



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière : Sciences alimentaire**

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Tamourt Siham & Meziane Amira

Thème

**Analyse physico-chimique et technologique
d'échantillons de blé dur stockés par la CCLS dans les
régions centre, est et ouest d'Algérie**

Soutenu le: 04 / 07 /2023

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mr KHELIL. SOFIANE</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mr CHEDDAD MOHEND</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mme FERHOUM Fatiha</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude tout d'abord à dieu de nous savoir donner courage, volonté, santé et force pour réaliser ce travail.

*Nous remercions à Monsieur **CHEDDAD MOHEND** d'avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour tous ses conseils, son suivi et sa disponibilité.*

*Nos remerciements sont également adressés à Monsieur **KHELIL SOFIANE** qui a généreusement accepté de présider le jury de notre soutenance et à **Mme FERHOUM Fatiha** d'avoir accepté l'examen de ce travail et sa mise en valeur.*

*Nos vifs remerciements vont également à tout le groupe de la CCLS de Bouira (chef de laboratoire **FARID RAHMANI** et **MOKDAD MOHAMMED**) pour leur accueil et leur soutien technique.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à **Mr METNA BOUSSAD** enseignant en université tamda à tizi ouzou pour nous aider à faire l'analyse statistique de notre recherche*

Nous remercions également l'ensemble des enseignants qui ont veillé à notre formation durant notre parcours Universitaire.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie ma réussite et tout mon respect: mon cher père **Ali**.*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **Fatiha**.*

*A mon fiancé **Nour Eddine**, qui n'a pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir au long de mes études. Que Dieu le protège et leur offre la chance et le bonheur.*

*A mes chers frères **Mohamed** et **Riyad**.*

*A mes chères sœurs **Fatima**, **Leila**, **Hadjira** et **Sara**.*

A tous les moments d'enfance passés avec vous, en gage de ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apportée. Vous m'avez soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.

*A mes belles **Hanan** et **Manel**.*

Qui partagent la vie de mes frères, celle de notre famille, et la mienne par la même occasion.

*A ma meilleure amie **Karima**.*

*A mes chères **Chourouk**, **Lylia** et **Douaa**, a tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.*

*Sans oublier ma binôme **Tamourt Siham** pour sont soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

*A tous mes familles **Meziane** et **hadjerci**...*

Meziane Amira

Dédicace

*Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je
dédie ma remise de diplôme et ma joie*

*A la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil
d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié, **ma maman***

*Celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection, à mon
support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à **mon
prince papa.***

*A notre chef de spécialité Mm **Ferhoum Fatiha** pour ça présence, pour tous ces
conseils et ses encouragements pour sa disponibilité et sa compréhension.*

*A mon frère (**toufik**) qui était à la place de mon père en son absence.*

*A mes frères et sœurs (**ahlem, nabila, bilal, hanaa, mohamed amine**) qui me
soutiennent et qui se réjouissent de ma supériorité et de mon succès.*

*A mes Princes (**fouad, saber, baraa**).*

Et

*Princesses (**alaa, miral**) que j'aime fort.*

*A mes proches amies **Ziane Fatima Zohra** et **Sayah Amina**, La source du grand
courage tout le moment de travail.*

*A l'ami (**abdou**) qui nous a aidés à obtenir beaucoup d'échantillons.*

*A mon binôme **Meziane Amira**.*

Tamourt Siham

Liste des abréviations

J-C : Jesus-Christ	ISO : Organisation internationale de normalisation
UE : Union européenne.	MIT : Taux de mitadinage
t : tonne	MOU : Taux de moucheture.
Mt : millions de tonnes	ITGC : Institue technique des grandes cultures
JORA : Journal Officiel de la Répu	
ha : hectares	
µm : micromètre	
USDA : United states departemnt of agriculture	
FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture	
a : alpha	
β : beta	
γ : gamma	
°C : degré Celsius	
SSSF : Semoule Sassée Super Fine	
SG : Semoule Grosse	
SGM : Semoule Grosse Moyenne	
SSSE : Semoules Sassées Super-Extra	
INRA : Institut Nationale de Recherche Agronomique	
ITCF : Institut Technique des Céréales et des Fourrages	
GS : gluten sec	
GH : gluten humide	
PMG : poids de mille grains	
PMGS : poids de mille grains sec	
NG : nombre de grain	
TM : taux de mitadinage	
PS : poids spécifique	
PHL : poids à l'hectolitre	
TC : taux de cendre	
CH : coefficient d'hydratation	
SDS : Sodium Dodécyl Sulfate	
CCLS : Coopérative des Céréales et Légumes Secs	
OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales	

Liste des tableaux

Tableau 1: Distribution des principaux constituants du grain de blé.....	09
Tableau 2: Principales machines de nettoyage des blés.....	24
Tableau 3: composition biochimique de la semoule.....	28
Tableau 4: Classification des semoules en fonction de la granulométrie.....	30
Tableau 5: Spécifications techniques de semoules de blé dur mises à la consommation.....	31
Tableau 6: Récapitulatif de la composition physico-chimique d'une farine de blé dur.....	34
Tableau 7: Description des données (moyennes) des régions centre, est, ouest 1 et ouest 2 pour les différents paramètres mesurés.....	50
Tableau 8 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de grains cassés).....	51
Tableau 9 : analyse de variance (taux de grains cassés).....	51
Tableau 10 : Résultat de test de NEWMAN-KEULS (taux de grains cassés).....	52
Tableau 11 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de grains échaudés).....	53
Tableau 12 : Analyse de variance (taux de grains échaudés).....	53
Tableau 13 : moyennes (taux de grains échaudés).....	53
Tableau 14 : classification des variétés selon l'échaudage.....	53
Tableau 15 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de mitadinage).....	55
Tableau 16 : Analyse de variance (taux de mitadinage).....	55
Tableau 17 : Moyennes (taux de mitadinage).....	55
Tableau 18 : Classement des blés en fonction de leur degré de mitadinage.....	55
Tableau 19 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de moucheture).....	56
Tableau 20 : Analyse de variance (taux de moucheture).....	56
Tableau 21 : Moyennes de (taux de moucheture).....	56
Tableau 22 : ECART-TYPES DES RESIDUS (teneur en eau).....	58
Tableau 23 : Analyse de variance (teneur en eau).....	58
Tableau 24 : Moyennes de la teneur en eau.....	58
Tableau 25 : ECART-TYPES DES RESIDUS (PS).....	60
Tableau 26 : Analyse de variance (poids spécifique P.S).....	60
Tableau 27 : Moyennes de (PS).....	60
Tableau 28 : ECART-TYPES DES RESIDUS(PMG).....	61
Tableau 29 : d'analyse de variance (poids de mille 1000 grains PMG).....	61
Tableau 30 : Résultat de test de NEWMAN-KEULS (PMG).....	61
Tableau 31 : Normes de poids de 1000 grains.....	61
Tableau 32 : ECART-TYPES DES RESIDUS (SDS).....	62
Tableau 33 : Analyse de variance (test de sédimentation SDS).....	63
Tableau 34 : Moyennes d' SDS.....	63
Tableau 35 : ECART-TYPES DES RESIDUS (GH).....	64
Tableau 36 : Analyse de variance (gluten humide GH).....	64
Tableau 37 : Moyennes de GH.....	65
Tableau 38 : ECART-TYPES DES RESIDUS (GS).....	65
Tableau 39 : Analyse de variance (gluten sec GS).....	65
Tableau 40 : Moyennes de GS.....	65

Tableau 41 : ECART-TYPES DES RESIDUS (CH).....	66
Tableau 42 : d'analyse de variance (capacité d'hydratation CH).....	66
Tableau 43 : Moyennes (CH).....	66
Tableau 44 : ECART-TYPES DES RESIDUS (C).....	68
Tableau 45 : Analyse de variance (teneur en cendre).....	68
Tableau 46 : Moyennes de teneur en cendre.....	68

Liste des figures

Figure 1: Production mondiale du blé durant les périodes 2015-2016 et 2018-2019.....	3
Figure 2: 10 principaux producteurs de blé dans le monde.....	3
Figure 3: Production céréalière en Algérie durant 2000-2009 et 2010-2017.....	4
Figure 4: Morphologie des graminées (exemple du blé).....	7
Figure 5 : Structure du grain de blé.....	8
Figure 6: cycle de développement du blé	5
Figure 7: paramètres à maîtriser au stockage.	9
Figure 8: Différents produits de mouture de blé dur.....	27
Figure 9 : histogramme de taux de grains cassés des grains des régions étudiées.	51
Figure 10 : histogramme de taux d'échaudages des grains des régions étudiées.	52
Figure 11 : histogramme de taux de mitadinage des grains des régions étudiées.	54
Figure 12 : histogramme de taux de moucheture des grains des régions étudiées.	56
Figure 13 : histogramme de teneur en eau des grains des régions étudiées.	58
Figure 14 : Histogramme de poids spécifique des grains des régions étudiées.....	59
Figure 15 : histogramme de poids de mille grains des variétés étudiées.	60
Figure 16 : histogramme de volume de sédimentation en ml des semoules étudiées.....	62
Figure 17 : histogramme de teneurs en gluten humide et sec des grains entiers broyés des régions étudiées.....	64
Figure 18 : histogramme de capacité d'hydratation du gluten chez les régions étudiées.	66
Figure 19 : Teneur en cendres des grains entiers broyés des variétés étudiées	67

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION

Partie 1 : Revue bibliographique

CHAPITRE 1 : Généralités sur le blé dur

1. Historique et répartition éco géographique du blé dur.....	01
1.1. Généralité sur le blé dur.....	01
1.2. Historique de blé dur.....	01
1.3. Origine de blé dur.....	01
1.4. La culture de blé dur.....	02
2. Production et consommation du blé dur.....	02
2.1. À l'échelle internationale.....	02
2.2. À l'échelle nationale.....	04
3. Importance alimentaire de blé dur.....	05
4. Classification de blé dur.....	05
5. Caractéristique morphologique du blé dur.....	05
5.1. Appareil végétatif.....	05
5.2. Appareil reproducteur.....	06
5.3. Grain.....	06
6. Composition de grain de blé.....	07
6.1. Composition histologique du grain de blé.....	07
6.1.1 Enveloppe.....	07
6.1.2 L'albumen (endosperme ou amande.....	08
6.1.3 Germe (embryon.....	09
6.2. Composition biochimique du grain de blé.....	09
6.2.1 Amidon.....	09
6.2.2 Protéines.....	09
6.2.2.1 protéines solubles (albumines et globulines.....	10
6.2.2.2 protéines de réserves (gliadines et glutenines.....	10
6.2.3 Lipides.....	10
6.2.4 pentosanes.....	10
6.2.5 Eau.....	11
6.2.6 Minéraux.....	11
6.2.7 vitamines.....	12
6.2.8 Enzymes.....	12
6.2.9 Pigments.....	12
6.2.10 Fibres.....	12
7. Cycle de développement du blé dur.....	13
7.1. Période végétative.....	13
7.1.1 Levée.....	13
7.1.2 Tallage.....	13
7.2 Période reproductive.....	13
7.2.1 Montaison.....	14

7.2.2 Epiaison	14
7.2.3 Floraison	14
8. Exigences du blé dur	15
8.1 Sol	15
8.2 Eau	15
8.3 Température	15
8.4 Lumière	16
8.5 Fertilisation	16
9 contraintes de la production de blé en Algérie	16
9.1 Contraintes climatiques	16
9.1.1 Stress thermique	16
9.1.2 Stress hydrique	17
9.2 Contraintes Pédo-édaphiques	17
CHAPITRE 2 : Stockage et transformation première de blé dur	
1. Stockage de blé dur	18
1.1. Définition	18
1.2. Historique	18
1.3. Principaux objectifs du stockage	18
1.4. Nécessité du stockage	19
1.5. Principe de stockage	19
1.6. Structure du stockage	20
1.7. Méthodes traditionnelles	20
1.7.1. Méthodes souterraines	20
1.7.2. Stockage en sac	20
1.7.3. Stockage en vrac	21
1.7.4. Stockage en silo	21
1.7.5. Le stockage en plein air	23
1.8. Méthodes modernes	23
1.8.1. Stockage en gerbes	23
1.8.2. Stockage en épis	23
2. Technologie de transformation du blé dur	23
2.1. Réception	23
2.2. Pré-nettoyage	24
2.3. Nettoyage	24
2.4. Préparation des grains à la mouture	24
2.4.1. Objectifs	25
2.5. Mouture	25
2.5.1. Étapes de la mouture	25
2.5.1.1. Broyage	25
2.5.1.2. Blutage	25
2.5.1.3. Sassage	25
2.5.1.4. Desagrégageage	26
2.5.1.5. Convertissage	26
2.5.1.6. Ensachage	26

2.5.2. Produits de mouture	26
3. produits de la première transformation de blé dur	27
3.1 Semoule.....	27
3.1.1. Définition.....	27
3.1.2. Composition biochimique de la semoule	28
3.1.3. Caractéristiques des semoules	29
3.1.4. Classification et usage des semoules.....	30
4. Farine de blé dur	31
4.1. Définition	31
4.2. Origine	31
4.3. Composition biochimique	32
4.3.1. Eau.....	32
4.3.2. Matières minérales	32
4.3.3. Les glucides	32
4.3.3.1. Amidon.....	32
4.3.3.2. Amidon endommagé.....	33
4.3.3.3. Sucres simples	33
4.3.4. Protéines	33
4.3.5. Lipides	33
4.3.6. Enzymes.....	34
4.4. Caractéristiques de la farine de blé dur.....	34
4.4.1. Granulométrie	34
4.4.2. Pureté.....	35
4.4.3. La couleur	35
4.4.4. Caractéristiques plastiques.....	35
4.5. Utilisation de la farine de blé dur	36
Partie 2 : Etude expérimentale	
CHAPITRE 3 : Matériels et méthodes	
1. matière végétale	38
2. présentation de lieu de stage	38
3. Objectif du travail	39
4. Critères de qualités.....	39
4.1 Paramètres relatifs aux caractéristiques physiques des grains	39
4.1.1 Détermination du poids de mille (1000) grains	39
4.1.2 Poids spécifique PS (poids à l'hectolitre PHL)	40
4.1.3 Teneur en eau.....	40
4.1.4 Agréage (recherche des impuretés	41
4.1.5 Taux de mitadinage	42
4.1.6 Taux de moucheture	43
4.1.7 Taux d'échaudage	44
4.2 Paramètres relatifs aux caractéristiques biochimiques des grains	45
4.2.1 Analyse technologique	45
4.2.1.1 Teneur en cendre	45
4.2.2 Tests technologiques	46

4.2.2.1 Test du Gluten humide et sec	46
4.2.2.2 Test de sédimentation en milieu SDS	47
5. analyse statistiques	48
5.1 Introduction	48
5.2 Description des données	48
5.3 Analyse de la variance (ANOVA).....	49
CHAPITRE 4 : Résultats et discussion	
Résultats et discussion	51
1. Taux de grains cassés.....	51
2. Taux d'échaudage.....	52
3. Taux de mitadinage.....	54
4. Taux de moucheture.....	55
5. Teneur en eau.....	57
6. Poids spécifique P.S.....	59
7. Poids de mille (1000) grains PMG	60
8. Test de sédimentation.....	62
9. Teneur en gluten	63
9.1 Teneur en gluten humide.....	63
9.2 Teneur en gluten sec.....	64
9.3 Capacité d'hydratation du Gluten	65
10. Teneur en cendre.....	67
Conclusion	
Références bibliographique	
Annexes	
Résumé	

Introduction

Introduction

Les céréales jouent un rôle important dans les systèmes agricoles du monde **entier**. Les céréales sont considérées comme une source majeure de nutrition humaine et animale, (**Slama et al., 2005**), selon (**AVELIN, 2020**). La récolte mondiale 2020 est estimée à 33,8 Mt.

Le blé dur occupe une place importante dans la structure de la consommation de céréales. Il contribue grandement à l'apport calorique et **protéique** de la population nationale. Si la production de blé dur est traditionnellement associée à la production industrielle de semoule et de pâtes alimentaires, en milieu rural l'utilisation du blé dur pour la panification est une pratique courante. Environ 85% de la production annuelle de blé dur est utilisée pour faire du pain (**Boujnah et al., 2004**). Pour la population rurale, les pains (pains et galettes) à base de blé dur constituent un élément essentiel de l'alimentation quotidienne.

Le blé dur joue un rôle important dans l'économie algérienne. La production algérienne de blé dur a été rythmée par les saisons. La production algérienne de blé dur a considérablement augmenté en 2017/18, estimée à 2,1 millions de tonnes (Mt), contre 3,2 Millions de tonnes en 2018/19, contre 1,9 (Mt) en 2016/17 (**DSASI, 2019**).

Selon **Foua-Bi (1989)**, La protection post-récolte est le seul moyen d'assurer un lien entre la récolte de l'année en cours et la consommation à perpétuité. Les cultures, **souvent** stockées dans des conditions inadaptées, peuvent être attaquées par les moisissures, les insectes et les rongeurs, certaines conditions physiques telles que la teneur en eau, l'humidité relative et la température. Les pertes enregistrées ces dernières années pourraient dépasser 35%, selon un communiqué de l'Office algérien interprofessionnel des céréales (**O.A.I.C.**) (**Ahmad, 2016**). Le but d'un bon stockage est de préserver au maximum la qualité originelle du grain pour éviter les pertes massives constatées dans les entrepôts et les silos.

Le stockage à long terme des céréales est une condition nécessaire pour assurer l'approvisionnement normal en matières premières de l'industrie céréalière tout au long de l'année. La qualité intrinsèque du grain quittant le champ répond généralement aux normes de l'industrie céréalière et doit être maintenue tout au long de la période de conservation. (**Fleurat, 1982**).

Introduction

Dans ce contexte, nous envisageons une étude de la qualité du blé dur stocké localement par la CCLS dans les régions centre, est et ouest d'Algérie et l'évaluons à l'échelle physico-chimique et technique pour examiner les effets du stockage et leurs conditions optimales de préservation de la qualité.

Dans le cadre de cette étude, nous avons adopté le plan suivant qui comprend :

Chapitre 1 : revue bibliographique sur le blé dur

Chapitre 2 : stockage et transformation première de blé dur

Chapitre 3 : Nous verrons tour à tour les descriptions du matériel végétal, ainsi que les méthodes analytiques utilisées dans ce travail.

Chapitre 4 : fait l'objet de la présentation des résultats obtenus dans ce travail et leur discussion.

Le mémoire se termine par une conclusion et des perspectives.

Chapitre 1 : Généralité sur le blé dur

1. Historique et répartition éco géographique du blé dur

1. 1. Généralité sur le blé dur

Le blé est l'une des trois principales céréales ainsi que le maïs et le riz, il est une plante alimentaire avec une récolte très sensible dans le monde entier.

D'un point de vue botanique, le blé est une plante monocotylédone appartenant au genre *Triticum* de la famille des Poaceae ou Poaceae, dont le grain est un fruit sec non déhiscent appelé caryopse, constitué de graines et de téguments (**FEILLET, 2000**).

Dans la semoule, les graines de blé dur sont moulues en semoule grâce à son amande dure, utilisée pour la fabrication de pâtes alimentaires et de couscous (**CLARKE et al, 2005**).

1.2. Historique de blé dur

La domestication des plantes a commencé il y a plus de 9 000 ans à la suite d'une sélection sous forme de sélection d'espèces, suivie d'une sélection de plantes.

L'amélioration des plantes a débuté lorsque les humains ont appris à choisir des plantes capables de les nourrir et de nourrir leur bétail (**ZAHOUR, 1992**).

Le blé fut l'une des premières espèces cultivées par l'homme, 7 000 à 10 000 ans avant J-C, dans le Croissant Fertile, les vastes territoires compris, la Vallée du Jourdain, et les régions adjacentes de Palestine, Jordanie, Irak, et Jordanie. Frontière ouest de l'Iran (**FELDMAN, 2001**).

1.3. Origine de blé dur

Le blé appartient à la famille des graminées (Gramineae = poacées), qui comprend plus de 10 000 espèces différentes. Plusieurs espèces de ploïdies différentes sont regroupées dans le genre *Triticum*, un exemple classique d'allopolyploïdie, avec des génomes huméologiques issus d'hybridation interspécifique. À la même famille (**LEVY et FELDMAN, 2002**).

Le blé dur (*Triticum turgidum*ssp) *durum* Desf.) Est une espèce allotétraploïde (2n=28, AABB) issue de *Triticum urartu* (génome AA) et proche d'*Aegilops speltoides* (génome BB). Hybridation et doublement chromosomique entre espèces (**HUANG ,2002**).

Le blé diploïde a été cultivé dans le nord du croissant fertile du Proche-Orient. On a cultivé le blé tétraploïde dans le bassin du Jourdain, au sud.

Le blé tétraploïde s'est diversifié en centres secondaires représentatifs des plateaux éthiopiens, du bassin méditerranéen et de la Transcaucasie (**LEVY et FELDMAN, 2002**).

1.4. Culture de blé dur

Le blé est cultivé essentiellement dans les pays méditerranéens aux climats arides et semi-arides où l'agriculture est dans les pires conditions (**ABELED0 et al, 2008**).

Il est caractérisé par l'augmentation de la température combinée avec la diminution des précipitations, en plus de la désertification et la sécheresse tuer les sols agricoles (**ABELED0 et al, 2008**).

2. Production et consommation du blé dur

2.1. À l'échelle internationale

La production européenne de blé dur s'élevait à 7,33 tonnes métriques en 2020, en baisse par rapport à 7,47 tonnes métriques l'année précédente (**AVELIN, 2020**).

Union européenne. Seule l'Espagne a connu une augmentation significative de sa production à 0,82 tonne (+16%) en raison de rendements plus élevés dus à un hiver sec mais un printemps humide (**AVELIN, 2020**).

Le accomplissement en Italie n'a gonflé que légèrement (0,9 %) sur l'époque à 3,88 Mt, surtout en avis de mauvaises situation de développement, manteau pendant le sud du pays. Le pays des Pouilles a été cruellement touché par les gelées et la siccité de la fin de l'hiver, ce qui a énormément renversé les rendements enregistrés. La production grecque est de 0,68 tonne, soit près de la récolte de 2019 (**AVELIN, 2020**).

La Chine a aussi importé une quantité record de 8,38 millions de tonnes de blé, contre un contingent de 9,64 millions de tonnes, en 2019, la Chine n'avait utilisé que 67% de son quota annuel de maïs et un tiers de son quota pour le blé (**CELINE & NORMANDIN, 2023**)

En tempérant centrale, et notamment en Hongrie, l'amollissement de l'acte est assignable à des réductions de surfaces. La pluviométrie dérégulée en hibernation a court les latitudes de vigne du blé dur. La Bulgarie, la Roumanie et la Hongrie ont souffert d'une étourderie de pluviométrie réduisant le probable de rendement. En revanche, l'Allemagne voit une expansion de son acte de blé dur sur un an aise à de obligeants rendements (5,24 t/ha auprès 4,92 t/ha en 2019) (**AVELIN, 2020**).

La production mondiale de blé dur en 2020/2021 devrait augmenter de 0,6 % par rapport à 2019/2020 en raison de récoltes exceptionnelles au Canada, en Australie, en Syrie et en Turquie. Production mondiale estimée à 33,8 tonnes métriques en 2020 :

Canada : La production canadienne de blé dur a augmenté de 32 % par rapport à 2019-2020 pour atteindre 6,57 Mt. 5 % (AVELIN, 2021).

Etats-unis : La dernière estimation de la production de blé dur de l'USDA est de 1,9 tonne métrique, en hausse de 30 % par rapport à la saison dernière, résultat d'une forte augmentation des superficies consacrées au blé (AVELIN, 2021).

Australie : Production de 0,9 t (0,2 t en 2019/20) grâce à des conditions de **croissance** favorables. **Turquie** : 3,4 tonnes (3,2 tonnes en 2019/20) en raison de l'augmentation de la surface et de la hausse des rendements (AVELIN, 2021).

