

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT De Biologie



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Thème

Contribution à l'étude de quelques caractères
technologiques de trois variétés de blé dur
(*Triticum durum* Desf)

Présenté par : BELKHIRI LEILA

YALAOUI NADIA

Devant le jury composé de :

Président : Mme CHAHAT N. (M.A)

Examineur : Mr. ZITOUNI A. (M.A.)

Encadreur : Melle ALLIOUI N. (M.A)

Juin 2011

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui nous a guidé sur le chemin droit tout au long du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.

Nos remerciements vont tout particulièrement à notre encadreur Mlle ALLIOUI NORA

Pour avoir accepté de diriger ce travail, malgré ses multiples occupations.

Nos remerciements vont également à madame CHAHAT NORA pour avoir accepté de présider le jury et à monsieur ZITOUNI ALI qui a accepté de faire partie du jury et d'examiner notre travail.

Mes vifs remerciements vont également à l'équipe de laboratoire d'AMOR BENAMOR (chef de labo Asia, Samira, Ramzi Fouad Abd el raouf) et des GRAND MOULIN BELGHITI (Mr nadji) pour leur accueil et leur soutien technique.

Pour finir, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire, en particulier les enseignants et les étudiants du département de biologie.

Sommaire

Introduction	01
Chapitre I : description, botanique et phylogénie des blés	
1.1 Définition de blé dur	03
1.2 Origine du blé	03
1.3 Classification	04
1.3.1 Classification génétique	04
1.3.2 Classification botanique	04
1.4 Description botanique du blé	05
1.4.1 La plante	05
1.4.1 Le grain	06
1.5 Les espèces du blé	08
1.6. Exigences écologiques du blé dur	09
1.6.1 La température	09
1.6.2 L'eau	10
1.6.3 Le sol	10
1.7. Intérêt nutritionnel du blé	10
1.8. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie	12
1.8.1 La répartition de la production de blé	12
1.8.2 Production mondiale du blé	13
1.8.3 Importance de la culture du blé en Algérie	14
1.9 Contraintes de la culture du blé	15
1.9.1 Du sol	15
1.9.2 Du climat	17
1.9.3. Des maladies	17
Chapitre II : caractéristique technologique de blé dur et sature d'utilisation	
2.1 Composition biochimique des grains	19
2.1.1 L'amidon	19

2.8.3. Les composants du grain en relation avec la qualité.....	34
2.8.4. Norme codex pour le blé dur (codex stan 199-1995).....	36

Chapitre III : Matérielles et méthodes

3.1 Objectif de l'étude.....	39
3.2 Matériel végétal.....	39
3.3 Caractéristiques des variétés étudiées.....	39
3.4 Sites de l'expérimentation.....	40
3.5 Paramètres étudiés.....	41
3.5.1 Détermination de la teneur en eau (l'humidité).....	41
3.5.2 Détermination de la teneur en cendre (le taux de minéralisation).....	42
3.5.3 Détermination de taux de protéines.....	44
3.5.4 Le poids spécifique (le poids d'hectolitres).....	44
3.5.5 Le poids de mille grains (PMG).....	46
3.5.6 Détermination du gluten.....	47
3.5.7 Détermination du taux de mitadinage.....	49
3.6. Traitement statistique des résultats.....	50

Chapitre IV : Résultats et discussion

4.1. Teneur en humidité du grain.....	51
4.2. Teneur en cendres du grain.....	51
4.3. Teneur en protéines du grain.....	54
4.4. Teneur en Gluten du grain.....	54
4.5. Le poids spécifique du grain.....	56
4.6. Le poids de mille grains.....	59
4.7. Taux de mitadinage du grain.....	59
Discussion générale.....	62

Conclusion.....	67
-----------------	----

Résumés

Références bibliographique

Annexes

2.1.2 Les protéines	20
2.1.3 Les lipides	20
2.1.4 Les minéraux	21
2.1.5 Les pigments et les vitamines.....	21
2.1.6 Les enzymes	21
2.2 Propriétés bio physicochimiques des grains	22
2.2.1. La conductibilité thermique du grain	22
2.2.2. L'hygroscopicité du grain	23
2.3 Caractéristiques technologiques des grains	23
2.3.1 Le poids de 1000 grains.....	23
2.3.2 Le poids spécifique.....	23
2.3.3 La dureté	24
2.3.4 Le mitadinage.....	24
2.3.5 La compacité du grain	24
2.3.6 Valeur semoulière du blé dur	24
2.2.7 La teneur en eau du grain.....	25
2.3.8. La couleur.....	25
2.3.9 La teneur en protéine.....	25
2.4. Manifestation de l'activité vitale du grain	25
2.4.1 La respiration	26
2.4.2 La germination	26
2.5 Mécanismes de l'altération des grains	27
2.5.1 Causes de l'altération	27
2.5.2 Facteurs d'altération	27
2.6. Étapes de transformation du grain de blé	28
2.7. Utilisation de blé dur	31
2.7.1. Première transformation des blés durs.....	31
2.7.2. Deuxième transformation des blés durs.....	32
2.8. Evaluation de la qualité d'un blé dur.....	32
2.8.1. Notion de qualité.....	32
2.8.2. Notion de qualité technologique.....	33

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification des <i>Triticum</i> .	05
02	Taxonomie du blé dur.	06
03	Valeur nutritive des farines et de certain produit à base de blé.	12
04	Production mondiale des blés.	14
05	Les principales maladies des blés.	18
05'	Composition biochimique des différentes parties d'un grain de blé	22
06	Caractéristiques des variétés étudiées	39
07	Teneur en Humidité du grain pour les différentes variétés de blé dur	52
08	Teneur en cendre du grain pour les différentes variétés de blé dur	53
09	Teneur en protéine du grain pour les différentes variétés de blé dur	55
10	Teneur en Gluten du grain pour les différentes variétés de blé dur	57
11	Le poids spécifique du grain pour les différentes variétés de blé	58
12	Le poids de mille grains (PMG) pour les différentes variétés de blé	60
13	Taux de mitadinage du grain pour les différentes variétés de blé	61
14	Tableau récapitulatif des résultats	64

