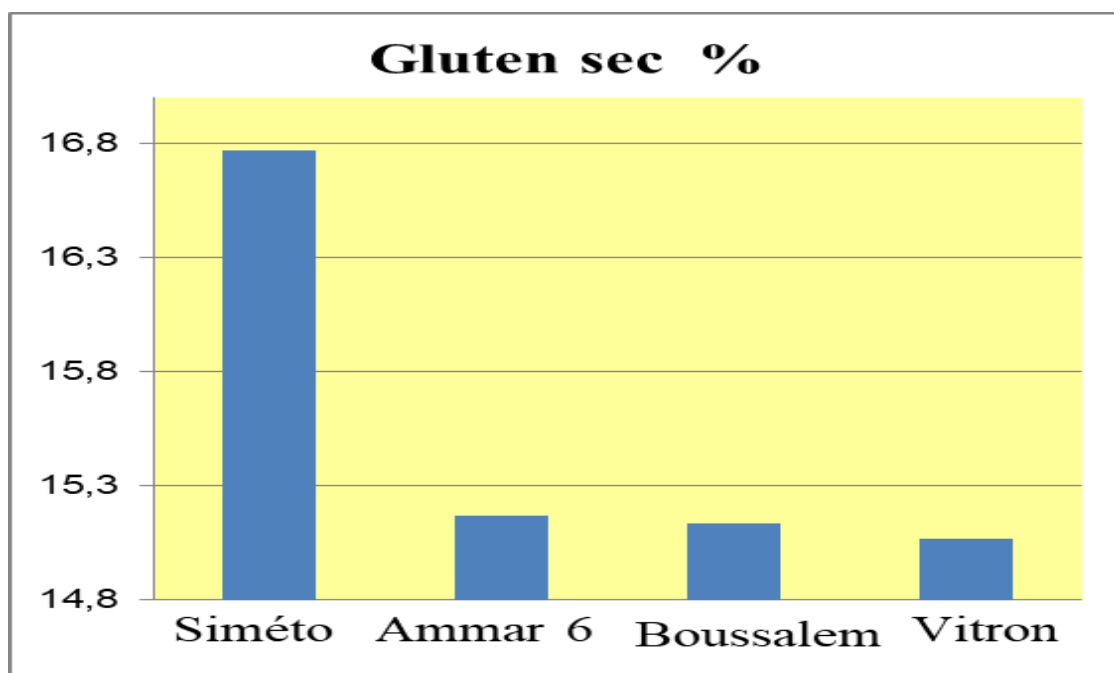


Figure 15 : Histogramme représentatif des résultats de teneur en gluten sec.

2.4. Capacité d'hydratation du gluten

Les résultats relatifs au capacité d'hydratation sont représentés dans le tableau n° 15 et illustrés par l'histogramme figure n°16.

Tableau 14 :valeurs moyennes de la capacité d'hydratation de gluten.

Variétés	Moyenne \pm Ecart type	Groupe Homogène	Prob	CV %
Ammar 6	64,767 \pm 0,399	A	0,011	1,493
Vitron	61,400 \pm 1,077	B		
Boussalem	61,100 \pm 0,548	B		
Siméto	62,833 \pm 0,997	B		

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

Le test de NEWMAN-KEUL nous a permis de classer les variétés en 2 groupes homogènes. Ainsi les trois variétés Simeto, Vitron et Boussalem sont classées dans le groupe homogène B. Alors que la variété Ammar 6 est classée seule dans le groupe homogène A.

La variété Ammar 6a enregistré une meilleure teneur avec 64,76%. Par contre la variété Boussalem a enregistré une valeur faible.

D'après Lecoq (1965), le coefficient d'hydratation du gluten est en relation avec la qualité de la farine ou de la semoule, il est normalement compris entre 62-65% et peut s'élever jusqu'à 69%. Il est diminué jusqu'à 60% lorsque le taux d'extraction est élevé ou lorsque la farine est vieille.

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

Selon Kiger et Kiger (1967), la capacité d'hydratation varie non seulement en fonction du taux d'extraction mais aussi en fonction de la variété de blé et particulièrement de son état de maturité

Selon Godon (1991), la composition du gluten lui permet de fixer deux à trois fois son poids en eau.