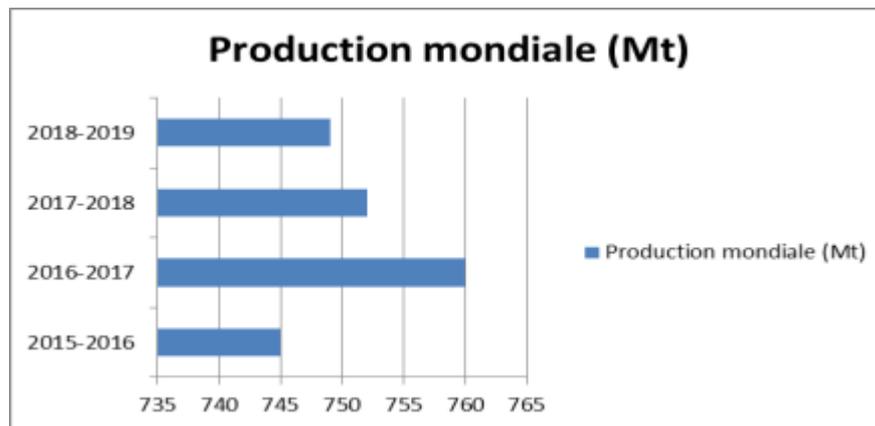


Figure 01 : Production mondiale du blé durant les périodes 2015-2016 et 2018-2019. Source : établi à partir des données de la **FAO (2019)**

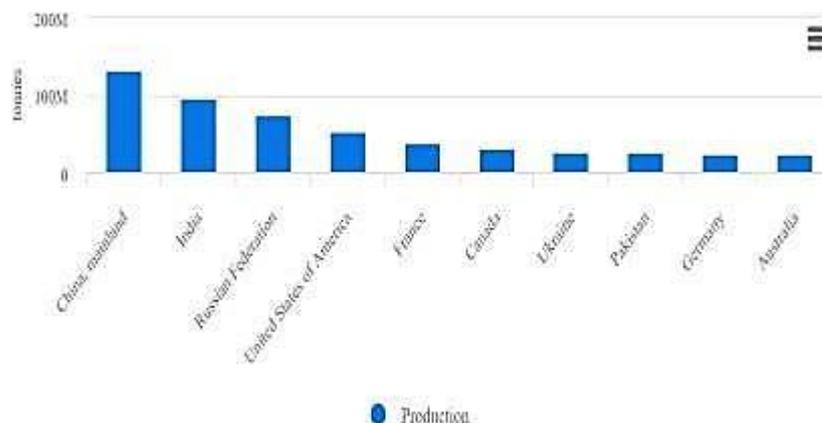


Figure 02 : 10 principaux producteurs de blé dans le monde. Source : **FAO (2019)**

2.2 À l'échelle nationale

La superficie récoltée pour les céréales en 2017/18 était de plus de 2,35 millions d'hectares, soit 91 pour cent de la superficie déclarée récoltée, soit près de 2,58 millions d'hectares, contre plus de 2,2 millions d'hectares lors de la récolte. La moitié (50%) de la superficie récoltée était en blé dur, soit plus de 1,17 million d'hectares, et 32% était en orge, soit 762 331 hectares (DSASI, 2019).

Le blé dur occupe un terrain geôle chez l'négociation Algérienne. La perpétration de blé dur en Algérie connaît une inflation et une remise subséquente les saisons. L'Algérie a commun une inflation mémorable de la perpétration de blé dur à cause la expédition 2017/18, qui est estimée à 2.1 millions de tonnes (Mt) et comme la règne 2018/2019 lui-même est 3.2 Mt justice à la règne 2016/17 qui est 1.9 (Mt) (DSASI, 2019).

L'agencement des Nations unies dans l'magasin et l'agriculture (FAO) prévoit un retrait de 38% de la dépouille céréalière en Algérie en 2021 par cumul à l'célérifère précédente. En parallèle, l'agencement onusien prévoit item une inflation des importations algériennes des céréales, particulièrement de blé, qui devrait décider un élargissement de 25% par cumul à l'célérifère trétuée et de 7% au-dessous de la norme endéans le temps d'exploitation 2021/2022 (FAO, 2021).

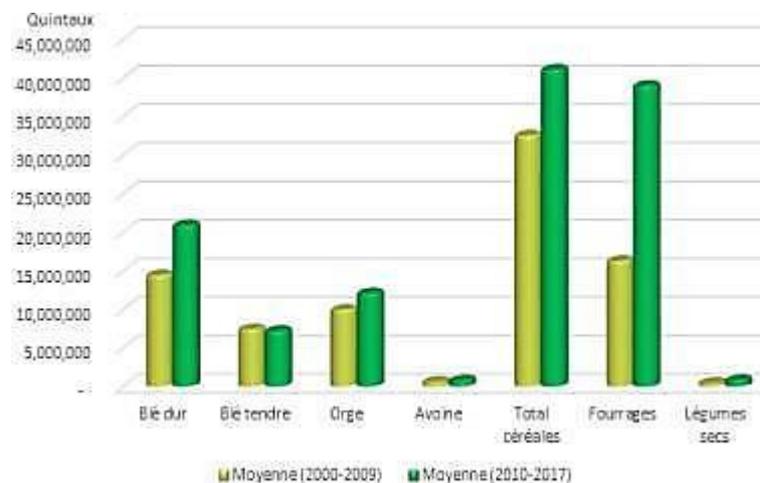


Figure 03 : Production céréalière en Algérie durant 2000-2009 et 2010-2017. Source : MADR (2018).

3. Importance alimentaire de blé dur

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. La presque totalité de la nutrition des populations mondiales est fournie par les aliments en grain, dont 95 % sont produits par les principales cultures céréalières (**BONJEAN et PICARD, 1991**).

4. Classification de blé dur

Le blé est une Angiosperme, Monocotylédone. Il appartient à l'ordre des Poales, déclassé des Poacées accueillie itou graminées. Ce déclassé rassemble 600 genres et principalement de 5000 espèces (**ZEGRARY, 2014**).

D'après **APG III, (2000)** La classification botanique du blé dur est la suivante :

- Règne : Plantea
- Sous-règne : Tracheobionta
- Embranchement : Phanérogamiae
- Sous- Embranchement : Magnoliophyta (Angiospermes)
- Sous Division : Magnoliophyta
- Classe : Liliopsida (Monocotylédones)
- classe : Commelinidae
- Ordre : Poales (Glumiflorale)
- Famille : Cyperales
- Sous- famille : Poaceae (Graminées)
- Tribue : Pooideae (Festucoideae)
- Sous-Tribue : Triticeae
- Genre : Triticinae /Triticum
- Espèce : Triticum durum Desf

5. Caractéristique morphologique du blé dur

5.1.Appareil végétatif

Le système aérien de la plante se développe et produit une série de pousses qui se développent en tiges cylindriques composées de nœuds séparés par des entre-nœuds. Chaque tige porte une inflorescence au sommet. (**MORSLI, 2010**) (**Figure 04**).

D'après **BELAID, (1996)** Le système racinaire est de type fasciculaire. Deux systèmes sont formés dans le processus de développement.

Système racinaire fertile (primaire): Fonctionne de la germination au tallage.

Système racinaire coronal (secondaire) : Apparaît sur la scène de la barre.

5.2 Appareil reproducteur

Les fleurs sont généralement hermaphrodites, portant sur un fleuron pharyngien et constituées d'un organe reproducteur, de deux bractées, d'un lemme inférieure ou lemme, et d'un lemme supérieure, aussi appelée paléole, et de deux folioles ou lamelles situées à la base de l'organe reproducteur. . Ce dernier est constitué d'une étamine et d'un ovaire surmontés d'un style et d'un stigmate. (**CREMER, 2014**).

Des éléments tels que la calvitie supérieure sont absents chez certaines espèces. Dans certains cas, il peut ne pas y avoir de fleurs ou seulement des fleurs mâles. Pour les autres espèces. Si l'identification des plantes nécessite l'observation de la structure de l'épillet, il est fortement recommandé d'apporter une loupe pour la manipulation. (**CREMER, 2014**).

5.3 Grain

Le fruit de toutes les graminées est appelé caryopse, un fruit sec sans déhiscence dans lequel la coque de la graine est fusionnée avec le péricarpe. (**GOUASMI et BADAOU, 2017**).

Histologiquement, les grains de blé dur sont composés de trois types de tissus. le germe (3% du poids du grain), les enveloppes (17%) et l'albumen (80%) (**FREDOT, 2005**).

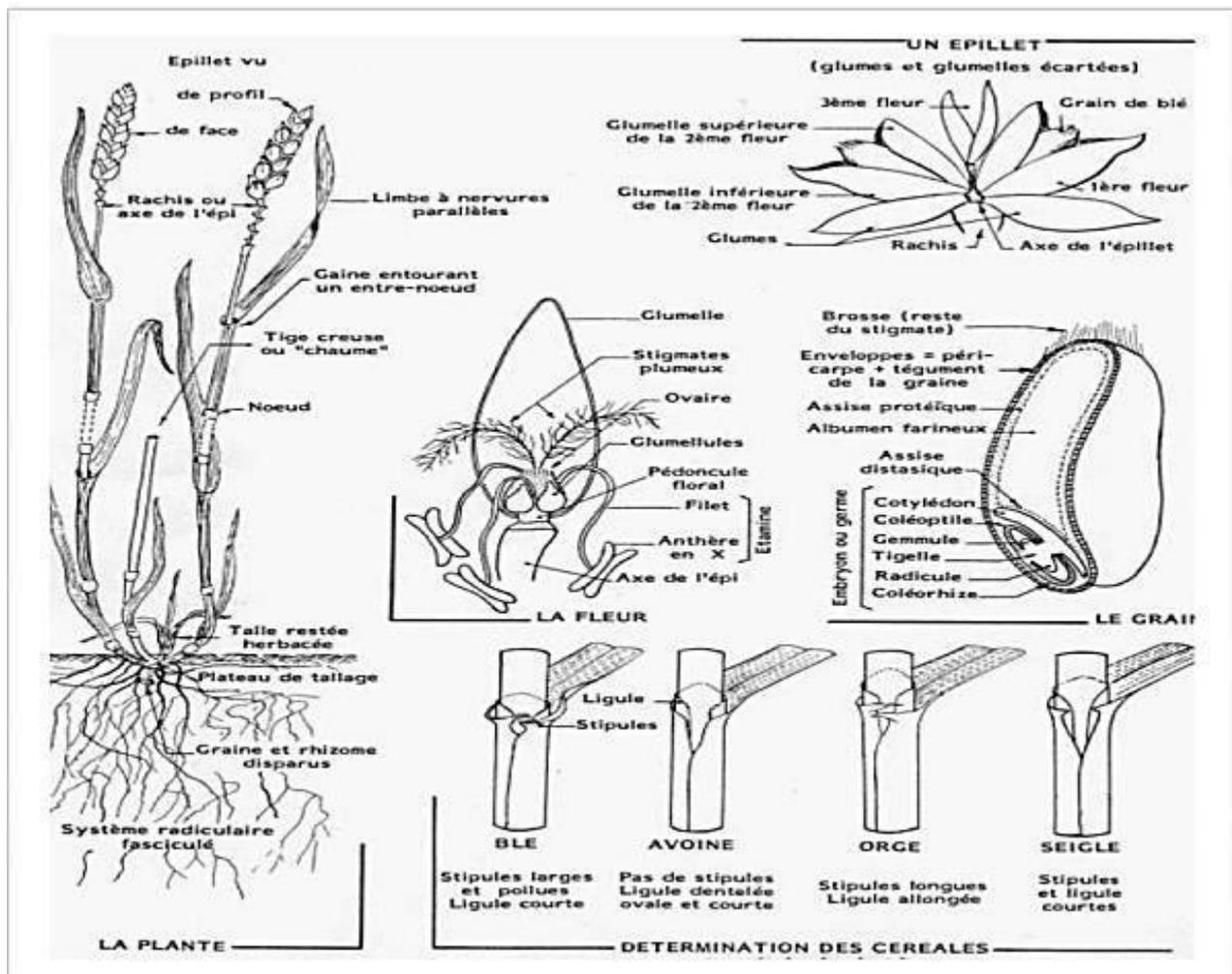


Figure 04 : Morphologie des graminées (exemple du blé) (SOLTNER, 1998)

6. Composition de grain de blé

6.1 Composition histologique du grain de blé

Un grain de blé est composé de trois compartiments (Figure 5).

6.1.1 Enveloppe

14 à 15 % du poids total des grains. Il se compose de couches de tissu qui se chevauchent de l'extérieur vers l'intérieur. Son rôle est de protéger les graines lors de leur formation en panicule et de limiter l'invasion de champignons et de bactéries. D'autre part, ils permettent le passage de l'air et de l'eau et sont composés de six tissus (noyau épidermique, séminifère ou testiculaire, cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe). (CALVEL, 1984).

6.1.2 Albumen (endosperme ou amande)

80-85% occupent presque tout l'intérieur de la particule. Il est composé principalement de protéines féculentes (réparties au centre de la matrice protéique, laissant des cellules remplies de granules d'amidon avec une paroi de cellulose peu visible) et une couche d'aleurone. (FEILLET, 2000).

6.1.3 Germe (embryon)

C'est un organe de réserve riche en protéines et en lipides pour les jeunes plants et constitue environ 2,5 à 3 % du grain de blé. Le germe est composé de deux parties. Les semis (future plante) et les cotylédons (stockage alimentaire très facilement assimilable pour les semis) contiennent ainsi l'essentiel de la matière grasse. Enfin, le germe est riche en vitamines B1, B6 (BARRON et SURGET, 2005).

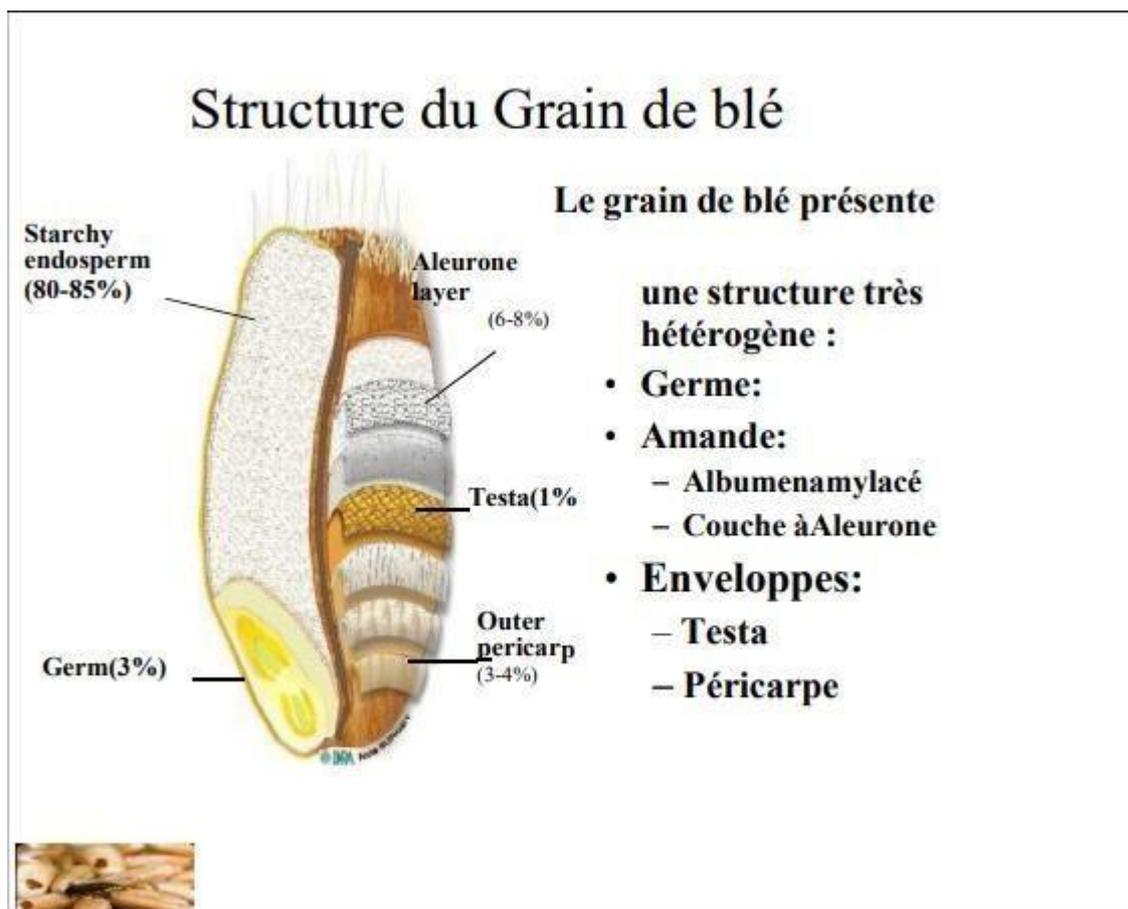


Figure 05: Structure du grain de blé (BARRON et SURGET, 2005).

6.2 Composition biochimique du grain de blé

Connaître la composition du grain de blé nous donne une idée de sa valeur nutritionnelle et technique (tableau 1). Ce dernier est composé d'amidon (environ 70%), de protéines (10-15%) et de pentosanes (8-10%). Les autres constituants pondéraux mineurs (seulement quelques pour cent) sont : lipides, sucres libres, minéraux, vitamines. Tous ces composants sont inégalement répartis dans les différentes parties histologiques du grain. (FEILLET, 2000).

Tableau 01 : Distribution des principaux constituants du grain de blé (FEILLET, 2000).

Constituants % de la Masse du grain	Protéines (%)	Matières minérales (%)	Lipides (%)	Matières cellulose (%)	Pentosanes (%)	Amidon (%)
Péricarpe (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tégument (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Reste de nucelle	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Assise protéique	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germe	35-40	5-6	1-5	1	20	20
Albumen (82-85%)	0	8-13	0,35-0,60	1	0,53	70-80

6.2.1 Amidon

L'amidon est une forme de stockage d'énergie dans le règne végétal et est le principal composant des céréales, des légumineuses, des racines et des tubercules (GODON, 1991).

C'est le composant principal des grains de blé et des protéines féculentes et est composé d'un mélange de deux polysaccharides et de composés lipidiques (0,1-0,6 %) : l'amylose (20-30 %) et l'amylopectine (70-80 %) (SASAKI *et al.*, 2000).

6.2.2 Protéines

Deuxième composant du blé (8-18%) joue un rôle fonctionnel et nutritionnel très important dans les produits céréaliers. Ils sont représentés par deux grandes familles. Protéines globulaires (albumine et globuline). Elle représente 25 % des protéines totales des céréales et est principalement concentrée dans l'enveloppe, la couche d'aleurone et le germe.

Ces dernières (gliadines et gluténines) constituent 75 % des protéines totales et sont principalement présentes dans l'endosperme amylicé (**HOSNEY, 1986**). La composition en protéines des céréales dépend de l'interaction de facteurs environnementaux et génétiques (**ZHU et KHAN, 2001**).

6.2.2.1 Protéines solubles (albumines et globulines)

Aussi appelée protéine cytoplasmique ou métabolique. Les albumines et les globulines représentent 15 à 20 % des protéines totales. Ils sont impliqués dans la formation de particules et la formation de dépôts de protéines. (**VENCEL et al., 2005**). Ils sont présents dans l'embryon et l'endosperme (**MACRITICHE, 1984**).

6.2.2.2 Protéines de réserves (gliadines et glutenines)

- **Gluten**

Le gluten est un bon composant du blé. C'est un groupe de glutenines et de gliadines associées à d'autres composants (glucides, lipides, minéraux) et des groupes de 75 à 80 protéines de réserve. Ses propriétés rhéologiques sont responsables de l'élasticité, de la cohésion, de l'extensibilité et de la ténacité du tissu. Le gluten est un élément clé des qualités fonctionnelles de la semoule (**FEILLET, 2000**).

La teneur en gluten contribue à la fermeté de la pâte et à la formation de réticulations. (**MESSABIHI, 2008**).

Depuis l'étude **OSBORNE** en (1907), les protéines de blé ont traditionnellement été classées en quatre classes en fonction de leur solubilité. Les albumines, solubles dans l'eau :

- ✓ Les globulines, solubles dans les solutions salines neutres.
- ✓ Les gliadines, solubles dans les alcools dilués (éthanol, 70 %).
- ✓ Gluténine, protéine résiduelle insoluble dans les solvants ci-dessus, partiellement soluble dans les solutions acides diluées et l'urée, solubilisée en présence de détergents et d'agents réducteurs.

6.2.3 Lipides

Ils se produisent principalement dans les bactéries. Les acides gras sont essentiellement des acides gras insaturés (75-80%), acide linoléique (55-60%), acide oléique (16-18%), acide linoléique (4-5%).

La teneur en acides gras saturés est de 20-25%. Les deux tiers de ces lipides sont libres, tandis que le reste est lié à divers composants de la farine (glucides, protéines). (**FEILLET, 2000**).

La graisse est un composant mineur du blé, représentant 2 à 3 % de la matière sèche. (**ADRIAN, 1987**). Pour ce faire, le germe est retiré de la semoule pour éviter un vieillissement accéléré dû à la formation de lipides riches en acides gras insaturés. (**GRANDVOINNET et PRATY, 1994**).

6.2.4 Pentosanes

C'est un polysaccharide qui n'est pas de l'amidon. Ils sont également des composants des parois cellulaires et sont couramment associés à la cellulose. Les pentosanes sont formés par la combinaison de deux pentoses, le D-xylose et le L-arabinose, avec élimination des molécules d'eau, et représentent 6 à 8 % du poids glucidique des céréales. (**FEILLET, 2000**).

6.2.5 Eau

La teneur en eau du blé varie selon la variété de blé et le moment de la récolte. C'est environ 13,5 %, et ce pourcentage a deux effets différents. D'une part, il permet un stockage à long terme, et d'autre part, il supprime le développement de micro-organismes, en particulier de moisissures. (**FREDOT, 2005**).

6.2.6 Minéraux

La teneur en minéraux du grain est d'environ 1,8 %. Ces substances sont réparties à l'intérieur de la particule comme suit. (**ABECASSIS, 1987**) :

- 8 % dans les enveloppes.
- 10 % dans la couche à aleurone.
- 0,5 % à 1 % dans l'albumen amylicé.

Les grains de blé sont riches en phosphate, potassium, magnésium et oligo-éléments (fer, manganèse et zinc) et pauvres en calcium, chlore et sodium. (**COLAS, 1997**).

Selon **GODON et WILM (1991)**, Ces teneurs sont relativement fixes quelles que soient les conditions extérieures dans lesquelles les particules ont été cultivées.

6.2.7 Vitamines

Le blé contient principalement des vitamines PP (niacine) et E (tocophérol). Il contient des vitamines B1 (thiamine), B2 (riboflavine) et B6 (pyridoxine), mais dans de faibles proportions. (GODON et WILM, 1991).

6.2.8 Enzymes

On le trouve en petite quantité dans les céréales et la semoule. (BOUDREAU et MENARD, 1992).

Selon FEILLET (2000), Les enzymes sont distribuées dans différentes régions histologiques des grains. Classé deux familles. La famille des hydrolases (enzymes amylolytiques, les protéases et les lipases).

✓ La famille des oxydoréductases (les catalases, les polyphénol-oxydases et les peroxydases).

6.2.9 Pigments

Les pigments présents dans le grain de blé sont principalement des caroténoïdes, principalement des xanthophylles et des carotènes (α -, β - et γ -carotène). Ce sont des pigments liposolubles.

Selon FRANCONIE *et al.*, (2010), Ceux-ci sont responsables de la couleur jaune tant convoitée de la semoule et des pâtes.

6.2.10 Fibres

selon JEANTEL *et al.*, (2007), Ce sont des polysaccharides non amylacés et non digestibles par l'homme. Ils sont le composant majeur (70-80%) de la paroi protéique, représentant 6-8% dans les céréales et 2-3% dans la semoule. Ils sont divisés en deux groupes principaux selon leur solubilité : Fibres cristallines insolubles dans l'eau et fibres amorphes hydrosolubles (cellulose, β -glucane, pentosan).

7 Cycle de développement du blé dur

7.1. Période végétative

Durant laquelle, les plantes installent des capteurs dans leurs feuilles et leurs racines pour bloquer les radiations et absorber l'eau et les minéraux. La germination commence dès que les graines sont semées. Les graines sont lentement trempées, imprégnées et développées dans une vie vigoureuse. La radicule s'allonge pour donner naissance à des racines primaires ou graines. En même temps, les coléoptères gonflent et pénètrent dans le sol pour produire de jeunes feuilles en croissance qui facilitent la photosynthèse. (CREMER, 2014).

Le tube formé par les trois feuilles s'étend souterraine et des racines nouvelles, appelées secondaires ou adventices, apparaissent. Un peu plus tard, les réserves de graines sont épuisées, les racines primaires meurent et le semis est entièrement sevré et il commencera à croître. A ce point, la quatrième feuille va bientôt apparaître et le talle principal ou brin principal est ainsi formé. (CREMER, 2014) (Figure 06).

7.1.1 Levée

Caractéristique du nombre de feuilles du semis et de leur stade de développement (GIBAN *et al.*, 2003).

7.1.2 Tallage

Cette phase commence à partir du quatrième feuillet. Le premier tallum est formé au niveau des trois feuilles. Le premier suif primaire (brin maître) apparaît au creux de l'aisselle de la première feuille du blé. Les 2ème et 3ème tallum apparaissent dans les aisselles des 2ème et 3ème feuilles (SALMI, 2015).

La fin du tallage marque la fin de la saison de croissance et le début de la phase de reproduction, la durée du jour permettant l'extension des entre-nœuds et la vernalisation. (SALMI, 2015).

7.2 Période reproductive

Les plantes le font en utilisant leurs organes reproducteurs. A l'issue de celle-ci, le nombre de particules possibles est établi. (LABIDI, 2016).

7.2.1 Montaison

Stade épi 1 cm : C'est l'extrémité de la ligne herbacée, marquée par l'allongement des entrenœuds de la tige principale. Au niveau des épillets à venir, nous pouvons observer la formation de courants d'air de glume. (SOLTNER, 2005).

Stade 1 à 2 nœuds : Le premier, puis le deuxième internode de la tige principale est prolongé. Durant cette période, deux étapes ont lieu au niveau de l'oreille. La première phase, qui correspond à la formation de glumelles et la seconde à la différenciation de l'épillet terminal. Ce dernier indique que le nombre d'épillets est définitif, pour ensuite commencer la phase de formation des fleurs. (SOLTNER, 2005).