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Structure du grain du blé.	07
02	Répartition de la production mondiale de blé (tonnes/an).	13
03	Localisation des zones céréalières en Algérie.	16
04	Evolution de la qualité de blé en Algérie	16
05	Le cycle de transformation	31
07	Teneur en Humidité du grain pour les différentes variétés de blé dur	52
08	Teneur en cendre du grain pour les différentes variétés de blé dur	53
09	Teneur en protéine du grain pour les différentes variétés de blé dur	55
10	Teneur en Gluten du grain pour les différentes variétés de blé dur	57
11	Le poids spécifique du grain pour les différentes variétés de blé	58
	Le poids de mille grains pour les différentes variétés de blé	60
12	Taux de mitadinage du grain pour les différentes variétés de blé	61

Introduction

Produced with ScantOPDF

Introduction

Le terme céréales désigne un ensemble de plantes qui sont principalement cultivées pour leurs grains. Il regroupe le blé, le riz, le maïs, l'orge, l'avoine, le seigle, le millet, le sorgho, qui appartiennent à la famille des Graminées (*Poaceae*) [13].

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole ; et selon l'FAO (2009) leur production arrive jusqu'à 2,2 Milliards de tonnes/an (Mouellef, 2010).

Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale.

Médecins, diététiciens et nutritionnistes s'accordent pour dire que les céréales ont d'incontestables avantages pour la santé, notamment sur le plan nutritionnel. Riches en nutriments et micro-nutriments, elles sont une réponse aux problèmes nutritionnels de notre époque. [14].

La population mondiale ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre depuis un demi-siècle. Cette croissance s'est accompagnée en toute logique d'une augmentation importante de la demande sur les produits agricoles en général et sur les céréales en particulier. Le blé est la céréale la plus produite et la plus consommée à travers le monde (Hadria, 2006).

Le blé dur est une céréale importante en terme de consommation intérieure dans de nombreux pays du monde. Il sert principalement à la fabrication de semoule, matière première des pâtes alimentaires, l'alimentation des animaux et à des usages non alimentaires (Feillet, 2000). Il prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge avec une production de plus de 40 millions de tonnes (Oujani, 2009), il représente environ 8% des superficies de blé. Il est cultivé approximativement sur 18 millions d'hectares dans le monde. De cette surface 70 % est localisée dans la région du bassin méditerranéen. (Hamel, 2010).

L'Algérie, pays exportateur de blé dur durant l'ère romaine et française, est devenue l'un des plus gros importateurs au monde de cette céréale. Les habitudes alimentaires de l'Algérien (couscous, pâtes, pain et frik) font de lui un grand consommateur de cette denrée (Anonyme, 1999).

Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Mouellef, 2010).

Le succès de la production de blé dur dépend en grande partie, du choix de la variété appropriée. *C'est-à-dire résistance aux maladies, bien adaptée au sol et au climat, ayant un rendement élevé et une qualité du grain appréciable.* (Zaghouane et Boufenar, 2006).

Les critères de qualité sont aujourd'hui de plus en plus souvent pris en compte depuis les acheteurs de matières premières jusqu'aux producteurs et transformateurs.

La qualité du blé dur dépend de plusieurs caractères technologiques, notamment, le taux de mitadinage, le taux d'humidité, la teneur en protéines, en cendre, en gluten...etc.

Ce travail a pour objectif d'étudier quelques caractères technologiques de trois variétés de blé dur afin de les comparer et les évaluer.

CHAPITRE I

Description botanique et phylogénie des blés

Produced with ScanTOPDF



1. Description botanique et phylogénie des blés

1.1. Définition

Le mot blé a longtemps désigné toute la famille des céréales (au nombre de 13), dont le seigle, le sorgho et le millet. Mais le nom latin *Triticum*, plus précis, fait référence à trois groupes distincts par leur nombre de chromosomes : le *Triticum* diploïde ($2n = 14$), *Triticum* tétraploïde ($2n = 28$) et *Triticum* hexaploïde ($2n = 42$). [5].

1.2. Origine du blé:

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (Hervé, (1979) in Ouadjani, 2009). Des restes de blés, diploïde et tétraploïde, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient (Harlan, (1975) in Bellebcir, 2008).

La culture du blé s'est diffusée vers le Nord-Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen et au travers des Balkans puis en suivant la vallée du Danube (Allemagne) pour arriver à la vallée du Rhin (France) entre 5000 et 6000 avant J.C. (Harlan, (1975) in Bellebcir, 2008).

Selon Hamed (1979), le centre d'origine du blé est le Tigre et l'Euphrate, puis l'espèce s'est étendue en Egypte, en Chine, en Europe et en Amérique.

Le blé a été domestiqué par hybridation entre trois espèces d'une graminée sauvage, l'épeautre ou engrain sauvage (*Triticum monococum*) : *Triticum spelta* L., *Triticum boeoticum*, et *Aegilops longissima*. L'amidonnier (*Triticum dicoccum* Schrk.) représente le deuxième stade d'évolution vers le blé actuel. Il est issu du croisement de l'engrain et de diverses plantes lui étant apparentées. C'en est en fait, l'ancêtre direct du blé dur qui donnera après de multiples mutations naturelles le blé tendre [5].

1.3. Classification

1.3.1. Classification génétique

Les blés forment un complexe où de nombreuses espèces ont été dénommées. Les botanistes ont eu longtemps tendance à donner un nom d'espèce à chaque variant morphologique. (Oujani, 2009).

Depuis le début de 19^{ème} siècle, les blés ont fait l'objet de nombreuses études cytogénétiques, et ils se classent actuellement dans une série polyploïde; Ils diffèrent par leur nombre de chromosomes et par la constitution de leur génome. (Oujani, 2009).

Certains sont diploïdes (ils ont deux jeux de chromosomes) et partagent le génome appelé AA ; d'autres sont tétraploïdes (quatre jeux de chromosomes) et de formule AA BB (Tab.01) ; un autre groupe est hexacorde (six jeux de chromosomes) et de formule AA BB DD ; et des blés endémiques de Géorgie forment une série parallèle, avec les génomes AA GG et AA AA GG. (Oujani, 2009).

A l'intérieur de chaque groupe, les formes sont inters fertiles alors que les hybrides entre groupes sont fortement stériles. De plus, on doit à un très faible nombre de gènes les différences spectaculaires entre formes sauvages (à rachis fragile) et forme cultivées (à rachis solide), ou bien entre grains vêtus (à 16 glumes et glumelles adhérentes au grain) et grains nus. (Oujani, 2009).