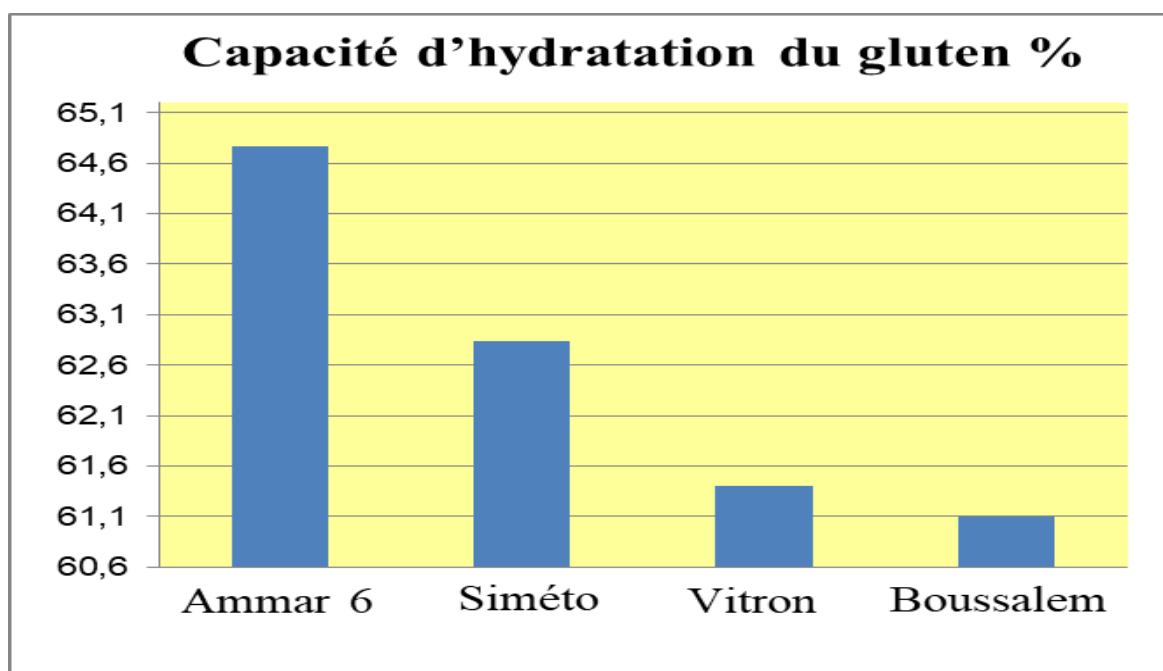


Figure 16 : Histogramme représentatif des résultats de capacité d'hydratation du gluten.

CONCLUSION

CONCLUSION

Le caractère qualité est actuellement très recherché et est devenu l'un des objectifs principaux dans l'amélioration des blés. La fabrication de la semoule et ses sous-produits nécessite des analyses physico-chimiques et technologiques spécifiques pour contrôler la qualité de blé dur à utiliser.

Pour atteindre les principaux objectifs que nous nous sommes fixés dans le cadre de ce travail, nous avons procédé à des analyses physicochimiques et technologiques de quatre (4) variétés de blé dur cultivées dans la région de Laghouat à savoir le poids de mille grains, taux de mitadinage, taux d'humidité, taux de cendre, teneur en protéine, teneur en gluten humide et sec, capacité de hydratation.

Les résultats de cette étude montrent que le bon choix variétal joue le rôle pivot dans la détermination de la qualité du blé dur et que l'environnement adéquat participe souvent à l'expression du potentiel génétique du blé dur et par conséquent sur la valorisation de la qualité de celui-ci.

Les variétés de blé dur étudié ont montré des différences significatives pour un ensemble de paramètres, en occurrence le taux de mitadinage, le taux d'humidité, le taux de cendre, teneur en gluten sec et capacité d'hydratation du gluten.

Alors que pour les paramètres PMG, teneur en protéine et teneur en gluten humide, l'étude a montré qu'il n'y a pas une différence entre les quatre variétés.