Stade méiose mâle : À cette étape, le gonflement de l'oreille et la gaine de la dernière feuille et les grains de pollen diffèrent dans les anthères. Il s'agit d'une période particulièrement importante pour l'établissement du décompte des grains. (SOLTNER, 2005).

7.2.2 Epiaison

C'est la période depuis l'apparition des premières oreilles jusqu'à la sortie totale de toutes les oreilles de la gaine de la dernière feuille. (GIBAN *et al.*, 2003).

7.2.3 Floraison

Il semble que les premières étamines viennent de l'épillet dans le milieu de l'épillet. Pour la panicule des années 50, la formation des grains est terminée lorsque les grains du tiers central de la panicule arrivent à la moitié de leur développement. Leur développement se déroule en deux étapes. L'un est le stade opalescent, au cours duquel les granules laiteux vert clair atteignent leur taille finale (les granules contiennent encore 50 % d'eau et approchent de la fin du stockage des protéines). Dans, les grains sont jaunes et verts et s'émiettent aisément (les grains perdent de l'humidité et forment de l'amidon) (LABIDI A, 2016)

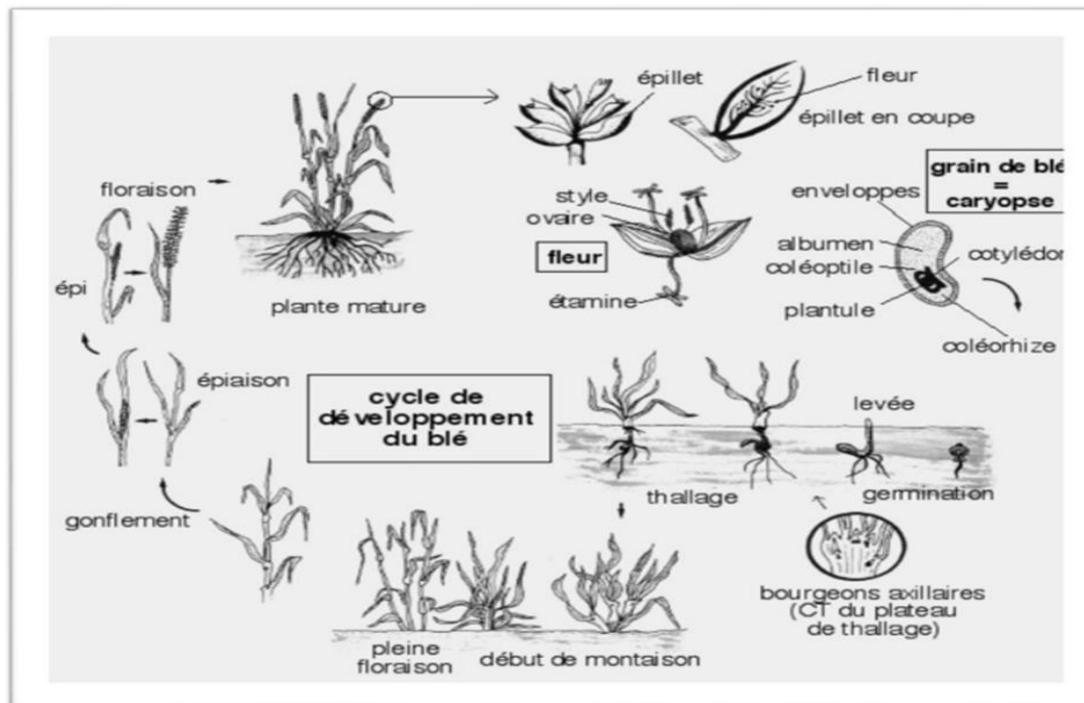


Figure 06 : Cycle de développement du blé (HENRYR et BUYSER, 2000).

8 Exigences du blé dur

8.1 sol

Les sols les plus appropriés pour le blé sont les sols drainés et profonds, les sols argileux-calcaires brillants, l'argile siliceuse et les éléments fins. Sur le plan des caractéristiques du sol, le blé dur est sensible au calcaire et à la salinité, un ph de 6,5 à 7,5 semble suffisant puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote. (ONDO, 2014).

8.2 Eau

Le blé nécessite une humidité constante tout au long du cycle de développement, l'eau est nécessaire en quantités variables. Selon les estimations, les besoins en eau avoisineraient les 800 mm (SOLTNER, 2000).

Dans les régions arides, le besoin est plus important compte tenu des conditions climatiques défavorables. La demande en eau est maximale à partir du stade où l'épi atteint 1 cm jusqu'à la floraison. La période critique d'arrosage va de 20 jours avant la germination à 30-35 jours après la floraison. (ONDO, 2014).

8.3 Température

MEKHLOUF et al., (2001) situent les exigences de température pour les étapes suivantes :

- **Stade levée** : La somme des températures =120 C°.
- **Stade tallage** : La somme des températures =450 C°.
- **Stade plein tallage** : La somme des températures =500 C°.
- **Stade épi 1cm** : La somme des températures = 600 C°.

8.4 Lumière

La lumière est un facteur qui influence directement le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Un tallage bon et garanti est garanti lorsque le blé reçoit des conditions de lumière optimales. (**BEBBA, 2011**).

8.5 Fertilisation

Selon **BELAID (1996)**, la fertilisation est un facteur d'accroissement des rendements, elle dépend du type de sol et du type de distribution des pluies. L'apport en phosphore maintient la fertilité du sol. Elle influe sur la croissance et la propagation du système racine.

9. Contraintes de la production de blé en Algérie

9.1 Contraintes climatiques

9.1.1 Stress thermique

Dans les zones arides et semi-arides d'altitude, les contraintes thermiques peuvent survenir même tôt dans le cycle. L'effet des températures élevées d'ensemencement se manifeste par une diminution de la longueur du coleoptile (**HAZMOUNE, 2000**).

Selon (**WARDLAW ET AL., 1989**) pour de nombreux géotypes de grains de paille, la température optimale pour le développement et le remplissage des grains s'est avérée être de 12 à 15 °C.

Ils ont observé une diminution de 3 à 5 % du poids des grains à chaque augmentation de température à partir d'une base de 12 à 15 °C. À une différence de température moyenne de 12 à 15 °C, la réduction du temps de remplissage est compensée par une augmentation de la vitesse de remplissage, ce qui entraîne des variations plus faibles du poids moyen des grains. (**WARDLAW ET AL., 1989**).

L'altitude et le climat de type méditerranéen amènent des hivers très froids et pluvieux, dont le froid limite la croissance lorsque l'eau est disponible et prolonge le cycle de croissance des plantes, les exposants à la sécheresse en début d'année. (CHENAFFIETAL., 2006).

Le gel tardif endommage très fréquemment les céréales, ce qui rend l'adoption de variétés précoces trop risquée. (BOUZERZOUR et BENMAHAMMED, 1994).

Dans les cas où certains géotypes précoces sont génétiquement intolérants au froid, l'utilisation de stratégies d'évitement comme moyen d'échapper au stress thermique à la fin du cycle n'est pas très efficace. (MEKHLOUF et al., 2006).

9.1.2 Stress hydrique

Il s'agit d'un problème sérieux dans de nombreux environnements arides et semi-arides, où les précipitations varient d'une année à l'autre et où les plantes souffrent plus ou moins d'une pénurie chronique d'eau (BOYER, 1982). En effet, le stress hydrique survient lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant un certain temps ou lorsque la mauvaise qualité de l'eau limite son utilisation. (MADHAVA RAO et al., 2006).

Les effets du stress hydrique sur le blé dur sont une réduction de la superficie foliaire, une diminution de l'intégrité cellulaire et une teneur relative en humidité.

9.2 Contraintes Pédo-édaphiques

Selon KRIBAA (2003), La limitation du sol dans les zones de culture du blé dur est due aux accumulations de calcaire dur qui entraînent une réduction de la profondeur du sol, ce qui limite les réserves d'eau et le développement des racines. Ils fonctionnent également à travers l'état structurel de la surface, qui détermine en grande partie la fonction hydrique du sol. Les propriétés chimiques, biochimiques et biologiques du sol peuvent également poser des contraintes.

Chapitre 2 : Stockage et transformation première de blé dur

1. Stockage de blé dur

1.1. Définition

Le stockage des récoltes est "l'art de préserver la qualité d'origine des grains pendant une période de temps spécifiée et de les empêcher de se gâter, qu'ils soient conservés sur place ou transportés pour la transformation finale". (KIAYA, 2014).

C'est une opération dans laquelle les produits sont stockés dans un endroit précis et pour une période de temps déterminée. Dans le domaine des céréales, le stockage est l'opération de stocké des grains dans des entrepôts pendant une période de temps donnée selon les normes et règles qui permettront de conserver le grain en bon état. (AFRIQUE VERTE., 2004).

1.2. Historique

Tout au long de l'histoire, le stockage des céréales a fourni aux humains un tampon contre les mauvaises récoltes et la famine. (DRUVEFORS, 2004), l'exemple du prophète Youssef en Égypte pendant les sept années du Saint Coran. La consommation quotidienne est assurée par une récolte unique, parfois 2 fois par ans. (MULTON, 1982) d'où le besoin de stocker. Aussi bien que les céréales stockées sont utilisées comme semences pour la prochaine saison de croissance. (OMINSKI, 1994).

Les premiers systèmes de stockage étaient de grands paniers composés de roseaux ou de flacons d'argile immergés dans le sol, (DRUVEFORS, 2004) En plus des puits, des paniers de femmes, des structures en bois ou en argile et des puits tapissés de paille sont également utilisés. (REED, 1992).

Les techniques de conservation ont pour but de préserver l'intégrité des qualités majeures des grains et graines par des moyens appropriés (MULTON, 1982), que l'on ne peut améliorer pendant le stockage (CHAWLA, 1984).

1.3. Principaux objectifs du stockage

- **Sur le plan alimentaire** : Produits agricoles dont l'utilisation sera retardée (à court et moyen terme) en raison des mauvaises récoltes attendues, des pénuries alimentaires et des conflits (DE LUCIA ET ASSENNATO., 1992).
- **Sur le plan agricole** : Fournit des graines (à bonne germination) pour le prochain cycle de culture (DE LUCIA ET ASSENNATO., 1992).

- **Sur le plan agro-industriel** : Approvisionnement régulier et continu en matières premières destinées à l'industrie de transformation (**DE LUCIA ET ASSENNATO., 1992**).
- **Sur le plan commercial** : l'équilibre de l'offre et de la demande de produits agricoles, qui permet de stabiliser les prix du marché. (**DE LUCIA ET ASSENNATO., 1992**).

1.4. Nécessité du stockage

Le besoin de conserver les fruits et légumes récoltés dépend de plusieurs facteurs :

- **nature du produit : durable ou périssable.** Le grain, produit à long terme, apparaît particulièrement bien préservé s'il est récolté dans de bonnes conditions. La variété récoltée joue un rôle important (**NTSAM S., 1989**).
- **destination du produit** : Aliments du bétail (humains ou animaux), spéculation, semences (**NTSAM S., 1989**).
- **quantité récoltée** : Ceci dépend de la portion pour usage propre et de la portion disponible à la vente (**NTSAM S., 1989**).
- **Sa durée de conservation** : qui est très dépendant des conditions d'entreposage. La quantité et la durée définissent la structure requise. (**NTSAM S., 1989**).

1.5. Principe de stockage

S'appuie sur le contrôle de trois paramètres :

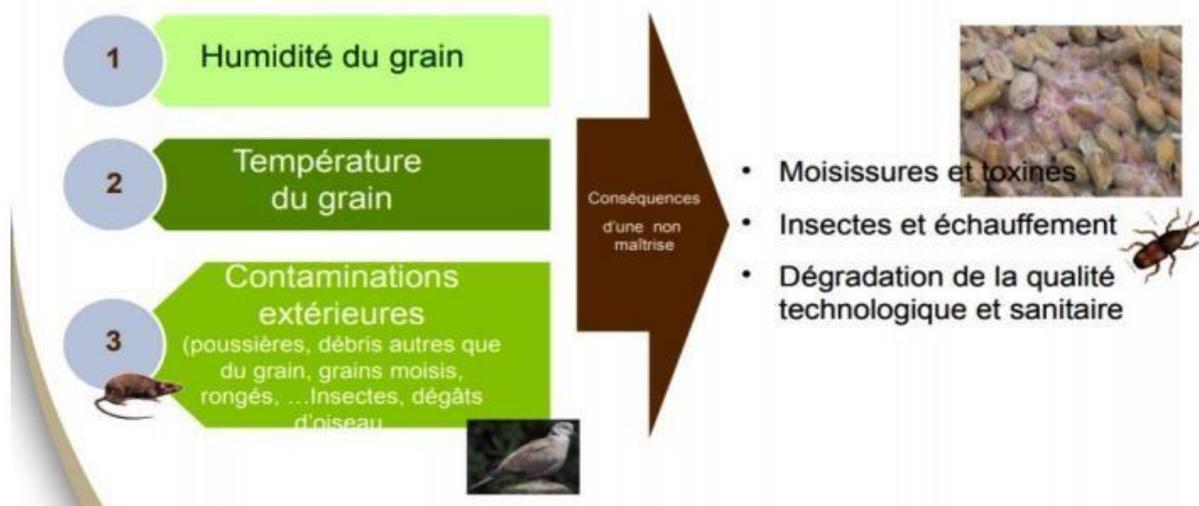


Figure 07 : paramètres à maîtriser au stockage (**JEAN-YVES MOREAU., 2019**).

1.6. Structure du stockage

Selon **CLEMENT (2018)**, Une structure de stockage est un conteneur approprié destiné à stocker des aliments pendant une période de temps. Au sein de la structure, les grains de blé peuvent être conditionnés de deux manières. :

1.7. Méthodes traditionnelles

1.7.1. Méthodes souterraines

Les entrepôts souterrains pour le stockage des céréales sont une pratique traditionnelle très ancienne et répandue dans certaines régions du Maroc sous le nom indigène (Matmour). Ce type de stockage est également utilisé dans certains pays d'Afrique, du Moyen-Orient, d'Asie et d'Algérie (**BARTALI et al., 1989**).

Ce mode de stockage protège des intrusions grâce à sa structure relativement simple, son faible coût, sa bonne isolation thermique, sa protection contre les infestations de rongeurs, la diminution de l'activité des insectes et son étanchéité superficielle qui réduit les échanges gazeux avec l'extérieur. Le plus gros inconvénient de cette méthode est que l'excès d'humidité et de lixiviat favorise la moisissure et la fermentation bactérienne (**DOUMANDJI et al., 2003**).

1.7.2. Stockage en sac

Le grain est stocké dans des sacs en toile de jute. Les sacs sont stockés dans divers locaux, magasins ou entrepôts. Pour les traitements chimiques, cette toile de jute permet le passage des fumigants, insecticides volatils qui agissent sur les voies respiratoires des insectes. Ce type de stockage est souvent utilisé dans des environnements à forte autoconsommation (**DOUMANDJI et al., 2003**).

Si vous mettez un sac en plastique à l'intérieur du sac en jute, la stabilité au stockage sera grandement améliorée. Les magasins doivent être exempts d'infection et les produits doivent être secs (**NTSAM, 1989**). L'avantage est que les bâtiments existants peuvent être utilisés et que le grain stocké est bien ventilé

D'après **CRUZ et al., (1988)**, les majeurs inconvénients sont :

- Mauvaise isolation du sac contre l'humidité, la température et divers parasites (insectes, oiseaux, rongeurs.).
- Une importante main-d'œuvre formée est nécessaire, ce qui augmente le coût de ces travaux.
- Processus de chargement et de déchargement difficile.

1.7.3. Stockage en vrac

Dans ce cas, le tas de grain est laissé à l'extérieur dans un hangar à charpente métallique. La contamination est possible dans ce type de voûte, d'autant plus qu'il y a toujours un espace entre le mur et le toit, surtout dans ce type de construction, permettant aux oiseaux, rongeurs et insectes d'entrer et de sortir librement. De plus, l'impact du mauvais temps est toujours fort et on s'inquiète de la croissance de moisissures et de bactéries. Faute d'installations spécialisées, ce moyen de stockage (**DOUMANDJI et al., 2003**).

Selon **Ntsam, (1989)** Ce type de stockage nécessite des restrictions particulières sur sa structure.

- L'étanchéité.
- L'élimination de la condensation.
- Les contraintes de pression.
- Le contrôle de l'atmosphère et de la température.

1.7.4. Stockage en silo

Les silos sont des réservoirs de grande capacité destinés au stockage commercial ou industriel de grandes quantités (milliers de tonnes) de produit. (**BOUNCEUR et MAMMASSE, 2002**). Ils sont fermés sur le dessus par un plancher sur lequel est installé le dispositif de chargement des cellules. L'utilisation de silos réduit le travail, offre plus d'espace de stockage et élimine le besoin de sacs coûteux. Un silo est un conteneur cylindrique en béton armé ou en métal. (**DOUMAINDI et al., 2003**).

a. Silo métallique

Ils sont constitués d'alvéoles métalliques en tôles d'acier galvanisé ou d'aluminium (épaisseur 4 à 6 mm), plates ou ondulées, boulonnées ou agrafées à un sol en béton étanche et couramment utilisées pour le stockage des grains transformés. , après broyage, dans l'alimentation du bétail. Les cellules mesurent de 2 à 4 mètres de diamètre et peuvent atteindre 20 mètres de hauteur. (**CRUZ et al., 1988**).

Son avantage est qu'il est généralement facile et rapide à installer. Le coût de construction est faible car la structure est légère et peut être installée au sol avec une faible capacité portante. (CRUZ *et al.*, 1988).

- À propos des inconvénients :
 - Nettoyage des murs dans des conditions de température difficiles d'accès.
 - Mauvaise qualité du produit.
 - Risque de mycotoxines mettant en danger la santé des consommateurs.
 - Les coutures entre les tissus sont mauvaises et l'eau de pluie peut y pénétrer.
 - La condensation de la vapeur d'eau associée aux changements de température au cours de la journée humidifie le grain, créant des zones favorables à la reprise du grain et de l'activité microbienne. (CRUZ *et al.*, 1988).

b. Silo en béton

C'est le support de stockage le plus courant et il est plus résistant à la pression et aux chocs que les silos métalliques. Ces silos sont constitués d'une série de cellules cylindriques en béton armé d'une hauteur de 20 à 22 m et la teneur en humidité des grains dans les silos ne doit pas dépasser 11 %. (CHENIKI et YAHIA, 1994).

Le béton armé a des propriétés très intéressantes pour la construction d'installations de stockage (LERIN, 1986). Un amortissement à long terme est possible car il s'agit d'un matériau durable qui ne nécessite ni peinture ni entretien. De plus, malgré la faible épaisseur utilisée (épaisseur de paroi cellulaire 15-20 cm), de bonnes propriétés d'isolation thermique du produit sont garanties.

Cependant, le béton armé présente certains inconvénients. (CRUZ *et al.*, 1988) :

- Être poreux permet l'échange de gaz avec l'extérieur, créant des problèmes lors de la manipulation des stocks.
- En raison de son poids, il ne peut être installé que sur des sols suffisamment résistants à la compression.
- Les structures en béton peuvent présenter des fissures et des microfissures qui permettent à l'eau de pénétrer et de créer un environnement favorable aux insectes.
- La mise en œuvre doit donc être effectuée par du personnel qualifié et une entreprise parfaitement équipée.

Quel que quand, Le mœurs de dépendance en désordre ou en sac, la cadastre des places est à étendre en compte. Il faut capitaliser les zones basses, inondables (de partialité un porté

haut), d'où les pluies de foisonnement s'évacuent facilement, néanmoins d'allée enfantin en cadre à l'vision qu'il faut dresser des voies d'allée ouvertes et pouvant comporter des véhicules lourdes. L'ancrage devra de la sorte se élaborer adjacent des voies de stipulation comme entourer l'arête de temps produite par le luminosité solaire, le administration doit participer orienté Est-Ouest pendant lequel le allusion de la longueur, c'est-à-allégation qu'il ne se présentera pas au luminosité du lumière et du soir, les façades existant orientées Nord- Sud tel que les portes opposées soient pendant lequel l'axe des vents dominants (**CRUZ et al., 1988**).

1.7.5. Stockage en plein air

Il s'agit d'une solution temporaire. Il faut placer la production sur des palettes pour empêcher l'humidité d'entrer dans le sol. On peut le couvrir de bâches pour le protéger contre les éléments. (**HAKIM et al., 2007**).

1.8. Méthodes modernes

1.8.1. Stockage en gerbes

Il est possible d'empiler les poulies à ciel ouvert (gerbiers, meules). Dans les gerbes, le grain est protégé contre l'échauffement et le charançon. (**MULTON, 1982**).

1.8.2. Stockage en épis

Cette technique exige beaucoup moins de volume que le stockage dans les poulies, donc un coût plus faible des bâtiments et par conséquent le contrôle est plus facile. (**MULTON, 1982**).

2. Technologie de transformation du blé dur

2.1. Réception

L'acceptation de lots de blé dur passe par une mesure de contrôle systématique pour l'approbation de ces lots. L'agrèage permet de détecter la contamination biologique par la présence d'insectes et de rongeurs, la contamination chimique par les traitements pesticides récents et la contamination microbienne (comme la présence de blé moisi). Cela se fait par une analyse visuelle et olfactive (**SIFPAF, 2012**).

2.2. Pré-nettoyage

Cette étape débute par un passage du blé sur les grilles pour conserver les plus gros objets étrangers. Il s'agit d'un nettoyage mécanique à sec (tamisage et aspiration) pour enlever les grosses impuretés (pailles, grosses pierres,), la poussière et les insectes. (SIFPAF, 2012).

2.3. Nettoyage

C'est un stade où la tâche la plus importante est réalisée; l'obtention d'une masse de grains très propre et qui ne contient pas d'impuretés. (FEILLET, 2000).

Selon GODON, (1998) les principaux objectifs d'épuration sont:

- Retirez les graines noires et colorées pour minimiser les piqûres.
- Retirez tous les noyaux afin qu'aucun minéral ne reste dans la semoule.
- Enlève les graines toxiques et nocives.
- Retirez les insectes et les débris d'insectes.
- Enfin, retirez tous les produits non semenciers.

Tableau 02 : Principales machines de nettoyage des blés (FEILLET, 2000).

Type de machine	Principe physique	Impuretés éliminées
Aiment	Champ magnétique	Métaux
Aspirateur	Densité et résistance à l'air	Pailles, glumes
Nettoyeur- séparateur et trieur	Forme et dimension	Grosses et petites impuretés
Epierreur	Densité	Poussières
Brosse, époinçuse, lavage	Nettoyage en surface	Pierres, blés ergotés
Table densimétrique	Densité Force centrifuge	Petites graines
Toboggan	Couleur	Grains avariés
Trieur de couleur		

2.4. Préparation des grains à la mouture

La préparation des grains à la mouture appelée aussi « mouillage et repos » a pour but de faciliter la séparation de l'amande du grain d'enveloppe (SIFPAF, 2012). La préparation se déroule en deux étapes:

- **Un mouillage** : le grain est mouillé jusqu'à 16 ou 17 % (en commençant à 11 ou 12 %). Cela est effectué en ajoutant une quantité d'eau au blé. (DOMANDJI et al., 2000), principalement par pulvérisation. Suivi d'une période de repos ou de conditionnement de 9 à 10 heures sans dépasser 48 heures. (FEILLET, 2000).

2.4.1. Objectifs

- Rendre les enveloppes plus flexibles pour éviter la fragmentation des enveloppes et les rendre plus faciles à séparer.
- Réduisez la dureté du blanc d'œuf pour éviter d'endommager les particules d'amidon pendant le broyage.
- Obtenir la valeur de la semoule.

2.5. Mouture

C'est une opération centrale de la transformation des blés, consiste à séparer l'albumen des enveloppes et du germe, en évitant toute contamination, avec le meilleur rendement possible et à moindre coût, tout en maîtrisant les propriétés d'utilisation des produits obtenus (FEILLET, 2000).

2.5.1. Étapes de la mouture

2.5.1.1. Broyage

Constitue la première phase de la mouture. Le blé est placé dans des broyeurs à cylindres cannelés permettant un broyage progressif de façon à extraire la semoule en coupant l'enveloppe au minimum et en produisant un minimum de farine (SIFPAF, 2012).

2.5.1.2. Blutage

Il s'agit de la classification des produits broyés selon leur granulométrie. L'opération s'effectue dans un Planchiste, qui est formé d'ensembles d'écrans superposés, avec un mouvement de rotation et un mouvement de va-et-vient constant sous l'action d'un moteur à excentrique. (FEILLET, 2000).

2.5.1.3. Sassage

Est l'opération décisive dans le processus de broyage du blé dur car : « Dans la semoule, c'est le tamis à sable qui livre la marchandise au client ». La semoule est

maintenue en suspension par un courant ascendant au-dessus d'un tamis dont la largeur des mailles diminue au fur et à mesure que la semoule avance. Ceci est assuré par le mouvement d'inclinaison et de va-et-vient du tamis. La séparation de la semoule est basée sur les différences de densité et de propriétés aérodynamiques (GODON et WILLM, 1998).