1.3.2. Classification botanique

Selon Crète (1965) et Feillet (2000) cité in Oujani (2009), le blé dur (*T.turgidum* ssp. *durum*) est une monocotylédone de la famille des graminées (Tab.02).

1.4. Description botanique du blé

1.4.1. La plante

Le Blé est une plante herbacée annuelle, [6] atteignant en moyenne 01 mètre de hauteur. La tige est dressée, creuse et mince. Les feuilles sont alternées, allongées, engainantes et munies de deux dents à la base. Les fleurs, vertes, sont composées essentiellement de 2 glumellules et de 3 étamines. L'inflorescence est un épi allongé, composé d'épillets. [2]

Le système racinaire est de type fasciculé (Hazmoune, 1994 ; Hamadouche, 2001).

Tableau 01 : Classification des *Triticum* (Feillet, 2000)

Forme sauvage	Forme cultivée	Nom commun	Nombre de Chromosomes (2n)	Nature des Génomes
<i>T.boeoticum</i>	<i>T.monococcum</i>	Engrain	14	AA
<i>T.urartu</i>			14	AA
<i>T.dicoccoides</i>	<i>T.dicoccum</i>	Blé poulard	28	AA BB
	<i>T.durum</i>	Blé dur	28	AA BB
	<i>T.polonicum</i>	Blé de Pologne	28	AA BB
	<i>T.turgidum</i>		28	AA BB
	<i>T.araraticum</i>		28	AA BB
<i>T.monococcum</i> ×	<i>T.aestivum</i>	Blé tendre	42	AA BB DD
<i>T.speltoides</i> ×	<i>T.spelta</i>	Epeautre	42	AA BB DD
<i>Aegilops squarrosa</i>	<i>T.sphaerococcum</i>	Blé indien	42	AA BB DD
	<i>m</i>	nain	42	AA BB DD
	<i>T.compactum</i>	Blé club		



Tableau 02 : Taxonomie du blé dur (Oudjani, 2009).

Embranchement	Spermaphytes
Sous Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Sous-famille	Festucoideae
Tribu	Triticeae
Sou-Tribu	Triticineae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf.

1.4.2. Le grain

Le grain de blé est un caryopse. C'est un fruit sec indéhiscent. Sa taille est d'environ 6 mm, sa couleur varie du jaune-ambree à violacé, selon l'espèce blé dur ou blé tendre et selon la variété. Il présente une partie plane (ventrale) marquée toutefois sur toute sa longueur par une légère fente : le sillon où se trouve le faisceau nourricier du grain [3] et une partie dorsale légèrement bombée. La base élargie contient le germe et le sommet est garni de petits poils (la brosse). La partie ventrale est fendue par un sillon qui pénètre profondément dans le grain ; cependant la partie dorsale présente une arête plus ou moins prononcée. (Gondé (1968) cité in Oudjani, 2009).

La coupe longitudinale (Fig. 01) révèle de l'extérieur vers l'intérieur les parties suivantes : les enveloppes, le germe et l'albumen ou amande :

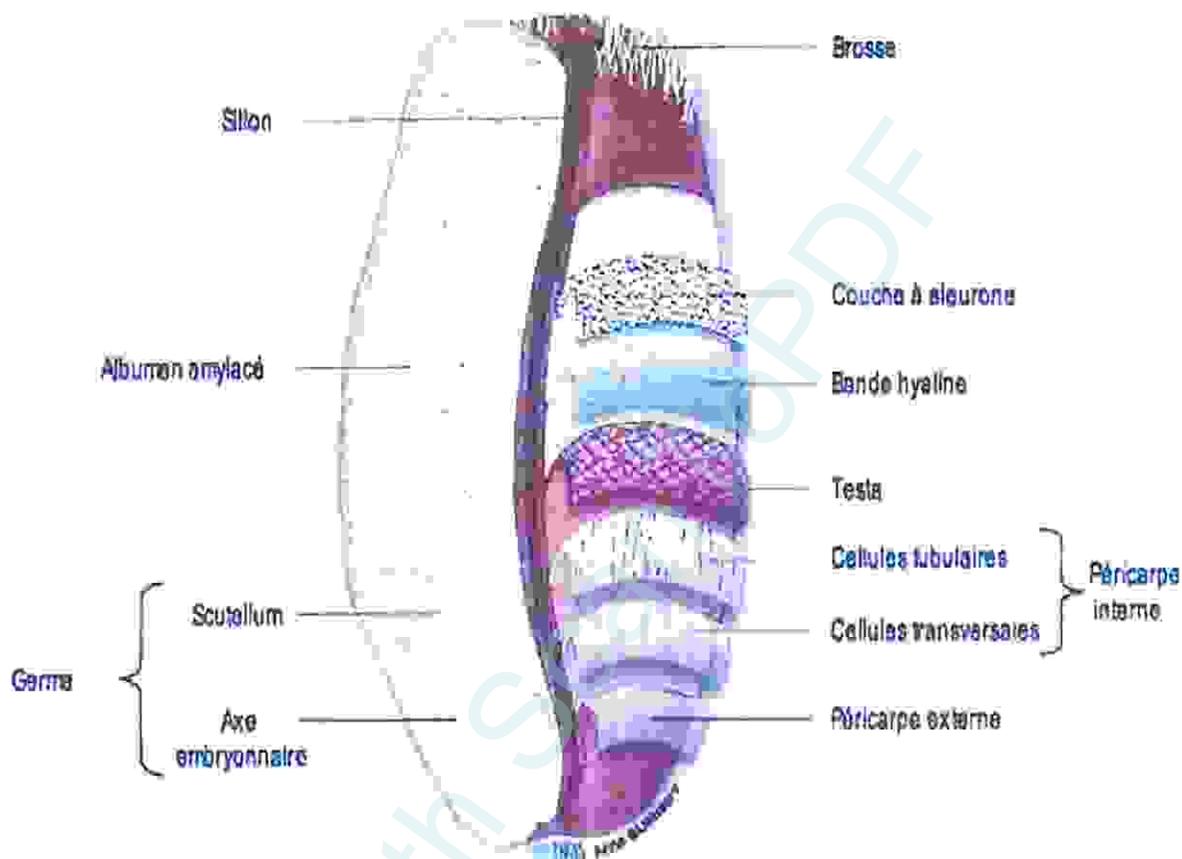


Figure 01 : Structure du grain de blé. [15].