Les quatre variétés étudiées présentent des gros grains avec des valeurs moyennes de poids de mille grains comprises entre 47.94g et 53.11g. De ce fait, elles peuvent donner de meilleurs rendements en semoule.

Le taux de cendre est influencé par le génotype. Les résultats de notre étude sont inférieurs aux normes exigés par l'industrie de première transformation (pour les grains inférieurs à 2.1%)

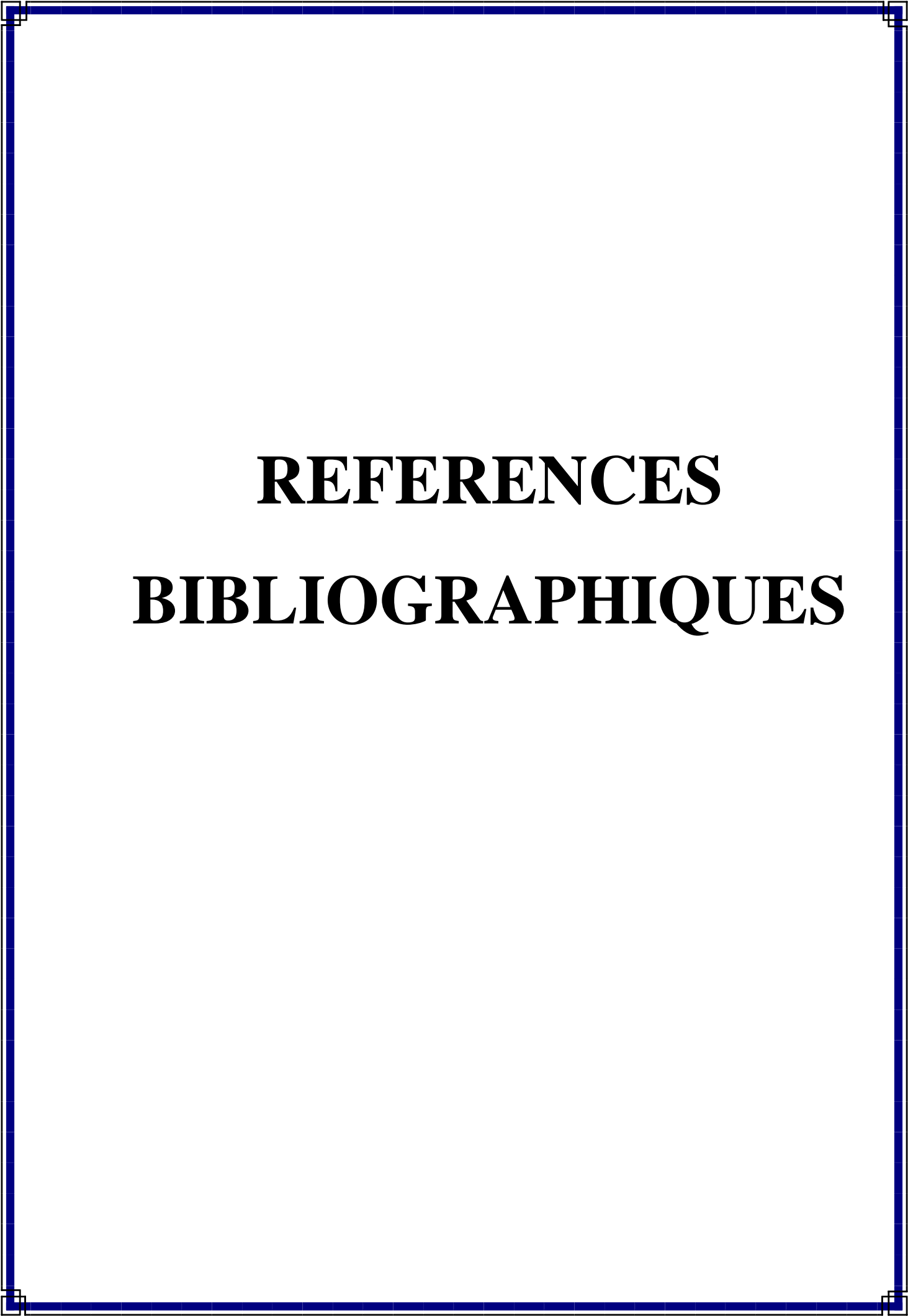
Pour ce qui est de taux de mitadinage, les quatre variétés de blé dur testées ont enregistrées des valeurs inférieures à 10%. Cela nous a indiqué la bonne valeur semoulière de ces variétés et l'intérêt qu'elles présentent pour la fabrication des pâtes alimentaires