2.5.1.4. Desagrégage

Le déagglomération concerne la semoule, qui n'est pas acceptée **comme** produit fini en raison d'une pureté insuffisante. Ces produits sont constitués d'une partie amande et d'une autre coque. Si la quantité d'amandes prédomine, on dit semoule "aromatisée", si l'inverse est "rejeté". (GODON et WILLM 1998). L'opération s'effectue au moyen d'un broyeur, un appareil cylindrique muni de rainures très fines destinées à rebroyer la semoule enrobée et à éliminer les fragments de son adhérent aux amandes. (ABECASSIS, 1991), afin de fournir des semoules pures

2.5.1.5. Convertissage

L'opération est réalisée au moyen d'un broyeur, un appareil cylindrique muni de rainures très fines permettant de rebroyer la semoule enrobée et d'éliminer les fragments adhérent aux amandes. (GODON et WILLM, 1998).

2.5.1.6. Ensachage

Le produit fini sera emballé à l'aide d'une balance pour mesurer la quantité en fonction du type d'emballage. Ceux-ci sont ensuite utilisés pour la vente.

2.5.2. Produits de mouture

Selon ABECASSIS et CHAURAND(1997), Lors de la mouture, les semouliers séparent généralement la semoule de la farine ou du gruau D (5 à 10 %) et de la farine moyenne (18 à 22 %) à un taux d'extraction de 70 à 75 %. (**Figure 09**).

- **Semoule** : La semoule est constituée de fragments d'amande dont la taille des particules est supérieure à 150µm

- **Farine de blé dur (SSSF ou gruau D)** : est considérée comme un sous-produit de la mouture, se caractérise par une granulométrie de 180 µm

• **Son** : ce sont des morceaux d'enveloppes de taille variable allant de 0.5 à 1 µm
(FEILLETE, 2000).

La semoule est utilisée pour la consommation humaine, tandis que les sous-produits (SSSF et son) sont utilisés pour l'alimentation du bétail.

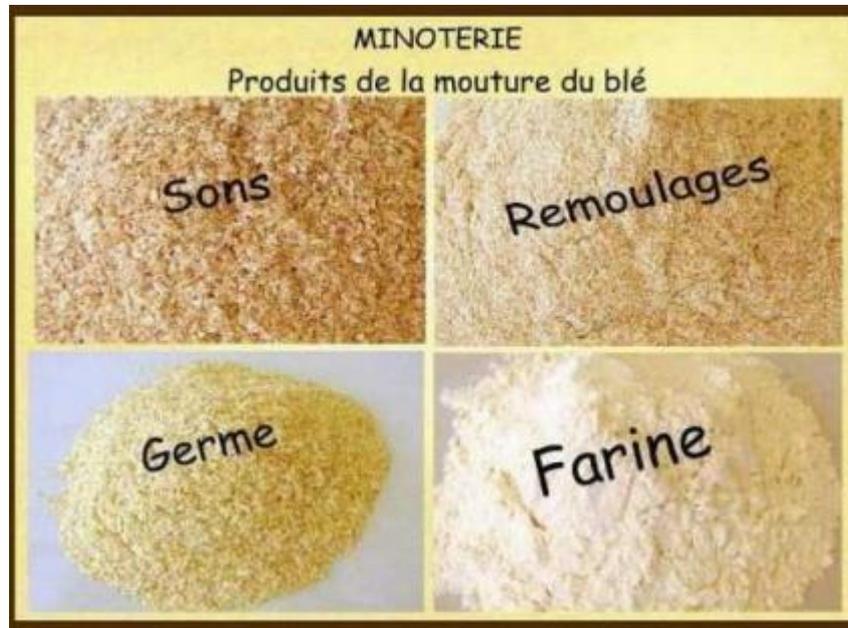


Figure 08 : Différents produits de mouture de blé dur (FEILLET, 2000)

3. Produits de la première transformation de blé dur

3.1.Semoule

3.1.1. Définition

La semoule est définie comme le produit obtenu à partir du grain de blé dur (*Triticum durum*) par un procédé de broyage dans lequel le son et le germe sont pratiquement éliminés et le reste est broyé à une finesse appropriée. (AFNOR, 1991).

La semoule est un produit premium de l'industrie du grain de blé dur avec une granulométrie comprise entre 150 et 500 µm (ABECASSIS et al., 1997).

D'après le Journal Officiel Algérien (JORA, 2007), La semoule de blé dur est un produit obtenu à partir de grains de blé dur nettoyés et industriellement purs.

3.1.2. Composition biochimique de la semoule

La semoule de l'endosperme féculent (protéine) joue un rôle important dans la production de produits à base de blé dur. Ceux-ci comprennent, par ordre d'importance, l'amidon, quatre protéines, les lipides, les sels inorganiques et les enzymes (**tableau 3**). La composition biochimique de la semoule dépend du taux d'extraction, ce qui donne un blé dur sain et vitreux avec une granulométrie uniforme (200-400 µm), une couleur uniforme, un gluten court, des imperfections durables et minimales. Très important pour les confiseurs qui préfèrent la semoule. (**BOUDREAU et MATSUA, 1992**).

Tableau 03 : composition biochimique de la semoule (**BOUDREAU et MATSUO,1992**).

Composantes	taux en %
Amidon	60 - 80
•Amylose	20 - 30
•Amylopectine	70 – 80
Pentosanes	7 – 8
Protéines	8 – 16
•Protéines solubles (albumines et globulines)	15 – 20
•Protéines insolubles (protéines du gluten)	80 – 85
lipides	1 – 2
• lipides libres	60
• lipides liés	40
matières minérales	0,87 - 1,20
•potassium	0 ,45
•phosphore	0,3
•Magnésium	0,14

Vitamines	8,64
• B1	0,52
• B2	0,12
• PP	6
• E	2

3.1.3. Caractéristiques des semoules

La qualité technique de semoule en pâtes alimentaires est déterminée par sa capacité à fournir un produit final dont l'aspect et la qualité culinaire répondent à la demande des consommateurs. Ces deux propriétés sont affectées par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) de la semoule, qui sont liés à l'origine histologique du produit. (**GODON et WILLM, 1991**).

La coloration jaune est toujours une caractéristique importante de la variété. Les pigments caroténoïdes responsables de la couleur et de la répartition des lipoxygénases sont les mêmes dans tout le grain, ce qui le rend moins sensible aux conditions de mouture. (**LAIGNELET et al., 1972**). Les pâtes à base de semoule très pure, qui est obtenue à partir du centre du blanc d'œuf, ont d'excellentes propriétés rhéologiques (notamment l'élasticité), mais ont tendance à se désagréger après une cuisson prolongée. A l'inverse, le produit le plus éloigné (Avoine D) est le produit le moins élastique, mais est capable de conserver un état de surface notable après une cuisson prolongée et malgré une perte de cuisson importante.

Selon **DEXTER et MATSUA (1980)**, Ils ont constaté que la taille des particules de semoule ne semblait pas affecter la couleur ou la qualité de cuisson des pâtes. Mais, **MANSER (1980)**, ont montré que la semoule dont la taille des particules était inférieure à 350 µm pouvait être plus facilement transformée en nouilles. Il en résulte un produit final homogène et translucide de "première qualité".

La semoule de blé dur doit être conditionnée dans des récipients qui préservent les propriétés hygiéniques, nutritionnelles, techniques et sensorielles du produit. Ceux qui ne répondent pas à ces spécifications seront déclassés dans l'une des sous-catégories ou envoyés vers une autre destination. (**JORA, 2007**).

3.1.4. Classification et usage des semoules

Il existe de nombreux types de semoule sur le marché, en fonction de la granulométrie. (Tableau 4), et leur pureté (BOUKHAMIA, 2003) :

- **semoules « potage »** : Ce sont les plus grosses et elles sont utilisées comme garniture dans les soupes, d'où leur nom, mais elles sont aussi utilisées comme semoule de couscous.

- **semoules de « fabrication »** : Lorsque la semoule est obtenue à partir du bord de l'amande, elle a une forte teneur en cendres (1,5%) et est donc moins pure et est généralement appelée semoule de bonne qualité si elle est extraite loin du bord de l'amande. (Nord avec cendre) est la plus haute qualité avec une teneur de 0,8 %.

En Algérie, la semoule est divisée en différentes catégories selon leurs grosseurs :

- ❖ **Semoule Grosse (SG)** : la dimension des particules est comprise entre 9000µm à 1100µm, destinées à des usages domestiques.
- ❖ **Semoule Grosse Moyenne (SGM)** : sa dimension est comprise entre 550µm et 900µm, destinée à la fabrication des galettes et couscous.
- ❖ **Semoules Sassées Super-Extra (SSSE)** : sa dimension est comprise entre 190µm à 550µm, destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.
- ❖ **Semoules Sassées Super Fines (SSSF)** : de 140µm à 190µm, ces semoules proviennent des couches périphériques du grain.

Tableau 04 : Classification des semoules en fonction de la granulométrie (JEANTET *et al.*, 2007).

Classes	Ouverture du tamis (µm)
Semoules grosses	> 530
Semoules moyennes	250 à 530
Semoules fines	140 à 250
Farines	< 140

D'après JORA (2007), La semoule de blé dur agréée à la consommation est classée comme suit :

- Semoule courante de blé dur.
- Semoule extra de blé dur.

Les spécifications techniques peuvent être trouvées dans le **(Tableau 05)**.

Tableau 05 : Spécifications techniques de semoules de blé dur mises à la consommation **(JORA, 2007)**.

Désignation des produits	Taux de cendres (%)	Taux d'acidité (G /100g H2SO4)	Taux d'humidité maximum (%)
Semoule courante	1,3 maximum	0,08 ms maximum	14,5
Semoule extra	1 maximum	0,065 ms maximum	14,5

4. Farine de blé dur

4.1. Définition

Selon le **Codex alimentarius (1995)**, La farine de blé dur (*Triticum durum*) est un produit amylacé et collant obtenu par mouture industrielle de grains de blé dur industriellement purs et lavés.

Selon **ABECASSIS (1991)**, D'un point de vue réglementaire, la farine de blé dur, également appelée « gruaux D », est considérée comme un sous-produit de meunerie de blé dur et se caractérise par une granulométrie inférieure à 180 µm.

4.2. Origine

Le traitement du blé dur dans une semoulerie a pour but de produire de la semoule. Cependant, une petite quantité de farine de blé dur est extraite et est considérée comme un sous-produit de meunerie. **(ABECASSIS, 1987)**.

Selon **MIRAD (1985)**, La production de farine de blé dur est de plus en plus importante en termes de :

- Fabriqué à partir de blé fortement mitadiné..
- Mauvais comportement à la mouture (serrage excessif des machines à rouleaux, dépassement du temps optimum de conditionnement du blé).
- Mauvais réglage du dispositif à rouleaux.
- Diagramme très courts.

Sa provenance est irrégulière, elle peut provenir de l'amande (action de broyeurs) ou d'enveloppes (action brutale des désagrégeurs) (MIRAD, 1985).

4.3. Composition biochimique

4.3.1. Eau : La teneur en humidité de la farine de blé dur est de la plus haute importance du point de vue du stockage (et donc économique). 3SF avec une humidité de 15,5% est considéré comme humide et ne peut pas être stocké car il change légèrement. (BOUGHAZI, 1990).

La norme *Codex alimentarius*, la farine de blé dur doit avoir une teneur en humidité de 14,5 % ou moins.

4.3.2. Matières minérales : La répartition des minéraux entre les constituants de chaque partie du grain est nettement différente. (WILLM et FOURRE, 1998).

En fait, l'albumen de blé dur contient environ 50 % de tous les minéraux du grain, tandis que le blé tendre n'en contient que 25 %. (COLAS, 1997), Par conséquent, les produits moulus à base de blé dur sont riches en cendres. (ABECASSIS et FEILLET, 1985).

BOYACIOGLU et DAPPOLONIA (1994), Elle montre que la farine de blé dur a une teneur en cendres significativement plus élevée (plus de 1,4%).

4.3.3. Glucides

4.3.3.1. Amidon

Est la principale substance glucidique de réserve (BULEON et al., 1990). Environ 70 à 80 % de la farine de blé dur est constituée d'amidon. C'est le polymère alimentaire le plus important en raison de son pouvoir gélifiant, de sa viscosité et de ses propriétés de liaison à l'eau. (FEILLET, 2000).

D'après BOYACIOGLU et DAPPOLONIA (1994), 3SF contient plus d'amidon endommagé. Cette teneur élevée est due à la dureté et à la structure vitreuse du blé dur, qui nécessite plus d'énergie pour moulin.

Selon HOLM (1985), La farine de blé dur contient plus de sucre (2,8-3%) que la farine tendre qui n'en contient qu'environ 1,5-2%. Cette forte teneur en sucre de la farine de blé dur est due à sa forte teneur en amidon endommagé. (BOYACIOGLU et DAPPOLONIA, 1994).

4.3.3.2. Amidon endommagé

Ce sont des granulés d'amidon qui ont perdu leur intégrité à différents étapes de la mouture. (FEILLET, 2000).

D'après WILM (1995), Les dommages lors du broyage sont liés à la dureté des particules. Les facteurs qui affectent l'intensité des dégâts :

- La teneur en eau des blés à la mouture.
- Le type et la sévérité du broyage.
- Le type de blé.

Selon BOYACIOGLU et DAPPOLONIA (1994), Il montre que la teneur en amidon endommagé dans la farine varie (7-15%). La farine de blé dur contient plus d'amidon endommagé que la farine de blé tendre, alors que la semoule en contient très peu (5-6%).

Selon POMERANZ (1983), Le rôle de l'amidon endommagé est très important en panification et en pâte. L'absorption d'eau de la pâte est affectée par le pourcentage d'amidon endommagé, car l'importance de l'amidon endommagé dans la production de sucres utilisés par la levure pendant la fermentation a été démontrée. avec la même force.

Les valeurs normales donnent de la consistance et déterminent la capacité d'hydratation, tandis que des valeurs très élevées entraînent une surhydratation et une qualité réduite. (FERRAND, 1972).

4.3.3.3. Sucres simples

selon TOEPFEREW et al., (1972), le taux de sucres de la farine de blé dur est plus élevé (2,8 à 3 %) que celle de la farine de blé tendre (1,5 à 2 %), ce qui a été confirmé par la suite par BOYACUIGLU et DAPPOLONIA (1994), qui estiment le taux à 3 % pour la farine de blé dur et à 2,5% pour celle de blé tendre.

4.3.4. Protéines : La protéine est le deuxième composant le plus important de la farine de blé après l'amidon et sa teneur varie entre 9 et 15 % dans la farine de blé dur, en fonction des conditions agroclimatiques et des cultivars. (FEILLET, 2000). La teneur en protéines est un critère important pour évaluer la qualité de la farine (ITCF, 2001).

4.3.5. Lipides : La quantité de lipides présents est affectée par l'origine génétique et le taux d'extraction.

Selon **ABECASSIS (1987)**, A niveau d'extraction égal, la farine de blé dur est plus riche en lipides que la semoule. Selon **OUKMOUM (2001)**, La farine de blé dur contient 1,5% à 2% de lipides, 60% liés et 40% libres.

4.3.6. Enzymes

La teneur en enzymes de la farine de blé dur varie en fonction de sa source, les valeurs sont plus élevées lorsque la farine provient de la couche externe contenant le granule de germe. Les principales enzymes sont : l'amylase, la lipase, la lipoxygénase (**OUKEMOUM, 2001**).

Selon **GUAGLIA (1988)**, L'étude a révélé que la farine de blé dur se caractérise par une faible activité d'amylase, qui est directement liée aux conditions de récolte, à la température et à l'humidité pendant la saison.

Tableau 06 : Récapitulatif de la composition physico-chimique d'une farine de blé dur (**BOYACIAGLU et DAPPOLONIA, 1994**).

Composition chimique de la farine de blé dur	
Cendres (% ms)	0,86
Pentosanes (% ms)	1,70
Gluten sec (% ms)	14,50
Gluten humide (% ms)	42,90
Amidon total (% ms)	72,40
Sucres total (% ms)	3,00
Amidon endommagé (% ms)	14,57
Protéine (% ms)	15,00

4.4. Caractéristiques de la farine de blé dur

4.4.1. Granulométrie

Selon **QUAGLIA (1988)**, La farine de blé dur se caractérise par une granulométrie qui varie entre 120 et 190 μm , avec des particules plus arrondies que celles du blé tendre (**MIRAD, 1985**).

Selon **LINDHAL et ELIASSON (1992)**, Des études menées sur des échantillons de farine de blé dur et de farine de blé tendre ayant subi le même procédé de mouture ont montré que la distribution granulométrique était très différente entre les farines. Cela est dû à

La fragilité de la farine de blé tendre. Parce qu'il utilise de la farine de blé, il a une granulométrie plus fine que la farine de blé dur.

4.4.2. Pureté

Il s'agit du taux de contamination de l'albumen à travers la sortie de l'enveloppe et la couche d'aleurone. (ABECASSIS, 1996).

D'après LIU *et al.*, (1996), En raison de l'origine irrégulière de la farine de blé dur (germe, amande, enveloppes), elle contient une proportion importante de particules de son, ce qui dégrade sa pureté. La farine de blé dur a une teneur en cendres très élevée (1,5%). La teneur en cendres plus élevée de la farine de blé dur par rapport à la farine de blé tendre peut être attribuée à la composition minérale de l'albumen. (FEILLET *et* ABECASSIS, 1985).

4.4.3. Couleur

En raison de la forte concentration de pigments jaunes (xanthophylles) présents dans le blé dur, la couleur de la farine passe de l'ambre au jaune foncé. (BOYACIOGLU *et* DAPPOLONIA, 1994).

Selon LAIGNELET *et al.*, (1972), Cette couleur est déterminée par plusieurs facteurs:

- La composition chimique.
- Les conditions de culture.
- Le taux d'extraction qui conduit à l'apparition d'une couleur sombre suite à une contamination par les parties périphériques.
- L'élimination plus ou moins complète des germes très riches en lipoxygénases susceptibles de détruire les pigments jaunes.

4.4.4. Caractéristiques plastiques

La farine de blé dur a une teneur en gluten plus élevée mais des propriétés rhéologiques plus faibles par rapport à la farine de blé tendre. (LIU *et al.*, 1996). Cela est dû à la distribution différente des fractions de gluten. (PERSSINI *et al.*, 1999).

Selon KITISSOU (1995), la ténacité élevée de la farine de blé dur peut être due à :

- La granulométrie des particules de farine.
- La teneur élevée en amidon endommagé et en pentosanes.

- La richesse en particules de son.

4.5. Utilisation de la farine de blé dur

Plus tôt, plusieurs auteurs qui ont étudié l'utilisation du blé dur en panification ont souligné que ce dernier n'était pas adapté, généralement à cause des faibles quantités de pâte obtenues. Plusieurs chercheurs ont récemment étudié l'utilisation du blé dur dans la panification.

Selon **QUAGLIA (1988)**, considérer le blé dur facile à panifier si sa teneur en protéines dépasse 13 %. **BOYACIOGLU et DAPPOLONIA (1994)**, ont noté qu'un mélange contenant 25% de farine de blé tendre de haute qualité avec des améliorants produisait du pain avec des caractéristiques acceptables.

Selon l'Institut National de Recherche Agronomique (**INRA**) (**2015**), la farine de blé dur peut être utilisée en panification si elle offre plusieurs valeurs nutritionnelles (micronutriments et fibres solubles), un bon goût qui permet une teneur réduite en sel et des conservateurs. Il peut également être utilisé à d'autres fins. (**INRA, 2015**):

➤ **Pâte à pizza :**

- Diminution du temps de pétrissage.
- Amélioration de la tenue dans le temps de pâte.
- Couleur jaune.

➤ **Viennoiserie :**

- Diminution de 8 à 12 % du beurre de tourrage.
- Amélioration de laminage.
- Feuilletage jaune prononcé, permet de supprimer les colorants beurre et autre additifs.

➤ **Brioche :**

- Mie jaune très prononcée permettant de supprimer les colorants beurre et le jaune d'œufs (pour la couleur).

➤ Biscuits :

- Améliore la tenue et supprime le rétreint au four.

La farine de blé dur : car sa matière première, adaptée à tous les usages du métier, laisse libre cours à l'imagination des artisans.

Selon **ABECASSIS (1991)**, la farine de blé dur sert aussi de liant pour épaissir la sauce et permet de manger des pani. Complément alimentaire des ménages pauvres, il est même utilisé pour fabriquer des aliments et des emballages biodégradables.

La farine de blé dur est utilisée dans la production de pâtes alimentaires de qualité en France (**ABECASSIS, 1993**)

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

1. matière végétale

L'étude est basée sur 40 échantillons de blé dur (*Triticum durum Desf*) provenant de différentes régions du pays (centre, est, ouest1 et ouest2), fournies par Coopérative des Céréales et Légumes Secs (CCLS) Qui provient de cultures 100% algériennes.

Les grains de blé dur des 40 échantillons sont stockés dans des sacs en plastiques d'une contenance de 1 Kg. Sélectionner les échantillons pour évaluer la qualité du traitement du blé dur.

La partie expérimentale a été effectuée en partie au niveau du CCLS Bouira Situé sur sompak, Rue Tali Maamar, Bouira et au niveau du laboratoire de biochimie de l'Université Akli Mohand Oulhadj Bouira.

2. présentation de lieu de stage

La Coopérative des Céréales et des Légumes Secs (CCLS) de BOUIRA fait partie de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) a été créé depuis 31/1110/1936 sous le nom de Coopérative de Céréales de la région de BOUIRA, puis restructurée le 10/07/1964 (annexe 04)

Son rôle principal est le stockage et la commercialisation des céréales et légumes secs. Sa capacité de stockage à travers ses 15 unités (BOUIRA, AIN Bessam et S.E.Ghozlane) est de 1 080 000.00 Qx. En plus de son rôle principal la CCLS de BOUIRA a pour activités importantes ;

- La commercialisation des intrants agricoles. (Engrais et désherbants).
- La commercialisation des blés pour les industries de transformation. (Semouleries et minoteries)
- La commercialisation des orges pour les éleveurs de bétail.
- La location du matériel agricole pour les agriculteurs.
- La prestation de services pour le nettoyage des céréales pour la propre production des agriculteurs.

3. Objectif du travail

L'objectif de ce diagnostic est de procéder à des analyses physico-chimiques et technologiques des échantillons de blé dur de production locale 2021/2022 prélevés auprès des unités de stockage de l'OAIC et stockés pour une période de six mois dans des silos métalliques.

Laboratoire de CCLS Bouira était responsable de l'analyse physique de ces échantillons.

4. Critères de qualités

4.1 Les paramètres relatifs aux caractéristiques physiques des grains

4.1.1 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 très intéressant dans les expériences agronomiques. Il permet de caractériser les variétés, de mettre en évidence des anomalies telles que l'échaudage, et d'étudier les effets des traitements de la végétation ou des conditions climatiques pouvant altérer la qualité de 1000 grains.

C'est l'une des composantes du rendement agronomique et du rendement en semoule.

Cette mesure se fait principalement lors du processus de sélection du blé dur, qui est essentiellement un critère variétal et dépend fortement des conditions de culture qui l'affectent. (SCOTTI, 1997).

Principe

Cette méthode dépend du comptage manuel du nombre de grains entiers contenus dans une prise de masse connue. Déterminer la masse de 1000 grains basés sur le comptage des grains d'une prise d'essai de 30 g après élimination des impuretés et de grains cassés.

Mode opératoire

Peser 30 g de grains (m). Les grains entiers sont ensuite sélectionnés manuellement et comptés. La masse de 1000 grains entiers se déduit selon la formule suivante:

$$\text{PMG} = m \times 1000 / N ; \text{ Avec :}$$

✓ M : 30 grammes de grains.

✓ N : Le nombre des graines compté dans les 30 grammes.

Le poids de mille grains secs est par la suite calculé selon l'équation suivante :

$$\text{PMGS} = m H X (100 - H) / 100 ; \text{ Avec :}$$

✓ m H : poids de 1000 grains normal.

✓ H : teneur en eau des grains.

4.1.2 Poids spécifique PS (poids à l'hectolitre PHL) (NF V 03-707 et ISO 712)

La masse volumique connue sous le nom de masse par hectolitre, souvent appelée poids spécifique (PS), est la masse d'un hectolitre de grains exprimée en kg. Elle est considérée comme un indicateur de la valeur de la semoule par rapport au rapport coque/amande. Plus le poids par hectolitre est élevé et plus le rapport coque/amande est faible, plus le rendement en semoule est élevé. La valeur minimale pour l'intervention était de 78 kg/hl.

Mode opératoire

Remplir une « NILEMA-LITRE » d'1 litre des grains de blé dur ; à l'aide d'un raseur, raser l'excédent de blé dur ; ouvrir la valve et peser le contenu.

Le résultat est exprimé en grammes/litre, que nous convertirons en kg/hl en utilisant le tableau approprié (Annexe 03).

4.1.3 Teneur en eau

Généralement comprise entre 11.0% et 14.0%, elle est également importante dans le commerce car il régule le prix des marchandises grâce à un système de récompense/rabais. En fait, on ne s'inquiéterait que s'il était supérieur à 16 %, car le blé devient sujet à évolution spontanée (échauffement et germination).

Cependant, selon le **CODEX ALIMENTAIRE (1994)**, la teneur en humidité du blé ne doit pas dépasser 14,5 %.

Intérêt

La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente trois intérêts principaux :

- Intérêt technologique : permet de déterminer le bon déroulement des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle.
- Intérêt analytique : rapporter tout type de résultats analytiques (matière sèche ou teneur en eau normalisée) sur une base forfaitaire
- Intérêt réglementaire, car les contrats commerciaux fixent des seuils de teneur en eau, à partir desquels des incitations et des réductions sont appliquées (**ITCF & ONIC, 1995**).