❖ Les enveloppes du fruit

Selon Soltner (1987) les enveloppes représentent 14 à 16 % du poids du grain, et elles sont constituées de l'extérieur vers l'intérieur par :

- **Le péricarpe** : parois de l'ovaire qui comprend l'épicarpe ; le mésocarpe et l'endocarpe.

- **Le tégument** : enveloppe de la graine qui comprend le tégument séminale et la bande hyaline.

- **L'assise protéique** : qui représente 60% du poids des enveloppes et constitué de cellules à aleurones, riches en protéines.



❖ Le germe

Le germe, partie vivante du grain, donnera naissance à une future plante. Ce germe renferme beaucoup de matières grasses et de vitamines. Il est souhaitable de ne pas le laisser dans la farine, pour éviter le rancissement des matières grasses qui donnerait un mauvais goût à la farine. [9]

Le germe est très riche en matières grasses, matières azotées et vitamines A, E et B. Il représente 2,5 à 3 % du grain et comprend deux parties (Soltner, 1987) :

- **Le cotylédon ou scutellum**, séparé de l'amande par une assise diastasique destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plantule.

- **La plantule**, avec sa gemmule recouverte d'un étui, le coléoptile, sa tigelle courte, et sa radicule, recouverte d'un étui, la coléorhize.

❖ L'albumen ou amande

L'albumen joue un rôle essentiel dans la composition de la semence ; il sert de réserve et ne sera complètement utilisé qu'au moment de la germination (Guergah, 1997).

Il représente 83 à 85 % du poids du grain, est composé de 70% d'amidon et de 7% de gluten. (Guergah, 1997).

1.5. Les espèces du blé :

Les blés les plus cultivés dans le monde sont :

- Les blés tendres ou froment (*Triticum aestivum*)

Les grains des blés sont arrondis, les enveloppes sont épaisses, sans transparence. Ils se prêtent particulièrement bien à la mouture ; en effet, lors du passage entre les cylindres, les enveloppes s'aplatissent et s'ouvrent sans se broyer, libérant l'amande et donnant une très forte proportion de son. Les blés tendres



Permettent d'obtenir une farine de bonne qualité, contenant environ 8 à 10 % de gluten, ayant de bonnes aptitudes pour la panification. (Feillet, 2000).

-Les blés durs (*Triticum turgidum ssp durum*)

Les blés durs ont le grain allongé, pointu, presque transparent et de consistance cornée, les enveloppes sont assez minces et légèrement translucides. Ils donnent moins de son que les blés tendres et, bien que contenant plus de gluten (12 à 14 %). Il est utilisé pour produire les semoules et les pâtes alimentaires (Adrian *et al.* 1995).

-Les blés mitadins

Ces blés cultivés dans les pays chauds (Afrique du Nord) ont des caractéristiques et des qualités intermédiaires entre les blés tendres et les blés durs. Les grains sont plus plats que les grains de blé tendre et moins longs que ceux du blé dur. Les enveloppes assez résistantes sont d'une épaisseur moyenne. Contenant du gluten de très bonne qualité, les blés mitadins sont parfois employés comme des blés de force, mélangés à des blés tendres, ce qui donne des farines de très bonne qualité pour la panification [3].

1.6. Exigences écologiques du blé dur

1.6.1. La température

La température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0°C; cependant l'optimum se situe entre 20 et 22 °C. Une température élevée est favorable au développement et à la croissance (Simon *et al.*, (1989) Cité in Derbal, 2009).

D'après Jefeferes (1978) cité in Derbal, 2009), il est généralement admis que la température agit de manière positive sur la croissance optimale.

Cependant, Baldy (1992) cité in Derbal, (2009) ajoute que les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine. Les températures entre 25 et 32 °C défavorisent l'allongement racinaire, et l'optimum se situe entre 5 et 12°C.



1.6.2. L'eau

L'eau a une grande importance dans la croissance de la plante. Elle est le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute (Soltner (1990) cité in Derbal, 2009).

1.6.3. Le Sol

*Caractéristiques physiques

- Une texture fine, limono-argileuse assure aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, d'où une bonne nutrition.
- Une structure stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver, évite au blé l'asphyxie et permet une bonne nutrition.
- Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer une nutrition nécessaire pour les bons rendements (Soltner, (1990) et Baldy (1993) cités in Derbal, 2009).

*Caractéristiques chimiques

Le blé craint les sols tourbeux contenant de fortes teneurs en sodium, magnésium et fer. Le pH optimal pour le développement se situe entre 6 et 8. La culture est modérément tolérante à l'alcalinité du sol (Clément (1971) cité in Derbal, 2009). Il réussit mieux dans les terres neutres, profondes et de textures équilibrées.

Ce sont les sols de texture limono argileuse profondes, avec une porosité suffisante, et de complexe absorbant important, qui permettent à la plante de se nourrir à partir des réserves chimiques.

1.7. Intérêt nutritionnel du blé

Le grain de blé peut être consommé sous de nombreuses formes : entier, concassé, soufflé, en flocons, en semoule, en boulgour, en farine, etc. Les différents produits faits à base de blé ont des valeurs nutritives différentes, entre autres selon

Leur degré de raffinage. Les farines à base de blé (Tab.03) ont un intérêt nutritionnel considérable [4]:

- Riches en amidon d'assimilation lente, et elles nous donnent notre énergie tout au long de la journée.

- Riches en protéines végétales, elles sont nourrissantes, elles jouent un rôle important dans la croissance et l'entretien du corps.

- Pauvres en lipides (graisses), sans cholestérol, elles sont d'un grand intérêt dans notre alimentation actuelle, spécifiquement pour la lutte contre l'obésité, le diabète et les maladies cardiovasculaires.

- Riches en Fibres, les farines complètes sont d'un grand intérêt nutritionnel en favorisant la satiété (coupe faim) et en régularisant le transit intestinal (lutte contre la constipation).

- Les farines à base de blé nous aident à optimiser notre santé en nous gratifiant des vitamines du groupe B qu'elles contiennent et de leurs minéraux (magnésium, fer et phosphore).