CONCLUSION

Concernant le taux de protéine qui est le critère le plus important, les semoules des variétés testées sont considérées de bonne qualité avec des valeurs supérieures à la norme fixée par le *Codex Alimentarius*.

Pour le gluten humide, les semoules des variétés testées sont considérées de bonne qualité. Alors que pour la teneur en gluten sec, les résultats obtenus nous ont indiqué d'après la classification de Matfeev (1966) que toutes variétés donnent un blé de force par qui donne un blé de bonne valeur pastière. De ce fait, leurs semoules peuvent nous fournir un excellent produit fini avec une bonne capacité d'hydratation.

Face à la diversité des besoins et des procédés de fabrication à base de semoule de blé, les technologues et généticiens ont compris l'importance de mieux connaître les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et l'hérédité des propriétés fondamentales de la pâte. Cela nous conduit à dire que l'amélioration de la qualité des semoules par le biais des caractères présents dans les blés durs mérite l'utilisation de collections de variétés plus performantes (présence des gènes d'intérêt pour la qualité).



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abecassis J., (1993)** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. *Industrie des céréales*, 81: 25-37.
- Abecassis J., Chaurand M et Abbou R., (1996)** Valeur semoulière des blés durs. In : influence des facteurs génétiques.
- Abis S., (2012)** Le blé en Méditerranée sociétés commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales, CIHEAM Paris : 241-247 p.
- AFNOR .,(1991)** (Association Française de Normalisation).Contrôle de la qualité des produits alimentaire : céréales et produits céréaliers. *Ed. AFNOR*.
- Ait-Slimane-Ait-Kaki, S. (2008)** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse Doctorat en Sciences. Univ. Annaba.
- Bar C., (1995)** Contrôle de la qualité des céréales protéagineux. Lavoisier. Paris, 215p.
- Barron C., Abécassis J., Chaurand M., Lullien-Pellerin V., et al., (2012)** Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche. UMR-IATE Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes INRA, CIRAD, SUPAGRO, UM II Montpellier, France. N°19 : 51-62 p.
- Bellagoun I., Medini A., (2015)** Etude comparative de la qualité technologique de quelques échantillons du blé dur issus de la moisson 2014 (région de Guelma). Mémoire de master. Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire. Université 08 Mai 1945 de Guelma : 1-2 p.
- Benbelkacem A., Kellou K. (2000)** Evolution du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Symposium blé 2000 enjeux et stratégie. Pp192.
- Benbelkacem A., Sadli F., Brinis L. (1995)** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Séminaires Méditerranéens. ICARDA / CIHEAM / CIMMYT. Zaragoza, 17-19 novembre.
- Benchikh C., Fahloul D., Boulaoueh N., Fellahi N. et al., (2016)** Effets de l'augmentation de la dose d'azote sur l'amélioration du rendement et des paramètres de qualité du blé dur (*Triticum durum* Desf) en zone semi-aride en Algérie. *Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures*. Numéro 66 : 51 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berton B., (2002)** Hydratation par adsorption de vapeur d'eau ou par immersion des farines de blé et de leurs constituants. Alimentation et Nutrition. Institut National Polytechnique de Lorraine. France : 205 p.
- Borelli G M., De Leonarids A.M., Fares C., Platani C et Fanzo N, (2003)** Effect of modified processing conditions on oxidative properties of semolina dough and pasta. Cereal Chemistry.80 :p225-231.
- Borelli G M., Troccoli A., Di Fonzo N et Fares C, (1999)** Durum wheat lipoxygenases activity and other quality parameters that affect pasta color. Cereal chemistry, 76 :P335-340.
- Boudreau.A, Menard.G,** Le blé. Eléments fondamentaux et transformation ».
- Boufnar-Zaghouane F., Zaghouane O., (2006)** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC, ICARDA., Alger : 154 p.
- Boujnah, M., Abecassis, J., Bakhella, M., Amri, A., Ouassou, A., Nachit M., Chaurand, M., et Jaouhari, A. (2004).** Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. AL AWAMIA 111. Vol. 1 N. 3. Eté 2004
- Bounneche, H, ''** Fric : technologie de fabrication et qualité'' mémoire de magister, département de technologies alimentaires, université Constantine 1, 2015.
- Bourgeois.C, Mescle.J-F, Zucca.J,** microbiologie alimentaire, aspect
- Bruneel C ;Pareyt B ; Brijs K et Delcour J R,(2010)** The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products. Food Chemistry, 120 :p371-378.
- C.N.I.S, (2014)** : centre national d'informatique et de statistique
- C.T.P.S. et GEVES (2006).** (Comité technique permanent de la sélection Des plantes cultivées) (Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences). Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitane. 2005,305 p.
- Charles, A., & Linden, G., (1997).** Abrégé de Biochimie Alimentaire. 4ème édition. Mason. 248pages.
- Cheriet.G,** étude de la galette : différents types, recette et mode de préparation. Thèse
- CNCC., (2015)** Centre Nationale de Contrôle et Certification des semences et plantes. Coordonnateurs, ed : Les presses de l'Université Laval, Canada, 1992, 439 p.
- Codex Alimentarius 178-1995,** Norme codex pour la semoule et la farine de ble due, Cereales, legumes secs, legumineuses et matieres proteiques vegetales, 1995, 3 p
- Cruz et al, (1988)** : Conservation des grains en région chaudes, 2ème édition.
- D'Egidio M., Fortini S., Galterio G., Marini B M., Sgrulletta D et Volpi M, (1979).**Protéines totales et composition protéique de semoules de blés durs italiens, corrélation avec la qualité des pâtes alimentaires. Plant Foods for Human Nutrition. Vol 28,24 :p333-347.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