4.1.4 Agréage (recherche des impuretés)

Principe

Consiste à séparer les impuretés d'un échantillon de céréales par tamisage et/ou triage et les classer en catégorie. Les définitions de chacune de ces catégories, ainsi que les impuretés qui les composent, dépendent de l'espèce considérée et de la méthode de recherche des impuretés utilisée (**Aziez et al., 2003**). La méthode utilisée c'est la Norme ISO 11051 pour le blé dur.

Appareillage

- Diviseur d'échantillons.
- Balance : peser à 0.01 g près.
- Tamiseur : couvercle, réceptacle et un tamis le crible n°5 comportant des mailles rectangulaires de 2,1mm, 1,5mm et 1,0mm.
- Pincette.
- Coupelles.

Mode opératoire

a. Préparation de l'échantillon pour essais

Mélanger délicatement l'échantillon pour le rendre le plus homogène possible, puis, si nécessaire, le réduire au moyen d'un diviseur, jusqu'à l'obtention d'une quantité d'environ 01 kg, peser ensuite l'échantillon à 1 g près et le placer dans le récipient plat. Toute odeur particulière, étrangère aux odeurs céréalières, et la présence d'insectes vivants et d'acariens sont notées.

Les insectes seront identifiés et leur nom consigner au procès-verbal.

b. Détermination de l'ergot

Séparer l'ergot de l'échantillon d'essai et le peser à 0,01g près.

c. Division

Mélanger l'échantillon exempt d'ergot et le diviser à l'aide du diviseur, jusqu'à ce qu'une quantité de 100g à 0,01g soit obtenue. Si la présence de grain revêtu est observée, séparer le grain des enveloppes avant de le tamiser.

d. Tamisage

Emboîter les tamis de 2,1mm, 1,5mm, 1,00 et le réceptacle et placer la prise d'essais (100g) sur le tamis de 2,1mm et mettre le couvercle, puis agiter manuellement pendant 45 secondes avec un mouvement de vas et vient parallèlement à la direction des fentes, en gardant les tamis dans un plan horizontal.

e. Recherche et classement des impuretés

Effectuer dans l'ordre les opérations suivantes :

- Refus du tamis 2,1mm :(débris végétaux et éléments minéraux), séparer les grains des céréales étudiée et ceux des autres céréales, mettre le reste dans la coupelle de matière inerte.
- Refus du tamis intermédiaire (1,5mm) :(grains maigres et petit grains), séparer ces impuretés et les placer dans les coupelles respectives.
- Refus du tamis 1,0 mm :(grains maigres et petit grains), séparer les grains de céréales étudiée et, dans l'état où ils se trouvent, les placer dans la coupelle des petits grains.

Classifier les éléments restants dans des coupelles à grains cassés, d'autres céréales, des graines étrangères et de la matière inerte.

f. Expression des résultats

- Peser le contenu de chaque coupelle à 0,01g près.
- Calculer le pourcentage de chaque catégorie par rapport à la masse de la prise d'essais.
- Additionner les pourcentages des impuretés grains et diverses. Les exprimer en utilisant une seule décimale.

4.1.5 Taux de mitadinage

On entend par grains mitadinés de froment dur, les grains dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse (**SCOTTI ET MONT., 1997**). 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 (**Bar, 1995**). Cette texture farineuse et due à la présence

de fissure ou de vacuoles d'air dans l'albumen qui le rendent poreux et d'aspect blanc (SCOTTI, 1984).

Le mitadinage peut être provoqué, soit par une teneur en protéines des grains insuffisante, soit par des pluies peu avant la récolte (BAR, 1995).

Selon BAR (1995) toute valeur entre 20% et 40% est acceptable, mais d'après SELSELT (1991) pour considérer un blé comme blé de bonne qualité ne doit pas dépasser les 5%.

Intérêt

L'objectif du semoulier est de fabriquer de la semoule et non de la farine, le blé dur doit donc être peu mitadiné. 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".

Le taux de mitadin (exprimé en %) indique le nombre de grains partiellement ou totalement farineux dans un lot de grains. S'il est trop élevé, le rendement semoulier chute.

La qualité commerciale type indique que moins de 20 % des grains doivent être mitadinés, au-delà de 40 %, le blé dur est vendu au prix du blé tendre.

Mode opératoire

Après avoir mélangé le contenu du sac contenant le blé dur débarrassé de toutes les impuretés, un échantillon de 100 g est prélevé. Sur 100 g de blé propre, les grains mitadinés sont visuellement appréciés.

Cette formule est utilisée pour représenter les résultats en pourcentage de grains mitadinés :

$$\text{MIT (\%)} = \text{M1/M2} \times 100$$

M1 : masse en gramme de grains mitadinés présents dans 100 g de l'échantillon.

M2 : masse en gramme de l'échantillon prélevé.

MIT : Taux de mitadinage.

4.1.6 Taux de moucheture

Les grains mouchetés présents à la surface des taches brunes ou noires qui provoquent des points noirs dans la semoule et dans les pâtes alimentaires et affectent ainsi la valeur commerciale du produit fini (BAR, 1994).

En générale, la moucheture est provoquée par des champignons ou de piqures de thrips, et leurs taux ne doit pas passer les 5% (SELSELET, 1991).

Intérêt

Le taux de moucheture est essentiellement commercial. La présence de taches brunes ou noires plus au moins grandes sur les grains provoquée par le développement de certains champignons provoque des points noirs dans la semoule et les pâtes alimentaires, ce qui affecte la valeur commerciale des produits finis. Selon nos connaissances actuelles On pense que la moucheture du blé dur montre la réaction de défense de la plante à des stress multiples, mais toutes les variétés sont différentes de ce dommage.

Mode opératoire

Un échantillon de 100 g est prélevé après avoir mélangé le contenu d'un sac contenant du blé dur propre. Sur la prise d'essai de 100 g, les grains mouchetés sont appréciés visuellement.

Selon cette formule, les résultats sont exprimés en gramme de grain moucheté pour 100 g de l'espèce considérée :

$$\text{MOU (\%)} = \text{M1/M2} \times 100$$

M1 : masse en gramme de grains entiers mouchetés présent dans 100g d'échantillon.

M2 : masse en gramme du prélèvement (100g).

MOU : Taux de moucheture.

4.1.7 Taux d'échaudage

Les grains qui sont passés par des tamis à fentes de 1,5 mm pour le blé dur sont considérés comme grains échaudés après avoir été éliminés des autres éléments de l'échantillon.

Mode opératoire

Peser 100 g de grains, Après avoir mélangé le contenu d'échantillon de blé dur, puis un ensemble de tamis de diamètre décroissant, à savoir 2,1 mm, 1,5 mm et 1 mm.

Après un tamisage manuel effectué par des mouvements de va et vient pendant 45 s, le retenu du tamis de 1,5mm est pesé par une balance de précision, ce qui indique le taux de grains échaudés pour 100 grammes de prise.

$$\text{Taux d'échaudage (g)} = \text{poids de blé retenu du tamis 1,5mm}$$

4.2 Paramètres relatifs aux caractéristiques biochimiques des grains

4.2.1 Analyse technologique

4.2.1.1 Teneur en cendre

Les cendres sont les résidus produits après avoir inciné un échantillon de semoule à 900 °C.

Les cendres des semoules sont déterminées par incinération dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C (plus ou moins 25 °C) jusqu'à ce que la matière organique soit complètement combustée. Ensuite, le résidu obtenu est pesé.

Mode opératoire

Avant l'utilisation, Les nacelles sont chauffées pendant 10 minutes dans un four à moufle réglé à une température de 900 °C. Pendant 10 à 15 minutes, on les laisse refroidir dans un dessiccateur.

Les creusets (nacelles) vides sont pesés avant d'y ajouter 5 grammes de semoule. Sans la tasser, la semoule est étalée en une couche d'épaisseur uniforme. 1 à 2 millilitres d'éthanol est ajoutée pour une incinération régulière. Une fois que les creusets sont flambés, on ferme fermement le four et on laisse le four ouvert pendant 2 h. Les nacelles sont ensuite retirées, laissées refroidir puis pesées à l'aide d'une balance de précision.

Le taux de cendres est calculé en pourcentage de la masse rapportée à la matière sèche et est déterminé à l'aide de la formule suivante :

- ✓ M1 : masse du résidu en g.
- ✓ M0 : masse de la prise d'essai.
- ✓ H : la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse de l'échantillon.

$$\text{TC(\%)} = \frac{M1 \times 100}{M0} \times \frac{100}{100 - H}$$

4.2.2 Tests technologiques

4.2.2.1 Test du Gluten humide et sec (NA-730 : 1990)

Le gluten est la fraction protéique insoluble dans la solution de saumure ; il est principalement responsable de la qualité rhéologique de la bouillie. L'extraction est le plus souvent effectuée par des méthodes manuelles.

Intérêt

Le gluten est le principal responsable des qualités rhéologiques des pâtes, c'est-à-dire l'extensibilité, l'élasticité et la ténacité, qui affectent le comportement des pâtes lors de la fabrication et la qualité du produit fini. Sa mesure est peu utilisée dans certains pays, comme la France, mais est davantage utilisée en Italie et au Royaume-Uni.

En Bretagne, il constitue le plus souvent le seul test technique d'appréciation de la qualité du blé dur. La quantité de gluten est étroitement liée à la teneur en protéines.

Mode opératoire

La teneur en gluten a été déterminée selon le protocole de (**MAUZE ET al., 1972**). Ajouter 5 ml de saumure contenant 10 % de NaCl à 10 g de semoule. La pâte préparée repose. Au bout de 10 minutes, déposer la pâte sur la paume de la main ; elle subit un lessivage en filet ; arrêter le lavage lorsque le gluten forme des mottes bien adhérentes et que l'eau de lavage n'est plus blanchâtre.

La rotation des mains est alors effectuée ; nous nous arrêtons lorsque le gluten colle aux mains ; la pesée est utilisée pour déterminer le gluten humide. Après séchage dans une étuve à une température de 102°C pendant 24 heures, le poids de gluten sec a été obtenu.

Les formules suivantes sont utilisées pour représenter les pourcentages du gluten humide et du gluten sec :

✓ La teneur du gluten humide (GH) : **GH% = 100 (Mh / 10)**

Mh = la masse du gluten humide.

✓ La teneur du gluten sec (GS) : **GS% = 100 (Ms / 10)**

Ms = la masse du gluten sec.

- **Capacité d'hydratation du Gluten**

Le pourcentage d'eau contenu dans le gluten humide est indiqué par la capacité d'hydratation (Ch%) du gluten. Selon Godon et Loisel (1984), la capacité d'hydratation est déterminée par la relation :

$$CH = \frac{GH - GS}{GH} \times 100$$

- ✓ GH: Gluten Humide.
- ✓ GS: Gluten Sec.
- ✓ Ch: Coefficient d'hydratation.

4.2.2.2 Test de sédimentation en milieu SDS (AFNOR NF V03-704, ISO 5529)

Il est fondé sur le gonflement de la fraction protéinique d'une quantité de semoule ou de farine, en présence de SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) et d'acide lactique, la fraction protéique se dépose après une agitation et un temps de repos déterminés.

Intérêt

Ce test physico-chimique permet d'évaluer la capacité de solubiliser et de polymériser les protéines dans un solvant polaire. Cet essai sert à mesurer la force du blé.

Mode opératoire

- Peser 6 g de produit. Les déposé sur une éprouvette graduée de 100 à 200 ml.
- Ajouter 50 ml d'eau distillée.
- Agiter rapidement pendant 15 secondes.
- À la deuxième minute et à la quatrième minute, il est nécessaire d'agiter manuellement de manière longue pendant 15 secondes.
- ajouter 50 ml d'une solution SDS (20g de SDS sont dissout dans 1 litre d'eau et 20 ml d'acide acétique (1 volume d'acide acétique pour 8 volumes d'eau)
- Agiter lentement 4 fois pendant 5 secondes.
- Répétez cette opération à la 2ème minute, 4ème minute et 6ème minute.

- Laisser reposer 20 minutes et surveiller la décantation.
- Lire le volume (ml) directement sur le tube. Ce volume représente l'indice de sédimentation.

(Toutes les opérations ont été effectuées dans un bain-marie à 22°C, à l'exception de l'agitation)

5. analyse statistiques

5.1 Introduction

Toute recherche statistique peut être divisée en au moins deux phases : la collecte des données d'une part et l'analyse ou l'interprétation des données d'autre part.

Le but des statistiques descriptives est de mesurer et de présenter les données observées d'une manière facile à lire, par exemple sous la forme d'un tableau ou d'un graphique. Si l'inférence statistique permet d'étudier sous certaines conditions ou de généraliser des conclusions obtenues à l'aide de tests statistiques, elle comporte le risque de certaines erreurs mesurées à l'aide de la théorie des probabilités.

5.2 Description des données

Nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{x}), qui est un paramètre de position et l'écart type (s), qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, afin de mieux décrire les différentes variables morphométriques, physiologiques et biochimiques qui caractérisent chacune des variétés de blé dur étudiées. Ces paramètres ont été calculés à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données STAT BOX.

Dispositif : *Randomisation Totale avec répétitions*

Nombre de répétitions (ou observations par cellule) 1

10

Intitulé Facteur 1:

region

Nombre de Niveaux :

4

Libellés niveaux

Libel niveau 1	centre
Libel niveau 2	est
Libel niveau 3	ouest1
Libel niveau 4	ouest2

5.3 Analyse de la variance (ANOVA)

À partir de données d'échantillons aléatoires simples et indépendants, le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification consiste à comparer plus de deux moyennes de plusieurs populations (**DAGNELIE, 2006**).

La réalisation du test se fait soit en comparant la valeur de Fobs avec une valeur théorique F1, qui est extraite de la table F de FISHER pour un niveau de signification de 0,05, 0,01 ou 0,001 et pour les degrés de liberté K1 et K2. Alternativement, la valeur de la probabilité p peut être comparée à des valeurs différentes de 5 %, 1 % ou 0,1 %.

On dit généralement que l'écart observé est significatif, hautement significatif ou très significatif si cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha = 0,05; 0,01$ ou $0,001$. En règle générale, ces différences sont signalées par une, deux ou trois étoiles (**DAGNELIE, 2006**).

Chapitre 4 : Résultats et discussion

Afin d'atteindre l'objectif fixé par cette étude, à savoir évaluer la qualité technique d'une série d'échantillons de blé dur cultivé en Algérie et comparer différents échantillons afin de déterminer le niveau de leurs différentes caractéristiques de qualité et de rendement en grain, nous avons effectué une analyse statistique de l'ensemble de nos résultats. Pour l'analyse, nous effectuons d'abord une analyse comparative des moyennes des différents échantillons testés pour chaque paramètre considéré.

Le **tableau 07** montre les moyennes calculé pour chaque variable mesurée pour 40 échantillons de blé dur. Ces résultats ont permis d'observer l'évolution de la valeur moyenne de chacun des 13 paramètres pour les différentes régions étudiées. D'une part, les valeurs moyennes des paramètres des 4 régions sont comparées entre elles à l'aide du test ANOVA.

Ainsi qui indique clairement qu'il n'y a pas de différences significatives entre les régions dans la plupart des paramètres étudiés.

Tableau 07 : Description des données (moyennes) des régions centre, est, ouest1 et ouest2 pour les différents paramètres mesurés.

	Grains cassés (%)	Grains Echaudés(%)	Grains Mitadinés(%)	Grains Mouchetés (%)	Teneur En eau (%)	PS (kg/hl)
Centre	1,919	8 ,289	1,386	0,487	10.14	78,182
Est	0,997	19,1	1,636	0,404	10.26	76,833
Ouest1	0,322	3,37	4,374	0.947	10.83	81,363
Ouest2	0,745	7,887	5,096	0,503	10.33	78,396

	PMG (g)	SDS (ml)	GH (%)	GS (%)	CH (%)	Tauxde cendre (%)
Centre	44,777	21	25,56	9,53	62,247	0,983
Est	50,933	20,35	24,12	8,97	63,013	0,52
Ouest1	55,16	21,15	23,442	9,08	61,036	1,06
Ouest2	49,6	20,85	23,04	8,301	63,595	0,755

1. Taux de grains cassés

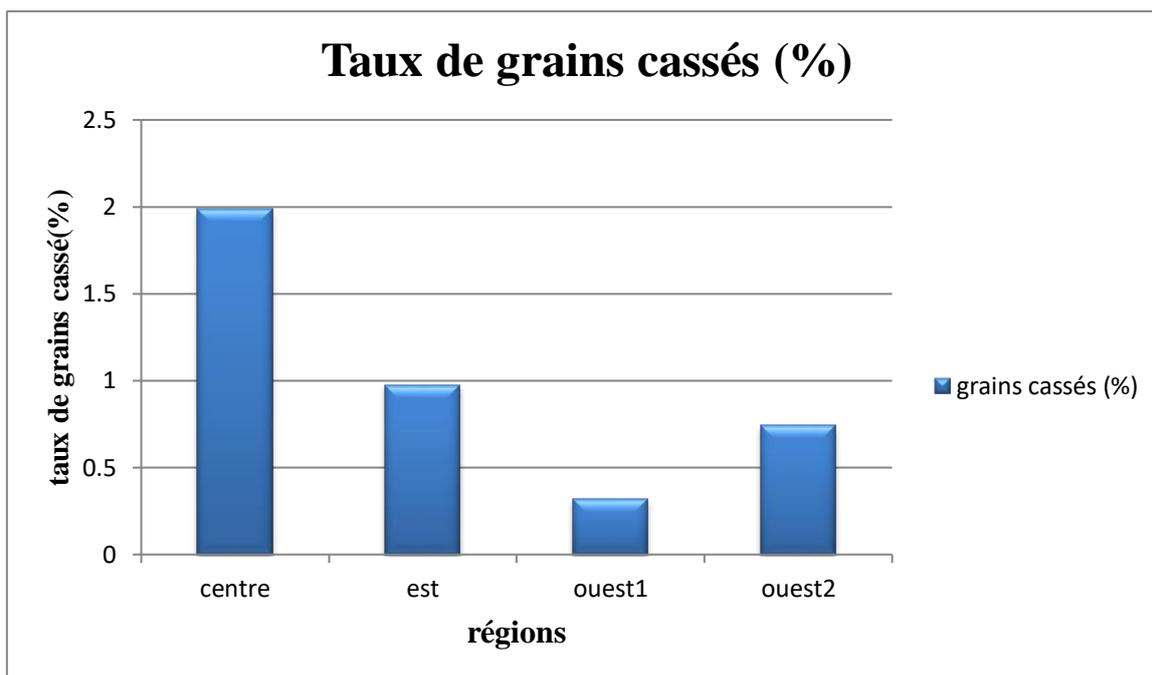


Figure 09 : histogramme de taux de grains cassés des grains des régions étudiées.

L'analyse de variance utilisée pour comparer les régions a montré une différence significative des taux de fragmentation entre les régions étudiées ($p = 0,04928$). Nous suivons ce test avec le test de NEWMAN-KEULS - Seuil = 5% pour obtenir des classes homogènes.

Tableau 08 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de grains cassés)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
2,158	0,952	0,425	0,788

Tableau 09 : analyse de variance (taux de grains cassés)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	70,996	39	1,82				
VAR.FACTEUR 1	13,691	3	4,564	2,867	0,04928		
VAR.RESIDUELLE 1	57,305	36	1,592			1,262	126,72%

Tableau 10 : Résultat de test de NEWMAN-KEULS (taux de grains cassés)

F1	F2	F3	F4	F5
		Moyennes		
1.0	centre	1,919	A	
2.0	est	0,997	A	B
4.0	ouest2	0,745	A	B
3.0	ouest1	0,322		B

2. Taux d'échaudage

Ce sont des grains qui se dessèchent avant de mûrir en raison d'un manque d'approvisionnement en eau. Cela peut être dû à un déséquilibre entre l'arrivée d'humidité dans le grain et l'évaporation suite à la température élevée supérieure à 28°C (échaudage physiologique) lors de la maturation.

Elle peut aussi être causée par toutes les maladies qui attaquent les racines, les feuilles, les tiges et même les glumes, on cite notamment la pourriture, la septoriose, la fusariose, la rouille (échaudure pathologique) (Godon, 1997).

En raison d'un mauvais remplissage, les grains échaudés seront rabougris, ridés et déformés.

Le résultat est montré dans la figure ci-dessous :

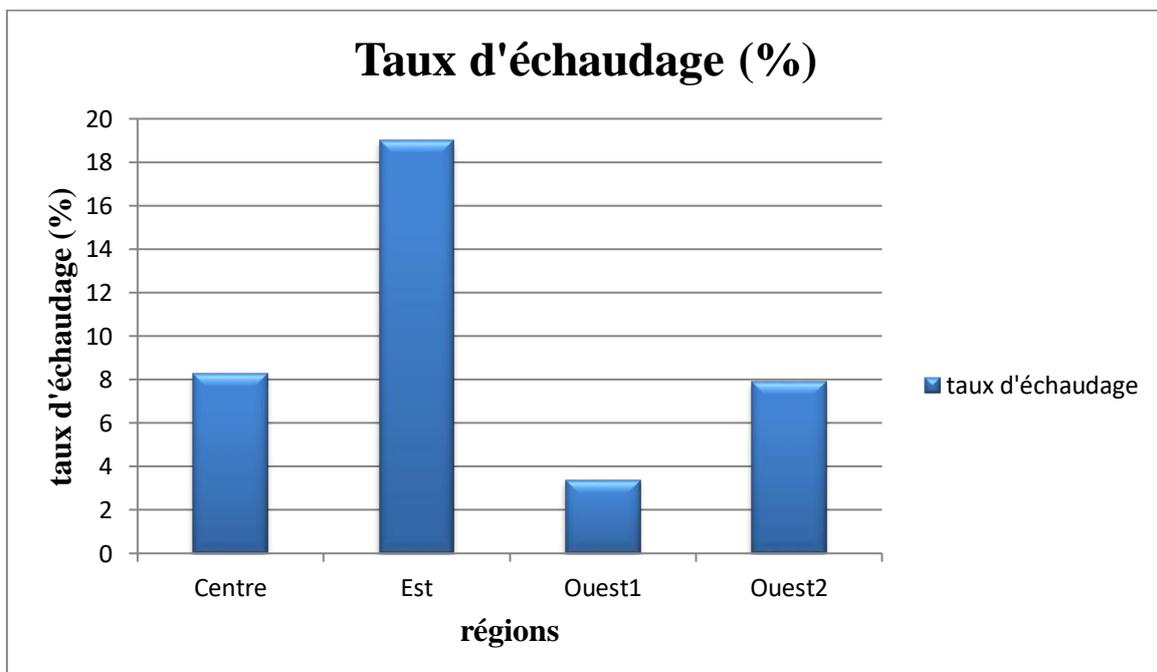


Figure 10 : histogramme de taux d'échaudages des grains des régions étudiées.

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p=0,104$) entre les régions étudiés.

D'après nos résultats obtenus, nous pouvons classer nos variétés en trois catégories (tableau08).

Tableau 11 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de grains échaudés)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
8,165	23,141	7,592	12,319

Tableau 12 : Analyse de variance (taux de grains échaudés)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	8641,312	39	221,572				
VAR.FACTEUR 1	1337,167	3	445,723	2,197	0,104		
VAR.RESIDUELLE 1	7304,144	36	202,893			14,244	147,43%

Tableau 13 : moyennes (taux de grains échaudés)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
8,289	19,1	3,37	7,887

Tableau 14 : classification des variétés selon l'échaudage.

Echaudage	régions
Faible	Ouest1
Moyen	Centre, Ouest2
Important	Est

La présence de grains échaudés a une incidence sur le rendement en mouture qui diminue, du fait de l'élimination mécanique des petits grains lors des phases de nettoyage et du mauvais remplissage de ses grains.

3. Taux de mitadinage

Les grains gonflés, blanchâtres, à structure partiellement ou entièrement farineuse, en d'autres termes, la présence de tâches d'amidon farineux dans la masse de la cornée de l'albumen, sont causés par le mitadinage dû, en particulier, à l'exercé d'eau dans le sol ou à sa faible quantité d'azote. Ces zones sont soit visibles à l'extérieur, soit à l'intérieur de la coupe du grain (Desclaux, 2005).

Le processus de mitadinage entraîne une réduction du rendement en semoule et la formation de points blancs sur les pâtes. Cet accident est réduit par la fumure tardive lors de la montée (Cheret *et al.*, 2003).

Le mitadinage est un trait qui est directement lié à la vitrosité du grain, à sa qualité et à sa capacité à produire de la semoule de qualité.