- * Les vitamines du groupe B favorisent la croissance, la construction et le bon fonctionnement cellulaire.

- * Le magnésium assure un bon équilibre nerveux et musculaire et agit sur la croissance.

- * Le fer, d'origine végétale, présent dans le blé, contribue à lutter contre l'anémie, et il est essentiel au transport de l'oxygène et à la formation des globules rouges dans le sang.

- * Le Phosphore se trouve surtout dans le son et le germe. Il joue un rôle essentiel dans la formation et le maintien de la santé des os et des dents [4].



**Tableau 03 : Valeur nutritive des farines et de certains produits
à base de blé [4]**

Poids/volume	Farine de blé entier, 40 ml (20 g)	Pain de blé entier, 1 tranche, 34 g	Germe de blé brut, 55 ml (27 g)	Couscous cuit, 125 ml (83 g)	Spaghetti blé entier cuit, 125 ml (74 g)
Calories	68	84	96	93	92
Protéines	2,7 g	3,3 g	6,2 g	3,1 g	3,9 g
Glucides	14,5 g	15,7 g	13,8 g	19,3 g	19,6 g
Lipides	0,4 g	1,4 g	2,6 g	0,1 g	0,4 g
Fibres alimentaires	2,4 g	2,3 g	3,5 g	0,7 g	2,4 g

1.8. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie

1.8.1. Répartition de la production de blé dans le monde

Le blé ne nécessite pas des conditions météorologiques particulières comme le riz pour pousser. Même si le blé se développe mieux avec de l'eau, de la lumière et de la chaleur, il peut aussi être cultivé dans des conditions moins favorables, c'est pourquoi sa production est bien répartie sur l'ensemble du globe, et bien qu'il soit beaucoup produit en Chine et en Inde, (Fig. 02), sa production est aussi élevée en Russie, où les températures et les précipitations sont plus faibles. [7]

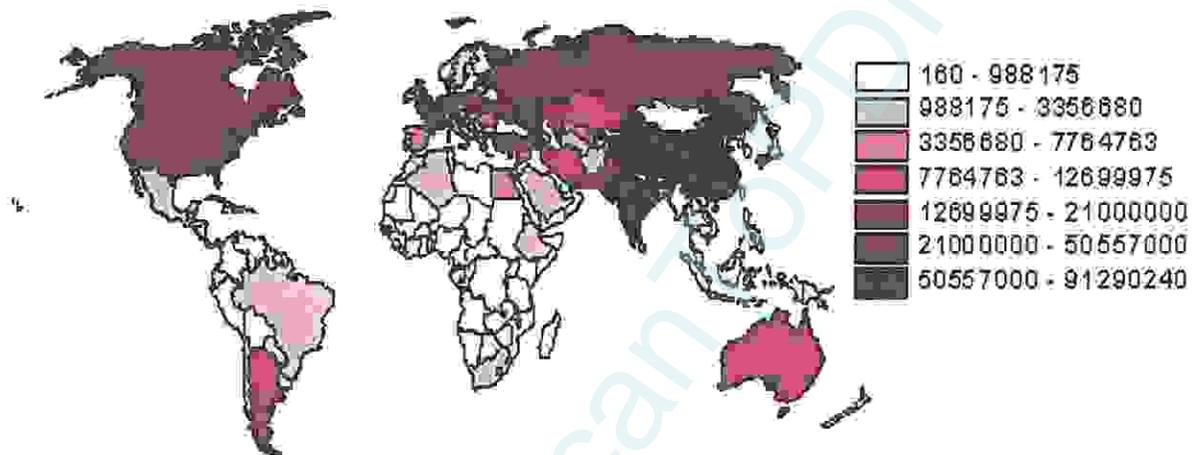


Figure 02 : Répartition de la production mondiale de blé (tonnes/an) [7]

1.8.2. Production mondiale du blé

Selon les statistiques mondiales données par le Conseil International des Céréales. La production mondiale de tous les types de blés est de 673.9 millions de tonnes en 2009-2010. En volume de production, c'est la quatrième culture mondiale derrière la canne à sucre, le maïs et le riz. [1]

Malgré une baisse de production de près de 8% en 2009 /2010, c'est l'union européenne qui est le premier producteur mondiale de blé, avec 139 million de tonnes, soit près de 21 % du total (Tab : 04). La chine arrive en deuxième position avec 17% du total et 115 de millions de tonnes (+1.8 %), devant l'Inde avec 12 % (81MT, en progrès de 2.5 %). Viennent ensuite, à égalité avec 60 millions de tonnes, les Etats-Unis et la Russie (9 % de la production mondiale). Ces deux pays ont connu une baisse de production non négligeable. Au total, les cinq principaux producteurs assurent les deux tiers de la production mondiale de blé. Le Canada (en baisse), l'Australie (en hausse) et l'Ukraine (en baisse) assurent chacun plus de 20 millions de tonnes (Burny, 2010).



Tableau 04 : Production mondiale des blés (Burny, 2010).

Pays	2009/2010		Variation par rapport à 2008/2009 (%)
	Millions de tonnes	%	
USA	60,3	8,9	-11,3
Canada	26,5	3,9	-7,3
Argentine	8,0	1,2	-4,8
Australie	22,0	3,3	+2,8
Chine	114,5	17,0	+1,8
Inde	80,6	12,0	+2,5
Russie	60,1	8,9	-5,2
Ukraine	21,1	3,1	-16,6
UE 27	139,0	20,6	-7,6
Total	673,9	100,0	-1,2

1.8.3. Importance de la culture du blé en Algérie

Les blés jouent un rôle important dans l'agriculture nationale puisqu'ils occupent plus de 90% des terres cultivées. Dans l'alimentation humaine et animale, ils occupent une grande place. La productivité nationale est assez faible de 8 à 10 qx/ha. Ceci se répercute sur l'offre et la demande (Selmi, (2000) cité in Derbal, 2009). Les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de 6 millions d'hectares. Chaque année 3 à 3,5 millions d'hectares sont emblavés. Le reste est laissé en jachère. La majeure partie de ces emblavures se fait dans les régions de Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif et El Eulma (Fig 03). Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux. Ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières et des vents chauds desséchants (Belaid, (1996) ; Djekoun et al. (2002) Cités in Derbal, 2009).