de magister. Option : science alimentaire. INATAA. Université de Constantine, 2000, 99 P.

Dexter J E et Matsuo R R, (1980). Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *Journal of Agriculture and food chemistry*. p26-899.

Dexter J.E. et Marchylo B.A., (1996) Meeting the durum wheat quality requirements of an evolving processing industry: past, present and future trends. In proceeding: the Pavan Mapimpianti 50th Anniversary Durum Wheat and Pasta Seminars, Bassano del Grappa (Italy), 23-26 October 1996.

Dexter J.E., Matsuo R.R. (1977). Changes in semolina proteins during spaghetti processing. *Cereal Chem.* N° 54. pp.882 - 894.

Doumandji, A.A., Doumandji, S.S., & Doumandji, M.B.B., (2003) Technologie de transformation des blés et Problèmes dus aux insectes au stock, cours de technologie des céréales, office des publications Universitaires. Ed 2. 02. 4112. Ben Aknoun. Alger. 67pages.

Dubois M, (1994) Le contrôle de la qualité : eau, Farine, levure et pain In panification française. Ed Tec et Doc., Lavoisier. Paris. Pp 506-521.

Ducasse -Cournac A. M. et Leclerc B, (2000) La qualité des produits de l'agriculture biologique. ITAB, Paris, 62p.

FAO., (2014) Afrique classement des pays producteurs de matières premières : 2p.

FAO.,(2018) Perspectives de l'alimentation ; Les marchés en bref. [disponible sur] <http://www.fao.org/worldfoodsituation/fr/>(consulté le 21/02/2019) : 2-3.

Feillet P., Ait-Mouh O., Koberehel K. & Autran J. C., (1989) The role of low molecular weight glutenin proteins in the determination of cooking quality of pasta products: an over view. *Cerealchem.* (66), P26-30.

Feillet, (2000) : Le grain de blé, composition et utilisation. Ed : INRA, 308p.