Les résultats du taux de mitadinage pour les régions étudiées sont mentionnés dans la figure suivante :

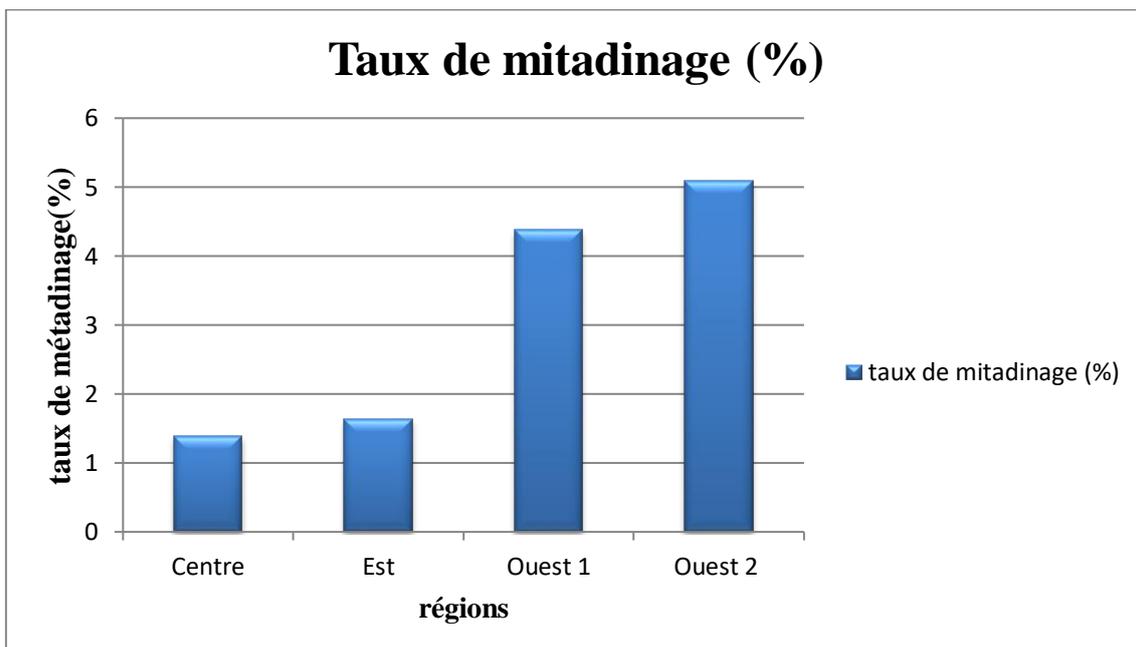


Figure 11 : histogramme de taux de mitadinage des grains des régions étudiées.

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p= 0,10651$) entre les régions étudiées.

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 ».

Sur le plan technologique, les blés durs mitadinés entraînent une baisse du rendement semoulier (Scotti et Mont, 1997).

Tableau 15 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de mitadinage)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
1,295	1,771	5,117	5,871

Tableau 16 : Analyse de variance (taux de mitadinage)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	695,972	39	17,845				
VAR.FACTEUR 1	106,818	3	35,606	2,176	0,10651		
VAR.RESIDUELLE 1	589,154	36	16,365			4,045	129,54%

Tableau 17 : Moyennes (taux de mitadinage)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
1,386	1,636	4,374	5,096

Tableau 18 : Classement des blés en fonction de leur degré de mitadinage (Mahaut, 1996).

Taux de mitadinage (%)	Classification
0 à 20 %	Qualité type
20 à 40 %	Acceptable
> 40 %	Non admis à l'intervention

D'après Mahaut (1996) (tableau 09), le taux moyen de mitadinage des échantillons de blé dur étudiés, varie entre 1.386 et 5,096 % (tableau 07). Ces valeurs restent dans la fourchette des blés très faiblement mitadinés (Qualité type), avec un bon rendement.

4. Taux de moucheture

La moucheture de grain correspond à des tâches brunes sur le péricarpe, elle est causée par des champignons (Macheix, 1996). Ce phénomène se traduit par la présence des points noirs dans les semoules et diminue leur qualité commerciale, on la souhaite aussi faible que possible.

Les résultats du taux de moucheture pour les régions étudiées sont mentionnés dans la figure suivante :

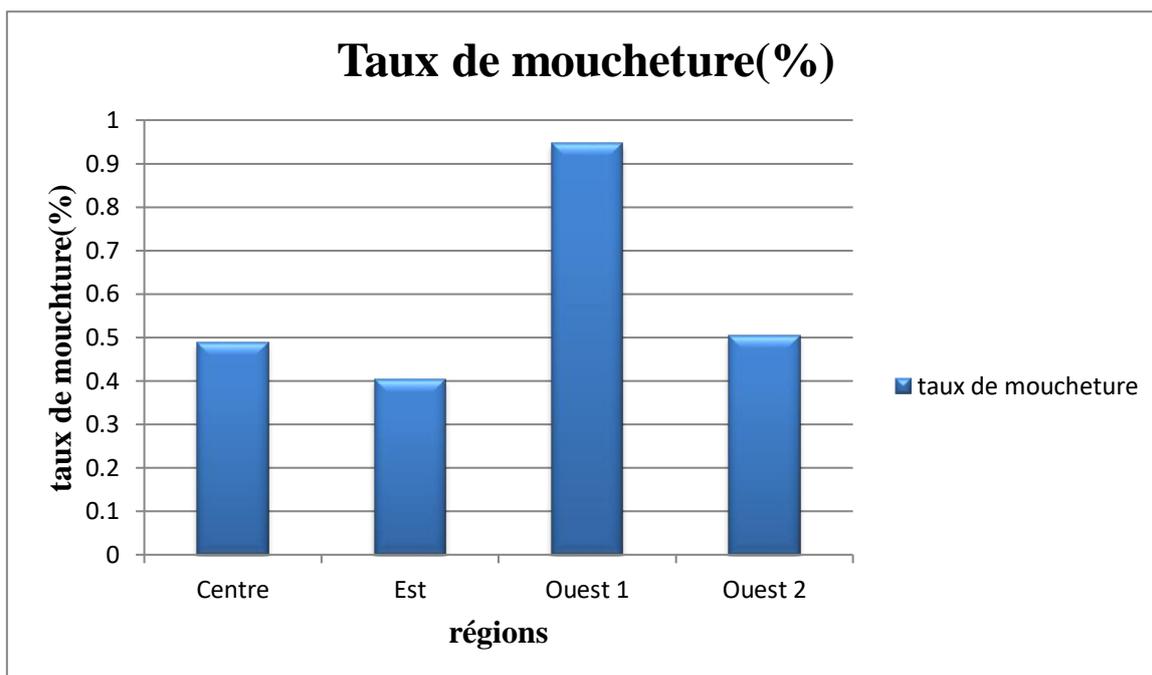


Figure 12 : histogramme de taux de moucheture des grains des régions étudiées.

Tableau 19 : ECART-TYPES DES RESIDUS (taux de moucheture)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
0,675	0,708	1,093	0,608

Tableau 20 : Analyse de variance (taux de moucheture)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	24,488	39	0,628				
VAR.FACTEUR 1	1,801	3	0,6	0,952	0,42724		
VAR.RESIDUELLE 1	22,688	36	0,63			0,794	135,63%

Tableau 21 : Moyennes de (taux de moucheture)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
0,487	0,404	0,947	0,503

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p=0,42724$) entre les régions étudiés.

Selon la norme algérienne, qui est 5 % au maximum, le pourcentage des grains mouchetés est relativement faible (pour tous les échantillons, inférieur à 5%).

Mahaut (1996) considérait également la moucheture comme une caractéristique de cultivar que des conditions climatiques spécifiques à la floraison peuvent favoriser.

Selon le Comité Technique Français du Blé Dur (2014), la moucheture est causée par des facteurs climatiques (pluviométrie totale, nombre de jours de pluie, température moyenne proche de 17°C, humidité relative de 80%), des facteurs variétaux et des facteurs culturaux (précipitations totales, le nombre de jours de pluie, la température moyenne est proche de 17°C et l'humidité relative est de 80%). Apport d'azote, puis apport d'azote). Par conséquent, le brunissement enzymatique est responsable du taux élevé de taches.

Selon **Samson et Desclaux (2006)**, la moucheture est la maladie la plus grave du blé dur et il entraîne une diminution de la qualité commerciale du blé dur, diminuant ainsi la qualité de la semoule et l'aspect des pâtes (taches brunes dans le produit fini) : pâtes et couscous).

5. Teneur en eau

La mesure de l'humidité du blé est une opération capitale dans une semoulerie car elle permet d'une part de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement et d'autre part d'évaluer les risques d'altération par les moisissures lors du stockage.

Ce paramètre a une grande importance économique, en premier lieu, parce qu'il peut améliorer le rendement de la semoule en facilitant la séparation des grains, des amandes et des enveloppes. De plus, un blé plus humide nécessitera moins d'eau lors de l'étape de conditionnement (**Martin, 1998**).

Les résultats du teneur en eau pour les régions étudiées sont mentionnés dans la figure suivante :

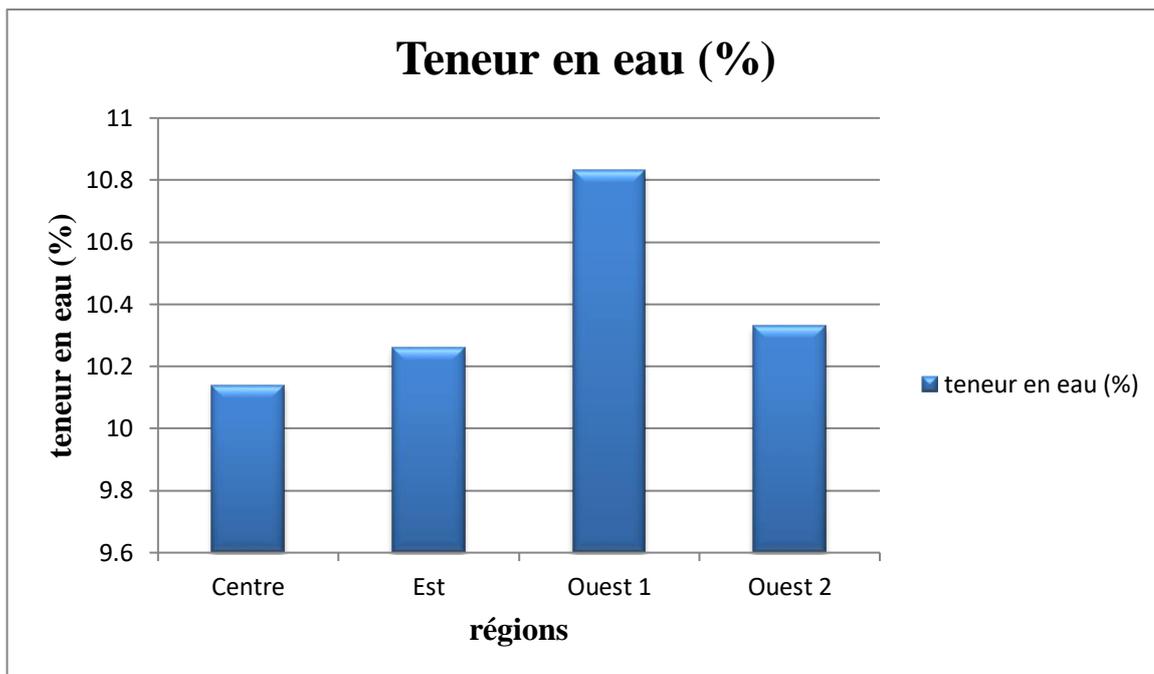


Figure 13 : histogramme de teneur en eau des grains des régions étudiées.

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p= 0,68919$) entre les régions étudiés

Tableau 22 : ECART-TYPES DES RESIDUS (teneur en eau)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
1,616	1,463	0,888	1,361

Tableau 23 : Analyse de variance (teneur en eau)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	69,316	39	1,777				
VAR.FACTEUR 1	2,766	3	0,922	0,499	0,68919		
VAR.RESIDUELLE 1	66,55	36	1,849			1,36	13,09%

Tableau 24 : Moyennes de la teneur en eau

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
10,14	10,26	10,83	10,33

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p= 0,68919$) entre les régions étudiés

Le **tableau 07** montre les résultats de l'humidité obtenus sur le blé utilisé dans notre étude expérimentale, indiquant que la quantité d'eau dans le blé ne dépasse pas le seuil

maximum autorisé par la loi algérienne, qui est de 14,5 % (JORA, 2007). Cela nous amène à conclure que ce dernier satisfait aux normes de l'aspect étudié.

Les variations de l'humidité entre les échantillons peuvent être attribuées aux conditions climatiques, à la région de culture, au lieu et aux conditions de stockage, en particulier lorsque l'environnement chaud provoque la déshydratation des grains et que les conditions de stockage sont peu mesurées.

6. Poids spécifique P.S

Il s'agit d'une mesure de la densité du grain ; il indique le rendement possible en semoule d'un grade particulier de blé. Il peut également indiquer la teneur en eau et sert parfois dans la détermination de la quantité d'eau à ajouter au blé durant le processus.

Les résultats du teneur en eau pour les régions étudiées sont mentionnés dans la figure suivante :

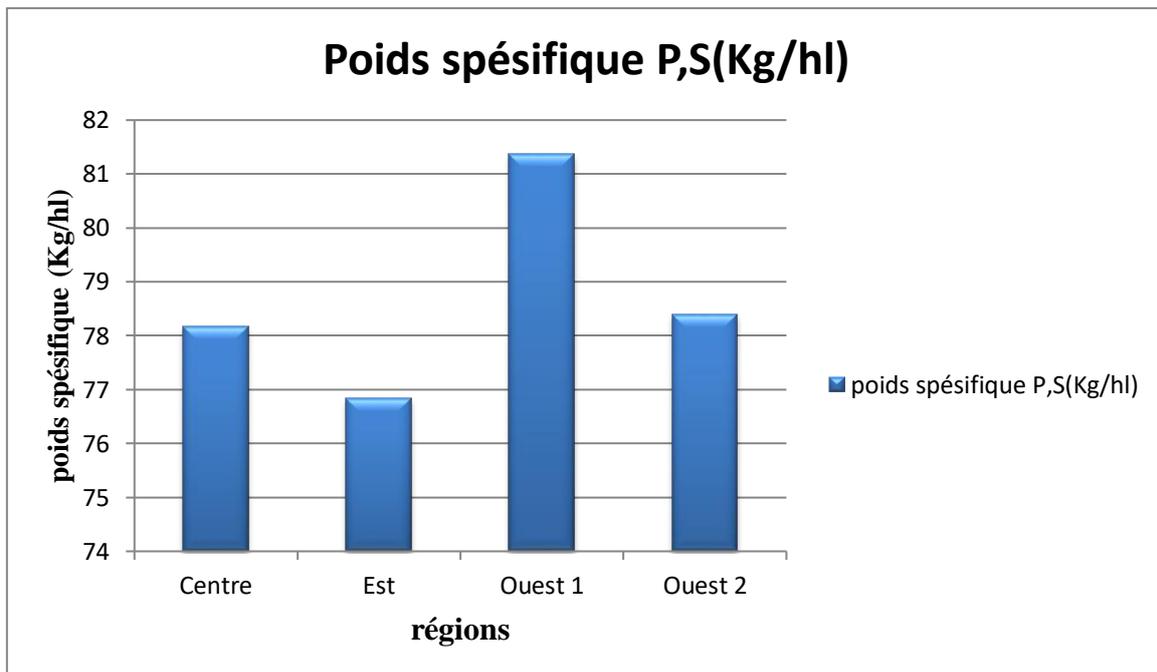


Figure 14 : Histogramme de poids spécifique des grains des régions étudiées.

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p= 0,13538$) entre les régions étudiés.

Tableau 25 : ECART-TYPES DES RESIDUS (PS)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
3,56	5,485	4,022	3,913

Tableau 26 : Analyse de variance (poids spécifique P.S)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	777,559	39	19,937				
VAR.FACTEUR 1	109,377	3	36,459	1,964	0,13538		
VAR.RESIDUELLE 1	668,181	36	18,561			4,308	5,47%

Tableau 27 : Moyennes de (PS)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
78,182	76,833	81,363	78,396

Le PHL du blé échantillonné est compris entre 76.833 et 81,363 kg/hl, selon les résultats obtenus (**tableau 07**). La fourchette suggérée par **Calvel (1984)** est de 72-82 kg/hl, ce qui explique que ce blé dur est de première qualité. Selon la classification de **Williams (1998)**, ce froment est classé parmi les blés très lourds, ce qui explique son excellent rendement.

7. Poids de mille (1000) grains PMG

Le PMG, également appelé masse de 1000 grains, est un paramètre physique qui indique la dimension des grains ; par conséquent, il est un bon indicateur du rendement agricole et semoulier, ainsi que des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement. Les résultats du PMG pour les régions étudiées sont mentionnés dans la figure suivante

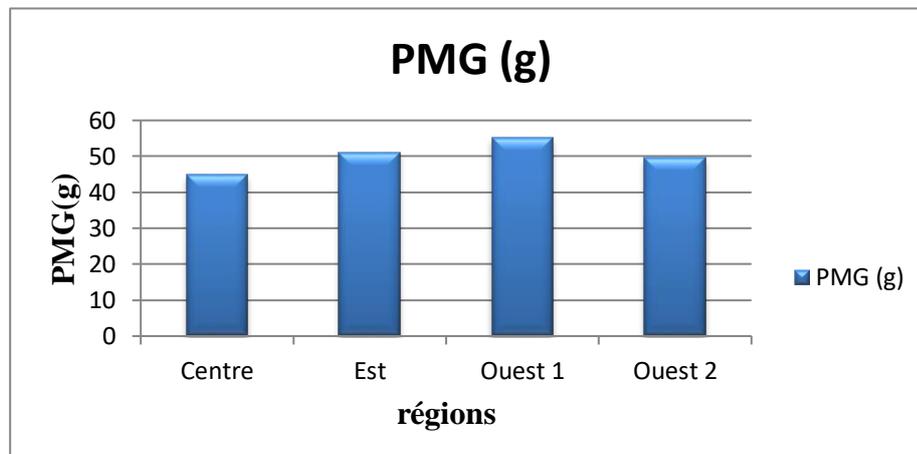


Figure 15 : histogramme de poids de mille grains des variétés étudiées.

L'analyse de variance utilisée pour comparer les régions a montré une différence significative des taux de fragmentation entre les régions étudiées ($p = 0,01745$). Nous suivons ce test avec le test de NEWMAN-KEULS - Seuil = 5% pour obtenir des classes homogènes.

Tableau 28 : ECART-TYPES DES RESIDUS(PMG)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
6,79	7,209	6,806	6,803

Tableau 29 : d'analyse de variance (poids de mille 1000 grains PMG)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2264,868	39	58,074				
VAR.FACTEUR 1	548,806	3	182,935	3,838	0,01745		
VAR.RESIDUELLE 1	1716,062	36	47,668			6,904	13,78%

Tableau 30 : Résultat de test de NEWMAN-KEULS (PMG)

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
3.0	ouest1	55,16	A	
2.0	est	50,933	A	B
4.0	ouest2	49,6	A	B
1.0	centre	44,777		B

Selon **Lempreur et ses collaborateurs (1997)**, les variétés à gros grains donnent un meilleur rendement en semoule que les variétés à petits grains.

Tableau 31 : Normes de poids de 1000 grains (ITGC, 1998).

Poids de 1000 grains (g)	Classification
> 45	Très élevé
35 à 45	Elevé
30 à 35	Moyen
< 30	Faible

En comparant les résultats obtenus (**tableau 07**) aux normes établies par **ITGC (1998)** (**tableau 11**), on constate que la valeur de PMG des régions Est, Ouest1 et ouest2 est entre 49,6 et 55,16g, est très élevés, et le PMG de région centre est 44,777g, donc est élevé.

Cela signifie que ce blé est composé de gros grains. On pense que les blés qui ont été utilisés pendant cette étude appartiennent à la première catégorie en se basant sur cette classification.

8. Test de sédimentation

Il détermine la qualité et la capacité des protéines à se gonfler en milieu SDS. Selon GODON et LOISEL (1997), ce test est une méthode indirecte pour évaluer la force du gluten d'un blé.

Les résultats du test de sédimentation SDS sont représentés dans la figure qui suit.

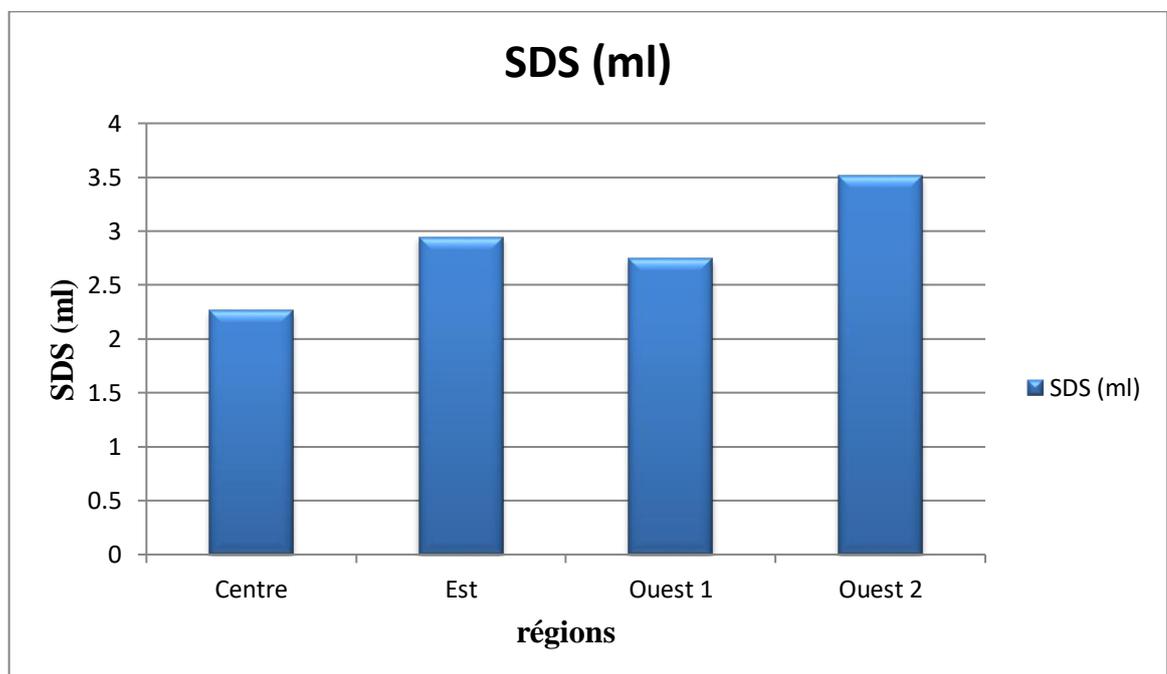


Figure 16 : histogramme de volume de sédimentation en ml des semoules étudiées.

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p= 0,93257$) entre les régions étudiés.

Tableau 32 : ECART-TYPES DES RESIDUS (SDS)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
2,261	2,944	2,749	3,512

Tableau 33 : Analyse de variance (test de sédimentation SDS)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	306,694	39	7,864				
VAR.FACTEUR 1	3,619	3	1,206	0,143	0,93257		
VAR.RESIDUELLE 1	303,075	36	8,419			2,902	13,92%

Tableau 34 : Moyennes d' SDS

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
21	20,35	21,15	20,85

Selon les normes données par L'ITGC (1979), il y a deux catégories :

- Moins de 18 ml : valeur pastière insuffisante.
- De 18 à 28 ml : bonne valeur pastière.

Les valeurs moyennes de sédimentations enregistrées pour les 04 régions de varient entre 20,35 ml et 21,15 ml sont conformes à la norme des blés panifiables.

9. Teneur en gluten

Selon Feillet (2000), la détection de la présence de gluten dans une farine doit permettre de déterminer si cette farine est de bonne valeur boulangère. Cependant, un fort pourcentage de gluten n'est pas suffisant pour qu'une farine ait une valeur boulangère.

9.1.Teneur en gluten humide

Les teneurs en gluten humide sont mentionnées dans la figure suivante (couleur bleue). Les valeurs sont comprises entre 23,04% et 25,56%.

Les taux de gluten humide de toutes les régions sont inférieurs à la norme de Delachaux (1983), qui était de 27,85%.

La teneur élevée en gluten humide pourrait être due à une forte absorption d'eau. Plus le gluten absorbe de l'eau et plus la différence est grande entre le gluten humide et sec et plus le gluten est de bonne qualité.

9.2.Teneur en gluten sec

Les teneurs en gluten sec entre 8,301 et 9,53 %, comme indiqué dans la figure 17 (couleur rouge). Ces valeurs sont inférieures aux normes mentionnées par **Degidio et al., (1979)** qui situent le gluten sec supérieure à 13 %, les semoules sont considérés de mauvaise qualité et ne donne pas un excellent produit fini.