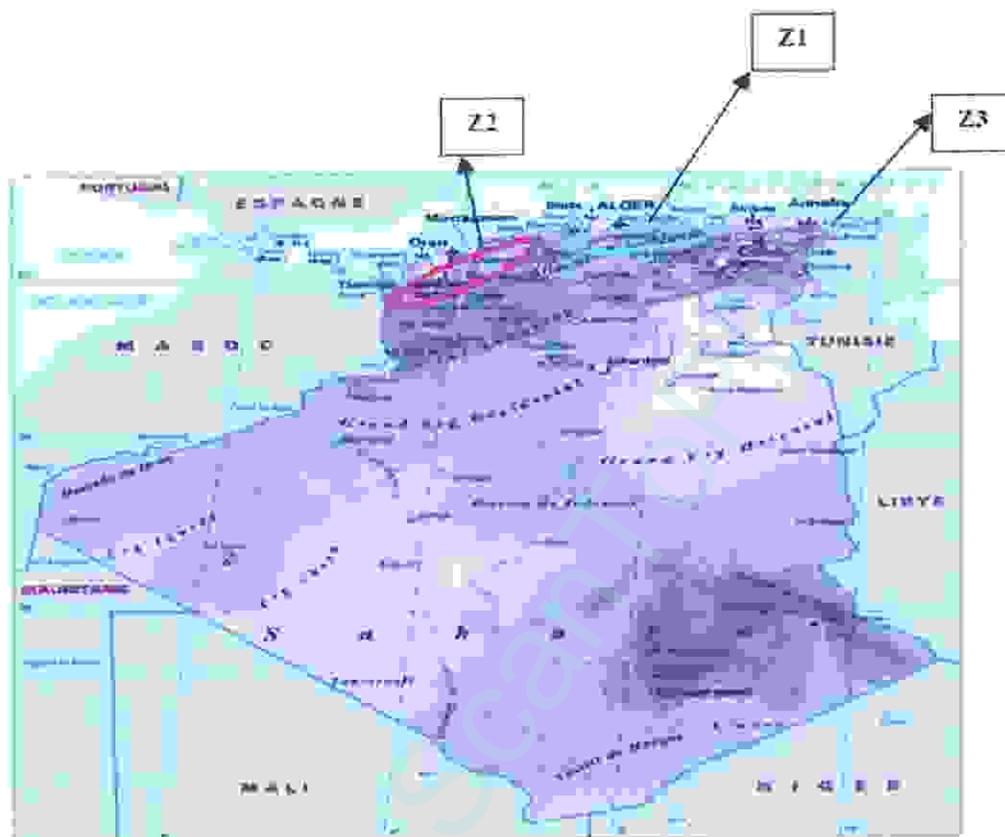


La faiblesse des rendements est due à l'influence des conditions pédoclimatiques et aux techniques culturales, et à certaines tendances socio-économiques comme l'exode rural et la priorité donnée à l'industrie durant les années 1970 qui ont marqué durablement la céréaliculture algérienne. Malgré les efforts consentis, les rendements restent très bas (Fig. 04). Leur faible niveau est souvent expliqué par l'influence des mauvaises conditions pédoclimatiques associées, entre autres, à une faible maîtrise des techniques culturales (Chabi *et al*, (1992) et Selmi (2000) cités in Derbal, 2009). (Annexes H et I).

1.9. Contraintes de la culture du blé :

1.9.1 Du sol :

Les terres destinées à la culture du blé doivent être soigneusement préparées avant d'en recevoir la semence. Si elles sont compactes et qu'elles retiennent l'eau, un drainage convenable doit les assainir. Si elles sont argileuses à l'excès et presque imperméables, il deviendra nécessaire de les labourer en billons. Dans tous les cas elles doivent être purgées des mauvaises herbes dans la mesure du possible, ameublées par de bons labours faits plusieurs semaines avant les semailles, et pourvues des éléments de fertilité qui peuvent leur faire défaut. (Vilmorin *et al*, 1980).



- *Z1 : zone à hautes potentialités.
- *Z2 : zone à moyennes potentialités.
- *Z3 : zone à basses potentialités.

Figure 03 : Localisation des zones céréalières en Algérie.[8]

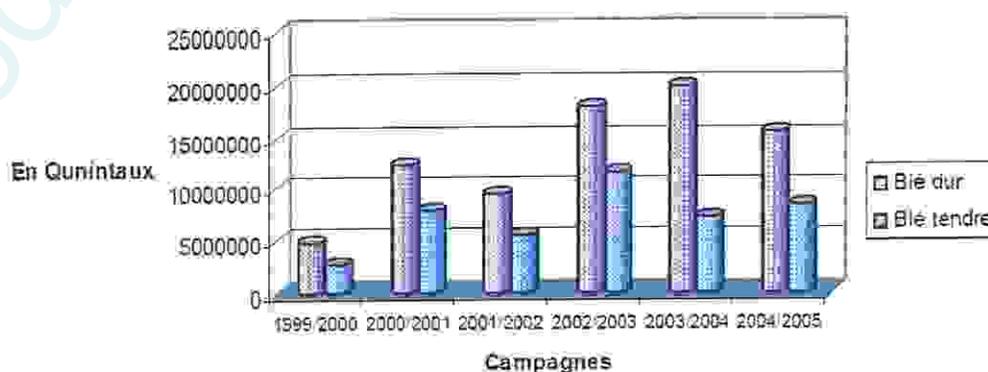


Figure 04 : Evolution de la Production des blés en Algérie [8].

1.9.2. Du climat

L'influence du climat est extrêmement puissante sur le blé, les récoltes les plus abondantes et les plus beaux blés proviennent des climats tempérés. Peu de variétés résistent à un froid sec de -15° ou -20° centigrades, et si la gelée survient quand la terre est humide, ou qu'elles reprennent de la force après un dégel incomplet. Il suffit d'un froid bien moindre pour faire périr les blés ; ce n'est pas seulement, au surplus, par le degré de froid des hivers que le climat agit sur les blés ; des chaleurs excessives survenant au moment où le grain se forme sont aussi très nuisibles aux récoltes. Le grain mûrit alors d'une manière précipitée, ne se remplit pas de farine, et reste petit, et maigre, on dit, dans ce cas, qu'il est échaudé. (Vilmorin *et al.* 1980).