Feillet, P. (1986). L'industrie des pâtes alimentaires : Technologies de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières. *Ind. Agric. Aliment.* N°103. pp. 979 - 989.

Feillet, P., Abecassis, J. & Alary, R., (1977) Description d'un nouvel appareil pour mesurer les propriétés viscoélastiques des produits céréaliers. *Bull. Fr. Meun.*, 278: 97-101.

Finnois K. F., Yamazaki W. T, Youngs V. L. & Rubenthaler G. L., (1987) Quality of hard, soft and durum wheats. In: Heynes E.G(Ed), *Wheat and wheat improvement 677-748*. 26 edition, American society of agronomy Inc., crop science society of America and soil science society of America Inc., Madison, W.I.

Fredot E., (2005) : Connaissance des aliments. TEC & DOC, Paris, 397p

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Gate P, (1996).** Une filière orientée vers la qualité. In INARA ITCR ONIC ; perspectives Blé dur. Toulouse, France. P126.
- Godon B et Loisel W., (1997) :** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. 2^{ème} éd : Tec & Doc, Lavoisier.
- Godon B et Wilim C, (1991).** Les industries de première transformation des céréales. Edition Tec et Doc, Lavoisier. Paris.
- Godon B, (1978).** Matière minérale du gluten de blé et farine. Bull. ENSMIC. 238 :33-47.
- Godon, B., (1985).** Protéines végétales. Ed. Lavoisier. 162- 235.
- Godon, B., (1991).** Les constituants des céréales : nature, propriétés et teneurs In « Biotransformation des produits céréaliers » Ed. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. 1-19.
- Godon, B ; (1991)** Biotransformation des produits céréaliers, Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 221 p.
- Godon.B. (1998) :** Composition biochimique des céréales. In : Les industries de premières transformations des céréales. Ed : Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 57-74
- Grandvoinet P et Praty B, (1994)** Les ingrédients des pâtes : Farine et mixes. In La panification française. Ed Tec et Doc. , Lavoisier. Paris. Pp100-103.
- Gricnac P. (1981)** Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français. Séminaire de Bari. CEE. Univ Bologne. Pp 185 – 195.
- Guet G, (1992)** Agriculture biologique méditerranéenne. Guides pratique à usage professionnel. 518p.
- Guettouche, R., (1990)** Contribution à l'identification des caractères morphophysologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse de diplôme d'Agronomie Approfondie. Mise en valeur du milieu naturel. ENSAM : 111 pages.
- Hamadache, A., (2011).** Effets de quelques facteurs agro-techniques sur la qualité du grain du blé pluvial. Impact de la fertilisation azotée et de la protection phytosanitaire. Céréaliculture, 56 1^{er} semestre, pp: 57-62.
- I.T.C.F. (Institut Technique des Céréales et des Fourrages), (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux, Lavoisier, France : 268 p.
- ITCF ,(2001)** Contrôle de la qualité des céréales protéagineux. Guide pratique ITCF. Laboratoire qualité des céréales. p : 165-219.
- Jeantet. R., Croguennec. T., Scheck. P et Brule. G., (2007) :** Du blé au pain et aux pâtes alimentaires. In : Sciences des aliments, Biochimie-microbiologie- procédés produits. V2 : Technologie des produits alimentaires. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 137180.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Kiger J.L, Kiger J.G, (1967)** Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime, ed : DUNO, Paris, 676 p.
- Lacen S, (1990)** Influence du conditionnement des blés tendres sur la composition biochimique et des aptitudes technologiques de la farine. Mémoire d'ingénieur UMMTO.
- Lallem Y, (1979).**Recherche des aptitudes technologique de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie. Mémoire d'ingénieur d'état ENSA. El Harrach Alger.
- Lecoq R. (1965)** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. Tome I. éd Deren et Cie.pp. 241 - 251.
- Lempereur L ;Chaurand M ;Abecassais J et Autran J.C,(1997)** Valeur semoulière des blés durs (*Triticum durum* Desf.) :influence de la taille des grains, industries des céréales,104,13-20.
- Linden G., Lorient D. (1994)** Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Ind. Alim. Et Biologiques. éd. Masson.pp. 70 - 80.
- Linden, G., Lorient, D. (1994).** Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Ind. Alim. Et Biologiques. éd. Masson. pp. 70-80.
- Liu, C.Y., Shepherd, K.W., Rathjen, A.J. (1996).**Improvement of durum wheat pasta making and bread making qualities. Cereal Chemistry 73: pp 155-166.
- Magrini M-B., Triboulet P. et Bedoussac L., (2013)** Pratiques agricoles innovantes et logistique des coopératives agricoles. Une étude ex-ante sur l'acceptabilité de cultures associées blé dur légumineuses. Société Française d'Économie Rurale
- Mahaut B., (1996)** Comment évalue-t-on la qualité d'un blé dur ? In: ITCF (Ed.), Blé dur objectif qualité, Paris, pp.28-31.