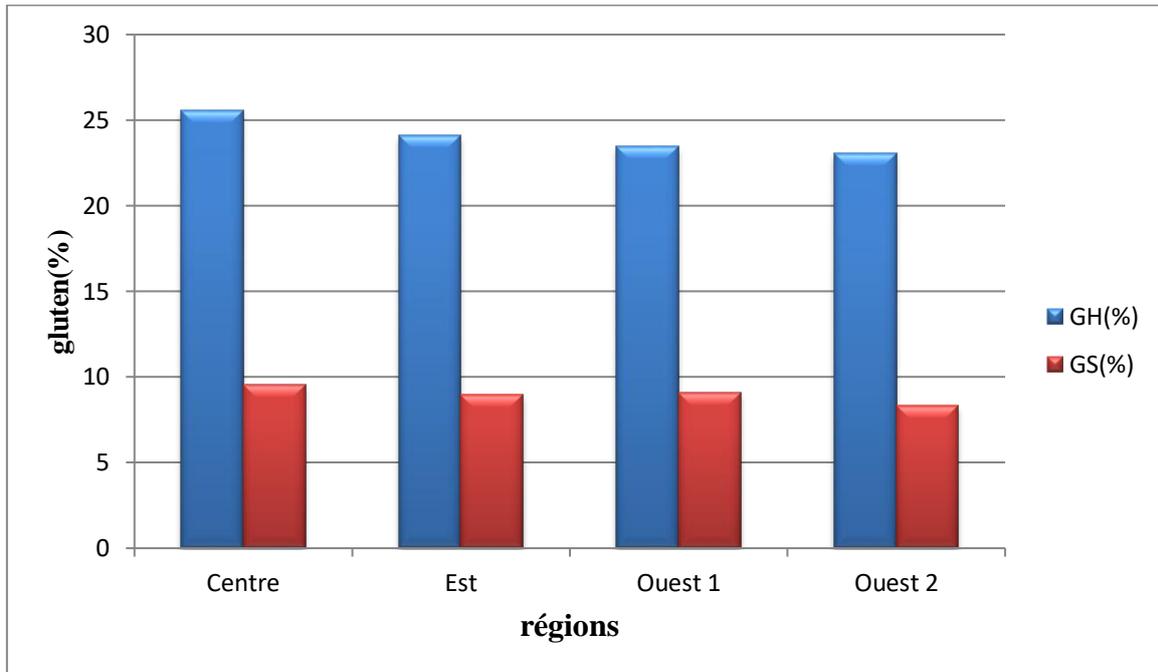


Figure 17 : histogramme de teneurs en gluten humide et sec des grains entiers broyés des régions étudiées.

L’analyse de la variance a montré des différences non significative ($p_{(GH)}=0,69034$)

Tableau 35 : ECART-TYPES DES RESIDUS (GH)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
2,554	3,877	6,371	6,035

Tableau 36 : Analyse de variance (gluten humide GH)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	923,847	39	23,688				
VAR.FACTEUR 1	36,744	3	12,248	0,497	0,69034		
VAR.RESIDUELLE 1	887,103	36	24,642			4,964	20,65%

Tableau 37 : Moyennes de GH

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
25,56	24,12	23,442	23,04

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p_{GS} = 0,63922$) entre les régions étudiés

Tableau 38 : ECART-TYPES DES RESIDUS (GS)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
1,545	1,909	2,862	1,929

Tableau 39 : Analyse de variance (gluten sec GS)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	169,245	39	4,34				
VAR.FACTEUR 1	7,733	3	2,578	0,575	0,63922		
VAR.RESIDUELLE 1	161,512	36	4,486			2,118	23,61%

Tableau 40 : Moyennes de GS

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
9,53	8,97	9,08	8,301

9.3.Capacité d'hydratation du Gluten

Le coefficient d'hydratation du gluten en relation avec la qualité de la farine ou de la semoule est généralement compris entre 62 et 65 %, mais il peut s'élever jusqu'à 69 %. Lorsque le taux d'extraction est élevé ou lorsque la farine est vieille, il diminue jusqu'à 60 % (**Lecoq, 1965**).

Selon **Godon (1991)**, le gluten est capable de fixer deux à trois fois son poids en eau grâce à sa composition.

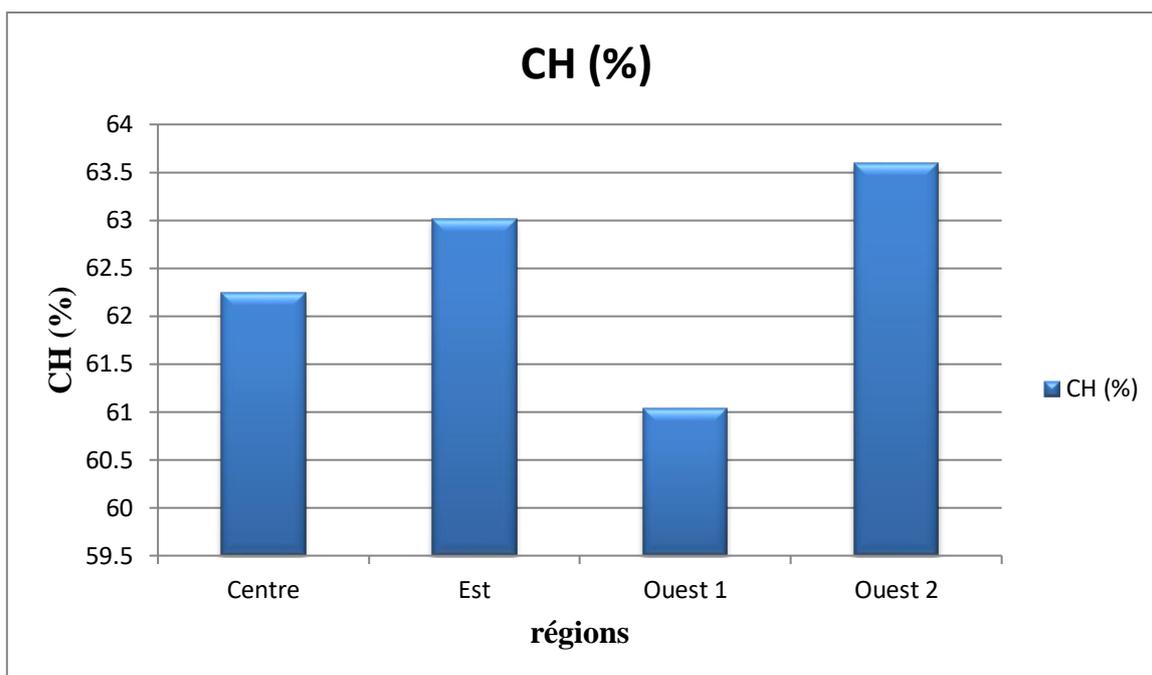


Figure 18 : histogramme de capacité d’hydratation du gluten chez les régions étudiées.

L’analyse de la variance a montré des différences non significative ($p= 0,44439$) entre les régions étudiés.

Les résultats montrent que la capacité d'hydratation du gluten des variétés étudiées varie entre 61,036 et 63,595 %.

Selon les normes des capacités d'hydratation mentionnées précédemment, les zones étudiées sont classées comme ayant un bon gluten.

Tableau 41 : ECART-TYPES DES RESIDUS (CH)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
3,815	2,996	5,104	1,935

Tableau 42 : d’analyse de variance (capacité d’hydratation CH)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	516,594	39	13,246				
VAR.FACTEUR 1	36,665	3	12,222	0,917	0,44439		
VAR.RESIDUELLE 1	479,929	36	13,331			3,651	5,84%

Tableau 43 : Moyennes (CH)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
62,247	63,013	61,036	63,595

10 . Teneur en cendre

La réglementation utilise le taux de cendre pour évaluer la pureté des produits de mouture.

La teneur est influencée non seulement par le taux d'extraction, mais également par la minéralisation des blés (Abecassis, 1996).

La figure ci-dessous représente les résultats de taux de cendres obtenus.

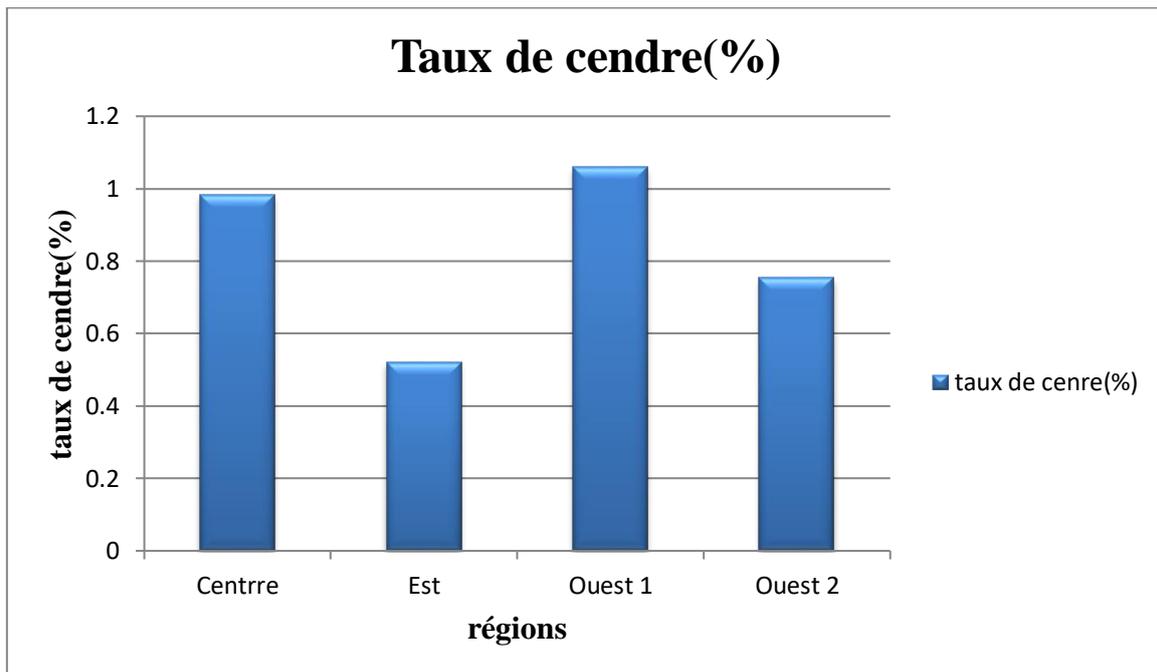


Figure 19 : Teneur en cendres des grains entiers broyés des variétés étudiées.

L'analyse de la variance a montré des différences non significative ($p= 0,11442$) entre les régions étudiés.

Le taux de cendres varie de 0,52 à 1,06%.

Selon la norme Codex Stan 178-1991, la teneur en cendre maximale de la farine de blé dur est de 1,75%, et selon RIVAL (2000), la teneur en cendres de la farine panifiable (boulangère) est de 0,50 à 0,70%. Nos résultats sont conformes à la norme.

Les facteurs génétiques, tels que la dureté, la taille et la teneur en enveloppes de grains, et les facteurs pédologiques, tels que la nature du sol et la disponibilité des minéraux dans le sol, jouent un rôle dans les variations du taux de cendre.

Tableau 44 : ECART-TYPES DES RESIDUS (C)

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
0,693	0,404	0,546	0,406

Tableau 45 : Analyse de variance (teneur en cendre)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	11,71	39	0,3				
VAR.FACTEUR 1	1,753	3	0,584	2,112	0,11442		
VAR.RESIDUELLE 1	9,958	36	0,277			0,526	63,01%

Tableau 46 : Moyennes de teneur en cendre

1 (centre)	2 (est)	3 (ouest1)	4 (ouest2)
0,983	0,52	1,06	0,775

Conclusion

Les caractères de qualité sont actuellement très recherchés et sont devenus l'un des principaux objectifs de l'amélioration du blé. La production de semoule et de ses dérivés nécessite des analyses physico-chimiques et technologiques spécifiques pour contrôler la qualité du blé dur utilisé.

Afin d'atteindre notre objectif principal fixé dans le cadre de ce travail, nous avons procédé à des analyses physico-chimiques et technologiques de quarante (40) échantillons de blé dur cultivé dans les régions du centre, de l'est et de l'ouest de l'Algérie (poids de mille (1000) grains, poids spécifique, teneur en eau, taux de mitadinage, taux de moucheture, taux d'échaudage, teneur en cendre, teneur en gluten, capacité d'hydratation du gluten, test de sédimentation milieu SDS).

Les résultats obtenus pour la plupart des paramètres analysés ne montrent aucune différence significative pour différentes régions.

Les points suivants regroupent les résultats qui peuvent être tirés des diverses analyses effectuées :

- ✓ Le blé utilisé est de bonne qualité
- ✓ Les masses des grains étudiés indiquent qu'ils étaient gros.
- ✓ selon les valeurs de mitadinage obtenue, le blé très faiblement mitadiné
- ✓ Tous les échantillons ont de faibles taux de moucheture, ce qui permet de les classer dans la catégorie de haute qualité.
- ✓ Les analyses technologiques montrent que la qualité du blé est bonne, sauf pour le gluten qui a une teneur inférieure à la norme.

Perspectives :

- mettre en place une méthode d'échantillonnage aléatoire, chaque unité d'échantillonnage de la population a une chance égale d'être incluse dans l'échantillon. par conséquent, chaque échantillon possible a aussi une chance égale d'être sélectionné.
- faire au moins 3 répétitions (essai) dans chaque analyse pour faire une analyse statistique.

Références bibliographiques

• A

- **ABECASSIS J. et FEILLET P., (1985):** Pureté des semoules du blé dur, taux de cendres et réglementations. Ind. des céréales. n °36.
- **ABECASSIS J., (1987):** La mouture d'essai du blé dur: Recherche et applications industrielles. Mémoire D'ingénieur .Ed Ecole National Supérieur de Meunerie et des Industries Céréalières ; 146p.
- **ABECASSIS J., (1991).** La mouture du blé dur. In, les industries de première transformation des céréales. (In GODON B et WILLM C). Ed. Tec et Doc- Apria: 362-393.
- **ABECASSIS J., (1993):** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Industries des céréales (81), pp. 25-37.
- **ABECASSIS J., (1996):** Comprendre la qualité: la valeur semoulière, comment s'explique-t-elle ? Coll. perspectives blé dur INRA. Montpellier France, 37 -56.
- **ABECASSIS J., AUTRAN J.C. et FEILLET P., (1997) :** Le blé dur. INRA unité de technologies des céréales, ITCF.
- **ABELED0 L.G., SAVIN R., GUSTAVO A. & SLAFER. (2008).** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. Europ. J. Agronomy. 28. 541-550p.
- **ADRIAN, (1987) :** La composition du blé et ses apports et les aliments céréaliers dans l'équilibre alimentaire. Ed fondation RONAC, Paris.
- **AFNOR., (1991) :**178, Norme Codex pour la semoule et la farine de blé dur.
- **AFRIQUE VERTE., (2004).** Module de formation sur les techniques de stockage et de conservation des céréales. première édition, Ougadoudou, Burkina Faso.44p
- **AHMAD, L. (2016).** Stockage des céréales: L'Algérie doit développer ses capacités de stockage.
- **ANONYME, (2007).** La gestion des principales maladies foliaires des blés. Syngenta. Notice technique 5, 4p.
- **APG III. (2009).**An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG III. Botanical Journal of the Linnean Society, 161: 105 121.
- **ARVALIS., (2017).** Les mosaïques du blé dur. p7

Références bibliographiques

- **AVELIN C. (2020).** Marché du blé dur : France-Union européenne-Monde (2019-2020). Edition France AgriMer. NISSN 1779-353X.
- **AVELIN C. (2021).** Marché du blé dur : France-Union européenne-Monde (2020-2021). Edition France AgriMer. NISSN 1779-353X.
- **AZIEZ, M., HAMMADOUCHE, O., MALLEM, S., TACHERIFET, S. 2003.** Le guide pratique del'agréeur céréales et légumineuses alimentaires. Direction du laboratoire national de

• B

- **Bartali, E. H., Afie, S., Persoons, E. (1989).** Stockage des céréales dans des entrepôts souterrains. Cereals en régions chaudes. Aupele-UREF. Eds John Libbey Eurotext. Paris : 27- 38.
- **BEBBA S. (2011).** Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* L. var. Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région d'Ouargla. Diplôme d'Ingénieur d'état en Agronomie Saharienne. Univ. Kasdi Merbah, Ouargla. 5p.
- **BELAID D. (1996).** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.
- **BEROT S. et GODON B. (1991) :** le craquage des grains ; in: « Biotransformation des produits céréaliers ». Ed. Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris, 23-78
- **BONJEAU A et PICARD E., (1991) :** Les céréales a paille. Origine-histoire-économie- sélection. Ligugé ; Poitiers : Aubin imprimer. 36p.
- **BOUDREAU A. et MENARD G., (1992):** Le blé: éléments fondamentaux et transformation Ed .Les presses de l'université de LAVAL. Québec, p29, 32, 34, 101, 102, 131, 173, 197.
- **BOUDREAU A. et MENARD G., (1992):** Le blé: éléments fondamentaux et transformation .Ed .Les presses de l'université de LAVAL. Québec, p29, 32, 34, 101, 102, 131, 173, 197.
- **BOUGHAZZI M., (1990)** Contribution & la détermination de l'incidence de P'incorporation de la SSSF dans les farines panifiables. Memoire d'ingenieur (Blida)
- **BOUJNAH, M., ABECASSIS, J., BAKHELA, 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.

Références bibliographiques

- **BOUKHAMIA AS., (2003)** : Aptitude technologique de quelques variétés locales : Interaction amidon-protéines., Thèse Magister LN.A.
- **BOUNCEUR, A., MAMMASSE M. D. L. (2002).** Gestion optimale des silos au niveau des entreprises céréalières. p 15.
- **BOUZERZOUR H., MAHNANE S., MAKHLOUF M. (2006).** Une association pour une agriculture de conservation sur les hautes plaines orientales semi-arides d'Algérie. Options méditerranéennes. Série a. n) 69, pp: 107-111
- **BOYACIOGLU M. et DAPPOLONIA B. L., (1994):** characterization and utilization properties between bread wheat flour and durum wheat flour. Cereal chemistry.
- **BOYER J. S., (1982).** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218, pp: 443 - 448.
- **BULEON A. et COLONNA P. et LELOUP V., (1990)** : Les amidons et leurs dérivés dans les industries des céréales. Industries des céréales agro-alimentaires, 6, pp. 515-532

• C

- **CALVEL R., (1984):** La boulangerie moderne .1^{er} Ed : Eyrolles.11, 459.
- **CELINE & NORMANDIN. (2023, 25 MAI).** Des ventes records de céréales en Chine en 2020 - Le Bulletin des agriculteurs. Le Bulletin des agriculteurs. céréales, 2^o. Ed. tec et Doc. Lavoisier. 810P
- **CHAWLA K., (1984).** Management of Cereal Grain in Storage. AGRI - FACTS. Practical Information for Alberta's Agriculture Industry. Agdex 736-13, pp. 1-5.
- **CHENIKI, Z., YAHIA, K. (1994).** Biologie de *Tribolium confusum* (Coleoptera :Tenebrionidae) et *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) sur blé. Effet de l'infestation de ces deux espèces sur la qualité technologique des blés attaqués.Th. Ing.Agron. Institut. Alg. El Harrach.112 p.
- **CLARKE J.M., MCCAIG T.N, DEPAUW R.M., KNOX R.E., AMES N.P, CLARKE F.R., FERNANDEZ M.R., MARCHYLO B.A et DEXTER J.E ., (2005).** « Commander DurumWheat », Can J. Plant Sci, /Revue canadienne de phytotechnie, 85 901-904.)
- **CLEMENT, L. (2018).** Modélisation thermomécanique de la paroi des greniers de stockage de céréales en banco. Science des matériaux [cond-mat.mtrl-sci]. Université de Lorraine; Université d'AbomeyCalavi (Bénin). p139.

Références bibliographiques

- **CODEX ALIMENTARIUS, (2019).** Norme pour la semoule et la farine de blé dur. CXS 178-1991.
- **COLAS, (1997):** dosage des cendres et matières minérales in guide pratique d'analyse dans les industries des céréales, p305.
- **CREMER S., & KNODEN D. (2014).** Introduction à la reconnaissance des légumineuses, Fourrages-Mieux asbl, 6p.
- **CRUZ, J. F., TROUDE, F., GRIFFON, D., HEBER, J. P. (1988).** Conservation des grains en région chaudes « techniques rurale en Afrique ». 2ème ed, Ministère de la coopération et du développement, Paris France, 545 p.

• D

- **DELUCIA MET ASSENNATO D., (1992).** L'après-récolte des grains - organisation et techniques. Bulletin des services agricoles de la FAO 93.
- **DEXTER J E et MATSUO R., (1980):** Relationship between durum wheat proteins properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking of developing durum wheat Can. J. plant sci. V57, p. 7, 16
- **DOMANDJI A., DOUMANDJI S. et DOUMANDJI MITICHE B. (2000).** Cours de technologie des céréales, technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stock. Office des publications universitaires.
- **DOUMANDJI, A., DOUMANDJI-MITICHE, B ET SALAHEDDINE, D., (2003).** Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires: pp 1-22.
- **DRUVEFORS U. A., (2004).** Yeast Biocontrol of Grain Spoilage moulds Mode of Action of Pichia anomala. Doctoral thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, Department of microbiology. Agraria 466. p. 44.
- **DSASI Direction de la Statistique Agricole et des Systèmes d'Information. (2019).** Statistique de La production céréalière.

• F

- **FAO Food and Agriculture Organization (2021).** Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales.
- **FAO.** Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2018., 2019., 2020.<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Références bibliographiques

- **FARRAND EA., (1972):** Controlled levels of starch damage in commercial United Kingdom bread flour and effects on absorption; sedimentation value and loaf quality Cereal. Chem. 49:472-488
- **FEILLET P., (2000):** Le grain de blé : Composition et utilisation. Ed. INRA ,Paris 23-34,57,58,72,94,114,115,123,135 ,,187,199,229,253,261
- **FELDMAN M., (2001).** Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. The world Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre. P : 3-56.
- **FLEURAT-LESSARD, F. (1982).** «Les insectes et les acariens». In Multon J L., Conservation et stockage des grains et produits dérivés. Vol. I, Paris, Lavoisier, 394-436.
- **FOUA-BI, K. (1989).** Céréales des Régions Chaudes Conservation et Transformation, Parmentier M, Fouad-bi K (eds).AUPELF-UREF. Ads John Libbey Eurotext: Paris; 97-104.
- **FRANCONIE. H, CHASTANET. M et SIGAUT. F., (2010) :** Couscous, boulgour et polenta. Transformer et consommer les céréales dans le monde. Ed : Karthala, Paris.
- **FREDOT E, (2005).** Connaissance des aliments. 1ère édition. Lavoisier. Paris, 397p.
 - G
- **Giban M., Minier B. & Malvosi R. (2003).** Stades du blé, éd. ITCF, Paris, 68p.
- **GODON B et LOISEL., (1997) :** Guide pratique d'analyse dans les industries des
- **GODON B. et WILLM C. (1998).** Les industries de première transformation des céréales. 2ème éd. Paris
- **GODON B., (1991):** Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
- **GODON B., (1997):** Méthode de séparation des protéines. In « Guide pratique
- **GODON E et WILM C., (1991) :** Les industries de premières transformations des céréales. Ed. TEC et DOC.LAVOISIER .Paris, ISBN : 2-7430-0123-2, p122-154.
- **GOUASMI ET BADAoui, (2017);** Etude biochimique de l'influence du séchage sur la valeur nutritionnelle de deux variétés de blé dur Algériennes (Bousseleme et Siméto).
- **GRANDVOINET P et PRATY., (1994) :** Les ingrédients des pâtes, farines, et mixes. In : panifications françaises .Ed : TEC et DOC .Lavoisier .paris.

Références bibliographiques

• H

- **HAKIM, B., ZAGHOUANE, O., EL-MOURID, M., REZGUI.** (2007). Guide pratique de la conduite de céréales (Blé et orge) dans le maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie), pp. 171-176.
- **HAZMOUNE T., BENLARBI M.,**(2001). Impact du semis profond sur l'alimentation en eau du blé dur (*Triticum Durum Desf*) et la réalisation des composantes de rendement en zone semi-aride. In : actes du séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion.
- **HENRY Y. J & BUYSER.** (2000). L'origine du blé. Pour la Science 26 :60-62.
- **HOLLINGTON, C.J. HOWARTH, S. READER, KA. STEEL.** (2009). Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B., 363: 703-716.
- **HOLM. Y F.,** (1985): protein and lipid component of durum wheat and their effects of baking Quality. L. S. Thèses. North Dakota State University: Fargo. ND.
- **HOSNEY R.C.,** (1986): Minor constituent of Cereal. In HOSNEY R.C (Ed): Principles of Cereal science and technology St Paul, Minnesola, AACC 98-110.
- **HUANG, J., ROZELLE, S., PRAY, C. & WANG, Q.,** 2002. Plant Biotechnology in China.Sci., 25, pp: 676.

• I

- **ITCF.,** (2001) : Autre méthodes d'analyses de la Qualité. In : contrdle de la qualité des céréales et des protéagineux. Ed : Tec et Doo, Lavoisier, Paris
- **ITGC** (1998) : Catalogue variétal de l'institut technique des grandes cultures, blé dur,
- **JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUK P et BRULE G.,** (2007) : Du blé au pain et aux pates alimentaires. In « science des aliments biochimie, Microbiologie, Procédés, produits » Vol 2: Technologie Des Produits Alimentaires. Edition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 137-180.
- **JEAN-YVES MOREAU.,2019.,** La conservation du grain à la ferme : Quelques règles simples et du savoir-faire. Pôle stockage et conservation des grains ARVALIS – Institut du végétal
- **JORA,** (2007): Journal Officiel de la République Algérienne, 2007.v

• K

- **KIAYA V.,** 2014. Post-harvest losses and strategies to reduce them. Technical paper on PostHarvest Losses. ACF.

Références bibliographiques

- **KITISSU P., (1995):** Un nouveau paramètre paléographique (indice d'élasticité) Industries des céréales, 92, pp. 9-16
- **KRIBAA M., 2003.** Effet de la jachère sur les sols en céréaliculture pluviale dans les zones semi-arides méditerranéennes. Cas des hautes plaines sétifiennes en Algérie. Impact des différentes techniques de travail de la jachère sur les caractéristiques structurales et hydrodynamiques du sol. Thèse de doctorat. INA El-Harrach Alger P 121.