1.9.3. Des maladies :

Les blés sont sujets à diverses maladies dont l'influence sur le rendement en grain n'est pas à négliger (Tab. 05) Une bonne connaissance des maladies du blé est nécessaire pour mettre en place une lutte efficace (Vilmorin *et al.* 1980).



Tableau 05 : Les principales maladies des blés (Anonyme, 2003).

Nom des maladies	Organes touchés	Description	Moyens de lutte
Charbon de blé	L'épi	Les fleurs sont remplacées par une masse de spores noire. Contamination par la semence.	Désinfection des semences avec les fongicides systémiques
Les fusarioses	L'épi	Dessèchement précoce, Echaudage, les grains contaminés sont toxiques.	Rotation des cultures, traitement des semences, traitement fongicide en végétation.
Les piétins verses	Tiges et grains	A l'automne, taches noires sur la plantule, au printemps nœud, provoquant une verse en tout sens, échaudage. Transmission par les chaumes, s'observent à la suite d'hivers doux et humides.	Bonne préparation de sol avec incorporation des matières organique. Rotation des cultures, variétés peu sensibles.
Les piétins échaudage	Racines et épis	Les racines deviennent noires et cassantes les épis deviennent blanc échaudés.	Rotation des cultures, la désinfection des semences est sans effet, pas de variétés résistantes, pas de traitement en végétation
Les rouilles noires	Feuilles et tiges	Rouilles linéaires, coupent les feuilles et tiges en lamelles couleur rouille puis noire.	Rotation des cultures, variétés résistantes, pas de traitement.
Les rouilles jaunes	Feuille épis quelque fois les grains	Couleur jaune, Pointillés linéaires.	Rotation des cultures, variétés résistantes, traitement fongicide en végétation.

CHAPITRE II

**Caractéristiques technologiques de blé dur et
secteurs d'utilisation**

Produced with ScanTOPDF

2. Caractéristiques technologiques de blé dur et secteurs d'utilisation

2.1. Composition biochimique des grains

Le cotylédon du blé représente 82 % à 85 % du grain. Il accumule toutes les substances nutritives nécessaires qui sont les glucides, les protéines, les lipides, les substances minérales et les vitamines (Cretoiset *af*, (1985) Cité in Derbal, 2009). Pendant la maturité de la graine les substances de réserves sont accumulées soit dans le cotylédon, soit dans le péricarpe. Ces substances sont principalement des métabolites qui assurent la nutrition de la plantule lors de la germination. Les réserves de la graine comprennent essentiellement les composés suivants:

- 70% à 80% de glucides, essentiellement de l'amidon, du gluten associé à l'amidon, des hémicelluloses (des parois cellulaires), des sucres solubles et des protides.
- 9 à 15% de protéines qui sont essentiellement des protéines de réserves.
- 1,5 à 2% de lipides dont 60% sont des lipides libres apolaires et 40% des lipides polaires.
- Les enzymes dont les principales sont l' α et la β amylases, des protéases ainsi que des lipases et des lipoxygénases (Campion et Campion, 1995).

Chacun des constituants du grain joue un rôle seul ou en interaction avec d'autres constituants dans l'expression de la qualité. (Derbal, 2009).

2.1.1. L'amidon

L'amidon est le composant essentiel du grain de blé. C'est une substance de réserve stockée dans les cellules de l'albumen du grain qui représente 65-70 % (environ $\frac{3}{4}$ de M.S.). Chimiquement l'amidon est un polymère de glucose. Il se présente sous deux formes: l'amylose et l'amylopectine. La qualité de l'amidon dépend du rapport : amylose/amylopectine (Gibson *et al*, (1997) cité in Mouellef, 2010).

2.1.2. Les protéines

Le grain de blé dur est constitué d'environ 12% de protéines, qui sont essentiellement localisées dans l'albumen et la couche à aleurone. Cette teneur est susceptible de varier (de 8 à 20% de MS), en fonction des variétés, des facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques de développement de la plante, des parties histologiques du grain et de la maturation du grain. La teneur en protéines est un facteur déterminant des propriétés rhéologiques et culinaires des semoules. Elles sont responsables de la qualité des pâtes alimentaires à 87%. La qualité des protéines est un caractère extrêmement héritable et, seulement une partie est influencée par l'environnement (Liu *et al.* (1996) Cités in Mouellef, 2010).

Sur le plan quantitatif la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante (Mok, (1997) Cité in Derbal, 2009). Sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines, celles-ci étant liées au patrimoine génétique de la variété. (Derbal, 2009).

2.1.3. Les lipides

Les lipides du blé représentent en moyenne 2 à 3% du grain sec. Ce sont des constituants mineurs du blé, certains sont libres, mais la majorité est associée aux composants majeurs qui sont l'amidon et les protéines. Leurs effets sont importants dans les processus technologiques. Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que ce soit lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, émulsification et production de composés volatiles des pâtes, et par conséquent sur la qualité du produit fini, ou au cours du stockage, en raison des altérations consécutives de leurs acides gras poly insaturés facilement oxydables (Feillet et Dexter, (1996) Cité in Bellebcir, 2008). Les travaux qui associent la fraction lipidique à la qualité du blé, sont peu nombreux. Généralement, les lipides qui représentent 1-2% de la semoule de blé dur et des pâtes, jouent un rôle relativement important dans la qualité culinaire, en s'associant aux protéines au cours du malaxage ou du séchage des pâtes. L'effet des lipides sur les propriétés fonctionnelles de la pâte dépend d'un équilibre entre lipides polaires et non polaires. (Laignelet, (1983) Cité in Bellebcir, 2008).

2.1.4. Les minéraux

Verling, (1999) cité in kalarasse et Zouaimia, (2010), signale que tous les éléments minéraux sont représentés dans le grain, mais dans des proportions très différentes. Le potassium et le phosphore constituent 50% des matières minérales; le soufre, le magnésium, le chlore et le calcium 25%.

2.1.5. Les pigments et les vitamines

Ce sont des composés chimiques complexes, surtout concentrés dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les pigments sont spécifiques à chaque espèce et même à chaque variété. Ils sont parfois associés à des vitamines (pigments caroténoïdes). (Anonyme, 2011).