- Masci S., Lew E. J.-L., Lafiandra D., Porceddu E., Kasarda D. (1995)** Characterization of Low Molecular Weight Glutenin Subunits in Durum Wheat by Reversed- Phase High-Performance Liquid Chromatography and N-Terminal Sequencing. Cereal Chemistry. Vol. 72, No. 1. pp 100-104.
- MATVEEF M., (1966)** Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires,Bull. anc. Ed. Fr. Meunerie, 213, pp 133-138.
- Matsuo, R. R., Dexter, J.E., Kosmolak, F.G., Leisle, D. (1982).** Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. Cereal Chem. N°59.
- Merzoug, S., (2014)** la mise en valeur des terres et la problématique de l'eau agricole dans les régions aride-cas de wilaya de Laghouat. Mémoire d'ingénieur en production et amélioration des plantes : Université Amar Téliidji- Laghouat. 76 P.
- Mok, C. (1997).** Mixing properties of durum wheats emolina as influenced by protein microbiologique de la sécurité des aliments, ed : tec et doc, Lavoisier, Paris 2008, 672 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Moule C., (1980)** La mécanisation de l'irrigation par aspersion. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 35 : 25-35 p.
- Multon J.L , (1982)** Conservation et stockage des grains et produits dérivés. Ed Tec et Doc, Lavoisier. Paris.
- Multon J.L, et Martin (1984)** Mesurage de la teneur en eau. In Guide pratique d'analyse dans les industries céréalières. Ed Tec et Doc. N° 22, 1995.
- Nadjah I., (2014)** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse de doctorat. Option : Biologie Végétale Et Environnement. Université Badji Mokhtar-Annaba : 98 p.
- Nadjem, K, (2012)** ‘ ‘ contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride.’’, mémoire de magister, département des sciences agronomiques, Université FERHAT Abbas Sétif.
- Nicolas J et Potus, (1994)** Phénomènes d'oxydation enzymatique et Co oxydation. Exemples du rôle de la lipoxygénase en panification et du polyphénol oxydase en technologie des fruits.
- O.N.M. (2017)** Office Nationale de Météorologie. Donnée météorologique de wilaya de Laghouat.
- Osborne et Shewry, (1907):** Proteins of the wheatkermel. Publ 84, Carnegie inst. Washington. 1-19.
- Ouanzar, S, (2012)** « Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) », mémoire de magister, département des sciences agronomiques, université FERHAT Abbas Sétif.
- Ouzouline M., Tahani N., Elamrani A. et Serghini C-H., (2009)** Comparaison De La Composition Lipidique De Grains De Blé Dur Et Blé Tendre De Variétés Marocaines. Les Technologies De Laboratoire - N°15 : 9-15 p.
- Pierrick B., Andre L E., Bras G N et Jean-Pierre C., (2003)** : Stockage et conservation des grains à la ferme, Arvalis- institut du végétal.
- Porceddu E., (1993)** Durum wheat quality in the Mediterranean countries. In: proceeding: Seminar on “DurumWheatQuality in the Mediterranean Region”, CIHEAM-CIMMYTICARDA, Zaragoza (Spain) 17-19 November 1993.
- Quaglia G.B, (1988)** Other Durum Wheat Products. In Giuseppe F et Lintas C (1988). Durum Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA. P 263-281.
- Raiffaud C, (2001)** Produits « Bio » de quelle qualité parle-t-on ? 9p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rharrabti Y., Villegas D., Garcia del Moral L.F., Aparicio N., El hani S. and Royo C. (2001)** Environmental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Plant Breeding* 120. pp. 381–388.
- Roberts.T.A** ,Microorganisms in foods, Microbia lEcology of food Commodities.
- Roudaut et Lerrancq, (2005)** : Alimentation théorique, Série science des aliments,
- Roussel et Chiron,(2005)** .Les grains français : évolution, qualité, production. Edition MAERTI, Paris, 171-172.
- Royo C., Aparicio N., Blacco R. and Villegas D (2004)**. Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. Volume 20, Pages 419-430
- Scotti, G (1997)**. Analyses physicochimiques, partie I, analyse physiques des grains du blé tendre et du blé dur, chap, 5. 76-119. In : (guide pratique d'analyse dans les industries des céréales). P79.
- 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 Télidji Laghouat. 112 P.
- Soltner D., (1990)**. Les grandes productions végétales. 17ème édition, Sciences et technique agricoles, 464pp.
- Trentesaux.E**, Evaluation de la qualité du blé dur, Séminaire Méditerranéen
- Vierling E., (2008)** : Les céréales. In : Aliments et boissons, Filières et produits. Sciences des aliments. 3ème édition. Editeurs SCEREN. 159-175.
- Wilim. C., (1992)** : Elaboration de nouveaux produits de meunerie. Industrie des céréales N°78.Paris, France, p. 5-7.
- Zettal Y., (2017)** Le blé : importance, santé et risque. Mémoire de Master. Biologie et génomique végétale. Université des Frères Mentouri. Constantine : 34-37 p.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse de la variance du poids de mille grains (PMG) :