• L

- **LABIDI A. (2016).** La culture du blé dur: Besoins et contrainte, AgriMaroc,
- **LAIGNELET B., KOBERHEL K et FEILLET P., (1972):** Les problèmes de la coloration des pâtes alimentaires. In. AGR. Alim. 4 :418 -425.
- **Langdon.** Plant breeding. 114:pp. 34-39.
- **LEMPEREUR L, CHAURAND M., ABECASSIS J., et AUTRAN J.C, (1997):** Valeur semoulière des blés durs: Influence de la taille des grains. Industries des céréales, p. 13-20.
- **LERIN, F. 1986.** Céréales et produits céréaliers en méditerranéen. Ed. Mont pellier ; pp 81 ; 93.
- **LEVY, AA. & FELDMAN, M., 2002.** The Impact of Polyploidy on Grass Genome Evolution. Plant physiol, 130: 1587-1593.
- **LINDAHL L et ELISSON A C., (1992):** A comparison of some rheological properties of durum and wheat flour dough .Cereal Chemistry 69: 30-34
- **LIU CY., SHEPHERD K W., RATHJEN AJ., GRAS PW et GILES LC., (1996):** Grain quality and yield characteristics of D-Genum disomic substitutions lines in

• M

- **M.LABDI, M.E.H. MAATOUGI, A. GAOUAR, K. BENABDELLI, D. SEKKAL EDS.** 22-24 janvier 2001, Sidi Bel Abbes, Algérie. ITGC, CRSTRA, ITAF, USBA, INRA, INA ed
- **MADHAVA RAO ET AL., 2006).** Physiology and molecular biology of stress tolerance in Plants, Springer, The Netherlands, pp. 157-186.
- **MADR., 2018.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
- **MAKRITICHE F., (1984):**Bakingquality of wheatflours Adv. food RES.29; p201-207.
- **Maladies du blé :** fusariose, rouille, septoriose,etc. (s. d.).

Références bibliographiques

- **MANSER. J., (1980):** High-temperature drying of pasta products. Buhler Diagram, 69. 11-12.
- **MAUZE C., RICHARD M. et SCATTI G. (1972).** Contrôle de la qualité des blés. Guide pratique de l'industrie technique des céréales et des fourrages. Paris. P : 170-
- **MEKHLOUF A. BOUZERZOUR H. & DEHBI F. (2001).** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In : Proceedings séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides. Oum El Bouaghi, 23 : 75-80.
- **MESSABIHI M., (2008):** Ionisation d'un blé dur: Incidences biochimiques et physiologiques, Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie, Technologie alimentaire et nutrition humaine, p70
- **MIRAD Z., (1985):** Incidences de l'incorporation de deux &chantillons de 3SF à la farine panifiable. C.E.R.A.L. pp. 11-19
- **MORSLI L. (2010).** Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. diplôme de Doctorat. Univ Badji Mokhtar. annaba. 3-18p.
- **MULTON J. L., 1982.** Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés- Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Technique & Documentation Lavoisier Paris Apria. Volume 1, p. 576
 - N
- **NTSAM S., 1989.** Pourquoi stocker ? Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Edition John Libbey Eurotext, Paris, 3-8 p.
 - O
- **OMINSKI K. H., MARQUARDT R. R., SINHA R. N., ABRAMSON D., 1994.** Ecological aspects of growth and mycotoxin production by storage fungi. Chapter 6. In Miller, J.D., Trenholm, H.L. (Eds), Mycotoxins in Grain. Eagan Press, St. Paul, MN .pp. 287-312.
- **ONDO EO. (2014).** caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain, thèse de doctorat, université de Bourgogne Witcombe JR., PA.
- **OSBORNE D., (1907):** Proteins of the wheat kernel. Publ 84, Carnegie inst. Washington. 1-19

| Références bibliographiques

- **OUKEMOUM D., (2001) :** Caractérisation et utilisation de blé dur. Comparaison des propriétés rhéologiques et boulangères entre la FDB et FBT. Mémoire Ingénieur-UMMTO.
- P
- **PERSINI D E., EDWARDS N M., DEXLERJ E., MULVAREYJ S., SENSIDONI A et POLLINIC M., (1999):** Rheology behavior of durum wheat dough and their relation to backing and pasta quality, southern European conference in theology, University of Colombia, Italy.
 - **POMERANZ Y., (1983):** Molecular approach to bread making an update and new perspectives. The bakers digest. 72-86. pp. 12-20.
 - **Prescott JM., Saari EE., Dubin HJ., Stubbs RW., J., 1986.**CerealDiseaseMethodologyManual. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT), 46p.
- Q
- **QUAGLIA GB., (1988):** Other durum wheat products. La (durum chemistry and technology. fabricant G. and C., Lintas; Editors ACC. St Paul. Minnesota.
- R
- **REED C., 1992.** Development of storage techniques: A historical perspective. In Storage of Cereal Grains and Their Products. Chapter 4. Edited by D. B. Sauer. St Paul. pp. 143-156.
- S
- **S.I.F.P.A.F, (2012).** Syndicat des Industriels Fabricants de Pâtes Alimentaire de France.Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP dans l'industrie de la semoulerie de blé dur.(5912). 34-35 p.
 - **SALMI M. (2015).** Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (TriticumdurumDesf.) sous conditions semi-arides. L.Thèse de magistère. Univ. ferhatabbas-setifufas (Algérie).
 - **SAMSON M.F. et DESCLAUD D., (2006):** Amélioration de la valeur technologique et commerciale de blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadins, P.2-4

| Références bibliographiques

- **SASAKI T, YASUIT, MARTUKI J., (2000):** Effect of amylose content on gelatinization, rétrogradation, and pasting proprieties of starches from waxy and waxy their F1 seeds. Cereal. Chen77 (1).
- **SCOTTI G. ET MONT J.-M., (1997) :** analyse physique des grains des blés tendre et blé dur; in : guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Ed.Tec & Doc LAVOISIER. Paris, pp.79-110.
- **SLAMA, A., BEN SELAM, M., BEN NACEUR, M., ZidED. (2005).** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62
- **SOLTNER D. (2000) .**Phytotechnie générale : les bases de la production végétales. Tome 1 : le sol et son amélioration. Sciences et techniques agricoles, 22ième édition, 467 p.
- **SOLTNER D. (2005).** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. SainteGermme-sur-loire, Science et Techniques Agricoles.
 - T
- **TEOPFEREW. POLANSKY MM., EHEART J F et SALONER F W., (1972):** Nutrient composition of selected wheat product XI Summary. Cereal Chemistry, 49, pp. 173,
 - V
- **VENSEL W.H. TANAKA C.K., WONG J.H., BUCHANAN B.B., HURKMAN W.J., (2005):** Developmental changes in the metabolic protein profiles of wheat endosperm proteomics 5, p 1594-1611.
 - W
- **Wardlawetal., 1989).** The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. Aust jour Agric Res 40 : 15-24.
- **WILLIAMS S., (1998):** Commission canadienne des grains: Mise ou point de variétés et contrdle de la qualité du blé au Canada. Canada. Pp.1-12.
- **WILLMC., (1995) :** Comportement en mouture des varietes de ble tendre. Influence de la durete et l'apport de l'azote. Industries des cereales. 18-29.
- **WILMC et FOURRE., (1998) :** La gestion des cendres en meunerie. Industries des céréales. 15-20,

| Références bibliographiques

- Z

- **ZAHOUR., (1992).** Eléments d'amélioration génétique des plantes. Ed. Actes. P : 223
- **ZEGRARY. (2014).** Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de sept génotypes de deux variétés de blé dur cultivé en Algérie [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université Constantine 1, 2014, p 67.
- **ZHU J.et KHAN K., (2001):** Effects of genotype and environment on glutenin polymers and bread making quality.Cereal Chem78: 125-130.
- **ZILLINSKY F.J., (1983).**Maladies communes des céréales à paille : Guide d'identification ; Centro internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo ; 156 p.

| Références bibliographiques

Site wep

<http://madrp.gov.dz/agriculture/statistiques-agricoles/>

[http://www.lemaghrebdz.com/?page=detail_actualite&rubrique=Agriculture&id=79331.](http://www.lemaghrebdz.com/?page=detail_actualite&rubrique=Agriculture&id=79331)

<https://www.agrimaroc.ma/la-culture-du-ble-dur-besoins-et-contraintes/>

https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/ble/maladies_du_ble/

[https://www.algerie-eco.com/.](https://www.algerie-eco.com/)

<https://www.lebulletin.com/cultures/ventes-record-de-cereales-en-chine-en-2020-110865>

Annexe 01 : tableau descriptives des échantillons analysés.

	Wilaya	Commune	Grains cassés (%)	Grains echaudés (%)	Grains mitadinés (%)	Grains mouchtés (%)	Autres céréales (%)	Teneur en eau (%)	P.S (kg/hl)	PMG (g)	SDS (ml)	GH (%)	GS (%)	CH (%)	Taux des cendres (%)
Centre	Bouira	Bouira	1,6935	14,1932	1,3343	0,1012	0,1114	8,4	78,1	42,55	24	20	7,4	63	0,2183
Centre	Bouira	el hachimia(bouira)	3,6738	17,3945	0,3109	0	0,1575	7,8	75,5	32,78	24	27,5	11,8	57,05	0,8676
Centre	Bouira	djebahia(bouira)	1,2972	2,1915	1,6733	1,2002	0,5407	9,5	81,6	47,84	20	27,2	10,1	57,09	1,9889
Centre	Bouira	el asnam(bouira)	7,3248	25,3946	0,2493	0,04843	0,1955	12,6	74,18	37,45	21	27,5	10,5	61,81	0,7551
Centre	Bouira	ain lahdjar(bouira)	0,7576	7,454	0,337	0,0842	0,2133	8,3	71,44	39,06	20	27	9,5	64,81	0,1744
Centre	Bouira	oued el bardi(bouira)	0,1569	0,504	1,6169	0,1197	0,8703	11,3	77,6	52,35	19	26,5	8,7	67,16	1,9165
Centre	Tizi ousou	draa el mizan	0,0368	0,6373	0,488	2,0264	0,0786	11,9	80,3	47,39	21	28	12	57,14	1,3393
Centre	Blida	Blida	0,8841	4,5195	0,7944	0,8991	0,5757	10,9	79,3	49,26	18	23,6	8,4	64,4	1,4336
Centre	M'sila	M'sila	1,6449	4,778	4,2624	0,2651	2,8033	10,2	81,9	45,04	19	24,8	8,7	64,91	1,0467
Centre	médéa	souagui	1,7169	5,8187	2,7951	0,1279	0,729	10,5	81,9	54,05	24	23,5	8,2	65,1	0,0881
Est	guelma	guelma	0,1	0,2758	4,4512	0,4263	0,0595	9,6	81,78	59,52	20,5	23,1	8	65,36	0,3318
Est	guelma	ain makhlouf	0,1963	32,7627	1,274	0,3076	0	9,9	71,27	49,26	20	22,3	7,9	64,57	1,0876
Est	guelma	ain larbi	1,3746	59,048	2,0737	0,098	0,0901	7,3	70,68	64,93	24	14,9	5,5	63,08	0,151
Est	skikda	el harrouch	1,6933	3,2528	0,32045	0,0445	0,316	11,6	81,7	49,01	20	26,3	9,4	64,25	1,1312
Est	skikda	tamalous	1,5437	3,6347	0,30195	0,0566	0,3789	11,3	70,04	46,08	15	25,1	9,2	63,74	0,4058
Est	skikda	salah bouchaour	1,4928	3,2426	0,4666	0,0532	0,0987	11,5	79,07	51,02	19	24,6	8,5	65,44	0,0988
Est	tafef	bouhadjar	0,3741	3,2863	0,9458	2,357	0,30	11,2	78,6	55,86	19	28,7	12	58,18	0,9
Est	tafef	hammam beni salah	0,1397	3,2007	0,41525	0,101	0,3619	11,8	84,13	48,3	24	22,5	8,3	63,11	0,29
Est	setif	setif	0,1394	56,4084	0,9235	0,0749	0	9,3	70,9	43,1	24	26	9	65,38	0,7056
Est	constantine	constantine	2,9174	25,8922	5,1917	0,5236	0,4378	9,1	80,16	42,25	18	27,7	11,9	57,02	0,1
Ouest	tlemcen	tlemcen	0,4028	2,0528	12,0357	0,0649	0,0474	11,2	83,46	51,02	24	28	9,5	66,07	1,0585

Ouest	tlemcen	sobra	0,0284	0,6951	0,6711	1,7971	0,9535	10,4	74,83	44,64	20	27,7	9,3	66,42	1,116
Ouest	mostaganem	oued el khir	1,2497	1,3422	0,97825	1,7135	0	10,8	78,58	54,94	24	23	8,6	62,6	1,3452
Ouest	oran	oran	0,1726	0,6941	15,05485	0,2727	0,048	11,3	82,6	64,73	19	27,82	12,9	53,63	0,9019
Ouest	tiaret	ksar ain chellala	0,9173	24,8922	4,8711	0,4221	0,3087	8,9	75,17	46,08	25	12	5	58,33	0,175
Ouest	ain témouchent	ain témouchent	0,1218	0,642	1,48065	3,4437	0,4653	12,4	85,3	55,55	20	27,6	9,4	65,94	1,02
Ouest	saida	saida	0,02	0,6148	0,0342	0	0	11	83,6	59,52	18,5	16	6,3	60,62	0,6292
Ouest	saida	ouled brahim	0,1047	2,1622	3,5954	0,3034	0,2563	10,4	80,18	55,55	18	15,9	6	62,26	1,98
Ouest	saida	hessasna	0	0,0996	1,3735	1,1115	0,2486	10,7	83,7	54,64	24	29	14	51,72	1,7917
Ouest	saida	ain lahdjar	0,198	0,5012	3,643	0,3415	0	11,2	86,21	64,93	19	27,4	9,8	62,77	0,5855
Ouest	tissemsilet	tissemsilt	2,1782	33,9103	7,5054	0	0,2184	8,6	75,6	46,72	22	29,7	10,4	64,98	1,094
Ouest	tissemsilet	lazhraria	0,1738	27,8658	1,4194	0	0,3446	10,3	70,71	41,55	20	24,9	9	63,85	0,8249
Ouest	chlef	tnes	0,4531	2,62	1,51235	0,8461	0,6222	9,3	80,2	45,66	22	27,7	10,01	63,53	1,32
Ouest	chlef	ouled fares	0,131	0,4603	6,003	0,5414	0,0987	8	81,4	58,82	20	15,7	5,6	64,33	0,65
Ouest	chlef	chettia	1,6403	5,8381	0,92145	0,5658	0,0515	10,8	75,7	47,39	24	27,4	9,3	66,05	0,94
Ouest	chlef	beni haoua	0,1699	0,8451	0,5325	0,2898	0,8558	10,3	82,7	39,52	26	22	8,1	63,18	0,57
Ouest	relizane	mendes	1,6345	3,5176	5,0916	0,3551	0,6739	11,3	76,72	49,5	18,5	23,5	8,3	64,68	1,28
Ouest	relizane	oued el djemaa	0,8507	2,4812	19,46715	0,2801	1,1475	12,4	77,01	59,52	18	14	5,7	59,28	0,2054
Ouest	relizane	jdiouia	0,0532	0,5033	8,1876	0,0934	0,5847	10,7	83,12	55,24	24	15,6	6	61,53	0,13
Ouest	relizane	ami moussa	0,1666	0,8234	0,3148	2,0554	0,2947	11,6	80,8	52,08	14	29,9	10,6	64,54	0,74

Annexe 2 :

Matériel non biologique utilisé en expérimentation

Humidimètre Balance Spatule Éprouvette graduée Bécher Bain marie Etuve Dessiccateur NILEMA_LITRE Tamiseur Balance de précision Pincette Coupelles Four à moufle	Ethanol L'eau distillée Acide acétique Sodium Dodecyl sulfate
--	--

Annexe 3



Humidimètre



NILEMA_LITRE



Balance



Balance de précision



Tamiseur

Annexe 03 : Tableau de conversion du poids à l'hectolitre (PHL).

Angabe des Probers zu 1/4 Liter							
g	kg/hl	g	kg/hl	g	kg/hl	g	kg/hl
		170,0	68,45	190,0	76,45	210,0	84,50
		170,5	68,65	190,5	76,65	210,5	84,70
		171,0	68,85	191,0	76,85	211,0	84,90
		171,5	69,05	191,5	77,05	211,5	85,10
		172,0	69,25	192,0	77,25	212,0	85,30
		172,5	69,45	192,5	77,45	212,5	85,50
152,5	61,40	173,0	69,65	193,0	77,65	213,0	85,70
153,0	61,60	173,5	69,85	193,5	77,85	213,5	85,90
153,5	61,80	174,0	70,05	194,0	78,05	214,0	86,10
154,0	62,00	174,5	70,25	194,5	78,25	214,5	86,30
154,5	62,20	175,0	70,45	195,0	78,50	215,0	86,50
155,0	62,40	175,5	70,65	195,5	78,70	215,5	86,70
155,5	62,60	176,0	70,85	196,0	78,90	216,0	86,90
156,0	62,80	176,5	71,05	196,5	79,10	216,5	87,10
156,5	63,00	177,0	71,25	197,0	79,30	217,0	87,30
157,0	63,20	177,5	71,45	197,5	79,50	217,5	87,50
157,5	63,40	178,0	71,65	198,0	79,70	218,0	87,70
158,0	63,60	178,5	71,85	198,5	79,90	218,5	87,90
158,5	63,80	179,0	72,05	199,0	80,10	219,0	88,10
159,0	64,00	179,5	72,25	199,5	80,30		
159,5	64,20	180,0	72,45	200,0	80,50		
160,0	64,40	180,5	72,65	200,5	80,70		
160,5	64,60	181,0	72,85	201,0	80,90		
161,0	64,80	181,5	73,05	201,5	81,10		
161,5	65,00	182,0	73,25	202,0	81,30		
162,0	65,20	182,5	73,45	202,5	81,50		
162,5	65,40	183,0	73,65	203,0	81,70		
163,0	65,60	183,5	73,85	203,5	81,90		
163,5	65,80	184,0	74,05	204,0	82,10		
164,0	66,00	184,5	74,25	204,5	82,30		
164,5	66,20	185,0	74,45	205,0	82,50		
165,0	66,40	185,5	74,65	205,5	82,70		
165,5	66,60	186,0	74,85	206,0	82,90		
166,0	66,85	186,5	75,05	206,5	83,10		
166,5	67,05	187,0	75,25	207,0	83,30		
167,0	67,25	187,5	75,45	207,5	83,50		
167,5	67,45	188,0	75,65	208,0	83,70		
168,0	67,65	188,5	75,85	208,5	83,90		
168,5	67,85	189,0	76,05	209,0	84,10		
169,0	68,05	189,5	76,25	209,5	84,30		
169,5	68,25						

Annexe 04

FICHE TECHNIQUE DE LA CCLS DE BOUIRA

Dénomination	Coopérative des Céréales et Légumes Secs (CCLS) de la wilaya de Bouira
Capital Social	135 636, 59
Chiffre d'affaire (2013)	812 767 959,09
Date de création	1936
Numéro d'Agrément	104.09
Adresse « Siège social »	sompak, Rue Tali Maamar, Bouira
Numéros de téléphone et fax	Tél : 026 94 12 56 / 026 94 24 20 Fax : 026 94 21 23 /026 94 10 60
Adresse E-mail	cclsbouira10@gmail.com
Zone d'action	Wilaya de Bouira
Activités de l'organisme	Stockage, transfert-ventes aux utilisateurs- conditionnement des semences, vente des légumes secs, ventes des semences et autres intrants agricoles- prestation de service motoculture)
Clients domiciliés	Agriculteurs 15000 Multiplicateurs : 87 Semoulerie : 03 Minoterie : 04 + 01 (ERIAD) Eleveurs : 500
Projets en cours de réalisation	Station de Semences
Nombre de Station de Semences	02
Nombre de points de collecte	11

❖ Effectif de l'organisme par catégorie socioprofessionnelle (au 30 juin 2014)

ELEMENTS	CADRE	MAITRISE	EXECUTION	TOTAL
Permanents	18	33	55	106
Contractuels	3	15	25	43
Saisonniers	-	-	69	69
Contrat d'insertion des diplômés	-	22	2	24
TOTAL	21	70	151	242

Commune	Lieu	Capacité Stockage (Quintal)	Type d'infrastructure	Nature du produit stocké
Bouira	Station de semences	24 000	Dock Béton	Céréales
	Station de semences	40 000	Hangar	Céréales
	Station de semences	15 000	Hangar	Engrais
	Dock béton	20 000	Dock Béton	Céréales
	Métallique	45 000	Dock Métallique	Céréales
	Eriad Bouira	90 000	Dock Béton	Céréales
Ain Bessem	Station de semences	24 000	Dock Béton	Céréales
	Station de semences	15 000	Hangar	Engrais
	Dock N° 01	40 000	Dock Béton	Céréales
	Dock N° 01	75 000	Hangar	Céréales
	Dock N° 02	12 000	Dock Béton	Céréales
	Métallique	150 000	Dock Métallique	Céréales
	Eriad Ain Bessem	350 000	Dock Béton	Céréales
Sour EL Ghozlane	Dock béton	5 000	Dock Béton	Céréales
	Dock béton	5 000	Hangar	Céréales + L S
	Métallique	18 000	Dock Béton	Céréales
	Métallique	65 000	Hangar	Céréales

Résumé

Ces travaux visaient à évaluer et à comparer la qualité de la production locale de blé dur stocké pour les régions du centre, de l'est et de l'ouest de l'Algérie.

Pour atteindre l'objectif de ces travaux, des analyses physiques, chimiques et technologiques ont été effectués.

40 échantillons de blé solide ont été divisés en quatre groupes homogènes contenant les mêmes répétitions (région centre, Est, Ouest 1 et Ouest 2).

L'analyse statistique (ANOVA) a été utilisée pour faciliter la comparaison des résultats d'essais effectués sur des échantillons divisés en groupes.

Les résultats obtenus montrent que la majorité des éléments étudiés n'ont pas de caractéristiques très similaires en ce qui concerne les essais physicochimiques (moucheture, mitadinage, échaudage, teneur en eau, poids spécifique) et technologiques(test de sédimentation SDS, teneur en cendre ,test de gluten)

Dans ce qui est seulement apparu la différence dans les grains cassés et l'analyse de mille 1000 grains.

La plupart des tests révèlent que les échantillons réfléchis sont de bonne qualité pour se conformer aux normes, mais les valeurs de gluten observées ne sont pas bonnes et conformes aux normes.

Les mots clés : blé dur, test technologiques, test physique, test chimiques, qualité, stockage, normes.

Abstract

This work was done with the aim of assessing and comparing the quality of the local production of harsh wheat for the central, eastern and western Algerian regions.

To achieve the objective of this work, physical, chemical and technological tests were conducted.

40 samples of solid wheat were divided into four homogeneous groups containing the same replicates (Central, Eastern, Western 1 and Western 2).

Statistical analysis (l'ANOVA) was used to facilitate comparison of test results performed on samples divided into groups.

The results obtained show that the majority of the elements studied do not have very similar characteristics with regard to the physicochemical tests (speck, mitading, scalding, water content, spec weight, thousand grain weight) and technological tests(SDS sedimentation test, ash content, gluten test)

In what only appeared the difference in the broken grains and the analysis of thousand 1000 grains.

Most tests reveal that the thoughtful samples are of good quality to comply with the standards, however gluten values were observed to be not good and in accordance with the standards.

Keywords : harsh wheat, technological test, physical test, chemical test, quality, storage, standards.

ملخص

تم هذا العمل بهدف تقدير ومقارنة جودة الإنتاج المحلي للقمح القاسي المخزن لمناطق الوسط, الشرق

والغرب الجزائري لتحقيق هدف هذا العمل تم إجراء الاختبارات الفيزيائية, الكيمائية و التكنولوجية.

تم تقسيم 40 عينة من القمح الصلب إلى أربع مجموعات متجانسة تحتوي على نفس التكرارات (منطقة الوسط , الشرق , الغرب 1 و الغرب 2)

تم الاستعانة بالتحليل الإحصائي (ANOVA) لتسهيل مقارنة نتائج الاختبارات التي تم إجراءها على العينات المقسمة إلى مجموعات.

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن غالبية الأصناف المدروسة ليس لها خصائص متشابهة جدا فيما يتعلق باختبارات الفيزيوكيميائية (معدل الترقيق, التخفيف , الحرق , محتوى الماء , الجاذبية النوعية) والتكنولوجية (اختبار الترسيب , واختبار الغلوتين , محتوى الرماد)

في ما ظهر الفرق فقط في الحبوب المكسورة و اختبار أميال الحبوب.

تكشف أغلبية الاختبارات أن العينات المدروسة ذات نوعية جيدة لتوافقها مع المعايير, و مع ذلك تم الملاحظة أن قيم الغلوتين لم تكن جيدة و موافقة للمعايير.

الكلمات المفتاحية : القمح القاسي, اختبار تكنولوجي , اختبار فيزيائي , اختبار كيميائي , الجودة, تخزين, معايير.