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	284,306	11	25,846		
Var FACTEUR 1	67,214	3	22,405	1,748	0,256
Var BLOCS	140,179	2	70,090	5,468	0,045
Var RESIDUELLE	76,912	6	12,819		

Annexe 2 : Analyse de la variance du taux de mitadinage :

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	12,123	11	1,102		
Var FACTEUR 1	8,005	3	2,668	5,743	0,035
Var BLOCS	1,330	2	0,665	1,431	0,311
Var RESIDUELLE1	2,788	6	0,465		

Annexe 3 : Analyse de la variance du taux d'humidité :

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	1,667	11	0,152		
Var FACTEUR 1	0,992	3	0,331	13,267	0,005
Var BLOCS	0,525	2	0,263	10,538	0,012
Var RESIDUELLE	0,150	6	0,025		

Annexe 4 : Analyse de la variance du taux de cendre :

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	0,917	11	0,083		
Var FACTEUR 1	0,650	3	0,217	7,222	0,021
Var BLOCS	0,087	2	0,043	1,444	0,308
Var RESIDUELLE	0,180	6	0,030		

Annexe 5 : Analyse de la variance de la teneur en protéine :

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	1,088	11	0,099		
Var FACTEUR 1	0,548	3	0,183	3,826	0,076
Var BLOCS	0,253	2	0,127	2,648	0,149
Var RESIDUELLE	0,287	6	0,048		

Annexe 6 : Analyse de la variance du gluten humide

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	141,143	11	12,831		
Var FACTEUR 1	76,649	3	25,550	3,897	0,074
Var BLOCS	25,155	2	12,577	1,918	0,227
Var RESIDUELLE	39,338	6	6,556		

Annexe 7 : Analyse de la variance du gluten sec :

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	8,787	11	0,799		
Var FACTEUR 1	6,100	3	2,033	9,644	0,011
Var BLOCS	1,422	2	0,711	3,372	0,104
Var RESIDUELLE	1,265	6	0,211		

Annexe 8 : Analyse de la variance de la capacité d'hydratation:

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var TOTALE	31,863	11	2,897		
Var FACTEUR 1	25,249	3	8,416	9,659	0,011
Var BLOCS	1,385	2	0,692	0,795	0,497
Var RESIDUELLE	5,228	6	0,871		