2.1.6. Les enzymes

Selon (Anonyme, 2011), les enzymes sont des substances complexes présentes en quantité négligeable mais dont le rôle est très important: ils sont responsables des transformations que subissent les autres substances (hydrolyse de l'amidon et des protéines, destruction des sucres simples et des acides aminés).

Le tableau 05' représente la composition biochimique de grain de blé.

Tableau 05' : Composition biochimique des différentes parties d'un grain de blé (Anonyme 2010)

Constituant (% de la masse du grain)	Protéines	Matière Minérale	Lipides	Matière Cellulosique	Pentosanes	Amidon
Péricarpe (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Téguments (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Reste du nucelle	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Assise protéique	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germe	35-40	5-6	15	1	20	20
Albumen (82- 85%)	/	8-13	0.35- 0.60	1	0.5-3	70-85

2.2. Propriétés bio physicochimiques des grains

2.2.1. La conductibilité thermique du grain

Le grain a une conductibilité thermique faible, c'est un bon « isolant ». Cette propriété a des avantages ou des inconvénients suivant le cas dans lequel on se situe. Lorsque l'on sèche un grain il faut lui fournir une quantité importante de calories pour élever sa température afin d'évaporer l'eau. De même en ventilation de refroidissement, une quantité d'air importante est nécessaire pour abaisser la température du grain, dans ces deux cas il s'agit d'inconvénients. Par contre lorsque le grain est bien refroidi au cours de l'hiver, il se réchauffe difficilement, les échanges de température entre le grain et le milieu environnant sont faibles et lents, dans ce cas là c'est un avantage. (Anonyme, 2011)

2.2.2. L'hygroscopicité du grain

Le grain est un matériau hygroscopique, il se comporte comme une « éponge », c'est-à-dire qu'il peut échanger de l'eau sous forme de vapeur avec l'air ambiant selon l'humidité relative de cet air. Cependant pour une température donnée, il y a équilibre entre l'humidité relative de l'air et l'humidité du grain. (Anonyme, 2011).

2.3. Caractéristiques technologiques des grains

2.3.1. Le poids de 1000 grains

Le poids de 1000 grains (PMG), appelé aussi la masse de 1000 grains, est la masse de 1000 grains entiers exprimée en gramme.

C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomiques. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage, d'étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques qui, toutes, modifient la masse de 1000 grains. Plus la masse est élevée plus le grain est gros et a une valeur meunière (aptitude à donner un rendement en farine) élevée. (Godon et Loisel, 1984).

- PMG est très élevé lorsqu'il est supérieur à 45g ;
- PMG est élevé lorsqu'il se trouve entre 35-45g ;
- PMG est moyen lorsqu'il est situé entre 30 et 35g ;
- PMG est faible lorsqu'il est inférieur à 30g. (Zaghouane, et Boufnar, 2006).

2.3.2. Le poids spécifique

Le poids spécifique est largement reconnu comme facteur de classement de première importance, parce qu'il est relié à la condition plus ou moins saine du grain de blé. Le poids spécifique est aussi souvent utilisé comme indice du potentiel meunier, mais on ne s'entend pas sur sa valeur réelle comme prédicateur du rendement meunier réel (Dexter, et Edwards, 1998). En effet, la relation existant entre le poids spécifique et le rendement meunier varie selon les classes de blé et

Les cultivars de chaque classe. Le poids spécifique dépend en partie de la teneur en eau, du taux de dommages dus aux intempéries, de la grosseur et de la densité du grain ainsi que du coefficient de tassement, et ces facteurs ont peu d'incidence directe sur le potentiel meunier. (Godon, et Loisel, 1984).

2.3.3. La dureté

La dureté de la graine est une caractéristique variétale, qui exprime l'état de cohésion de l'amande et qui se traduit par sa résistance mécanique à l'écrasement.

La dureté influe fortement le comportement des grains en mouture, en particulier leur préparation, la facilité de séparation semoule son, l'énergie consommée par le moulin et enfin le rendement en semoule. Par ailleurs, elle a une influence sur les caractéristiques des semoules produites quant à leur granulométrie et à leur capacité d'absorption d'eau dans les industries de cuisson. (Charles, 2001).

2.3.4. Le mitadinage

Les grains mitadinés sont une impureté spécifique du blé dur, On entend par grains mitadinés de blé dur, les grains dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse. (Charles, 2001)

2.3.5. La compacité du grain

La compacité se définit comme étant le pourcentage des pores se trouvant dans le grain. Plus la compacité est forte, plus la densité du grain est élevée, plus la force boulangère des farines est élevée.

2.3.6. Valeur semoulière du blé dur

Le blé dur possède un grain de structure cornée et de consistance dure. Lavitrosité de son amande lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule, Puis généralement en pâtes alimentaires (Anonyme, 2006). Selon Abecassis (1993), la qualité semoulière dépend des conditions de culture, de récolte et des caractéristiques intrinsèques des variétés. Abecassis (1996), signale que les facteurs extrinsèques (impuretés, teneur en eau, grains cassés) sont liés aux

conditions de culture et de récolte alors que les facteurs intrinsèques dépendent essentiellement de la nature des blés nettoyés à leur arrivée sur le premier broyeur de la semoulerie.

2.3.7. La teneur en eau du grain

La mesure de la teneur en eau des blés est une opération capitale pour la détermination et la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou transformation industrielle. (Charles, 2001).

2.3.8. La couleur

La couleur est liée au caractère variétal, elle peut être considérée comme la résultante d'un composant jaune qui doit être la plus élevée possible et d'une composante brune qui doit être faible. La couleur de la semoule est mesurée à l'aide d'un calorimètre qui permet de définir un indice de jaune et un indice de brun. (Zaghouane, et Boufnar, 2006)

2.3.9. La teneur en protéine

Charles (2001) affirme que la teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentation animale (valeur alimentaire d'un produit) que pour l'alimentation humaine (valeur d'utilisation).

Elle est influencée par les facteurs génétiques et agro climatiques. Les caractéristiques technologiques des semoules sont étroitement liées et dépendent de la teneur et de la qualité des protéines des variétés. En moyenne, elle est comprise entre 7 et 18% pour les blés durs (Cheffel *et al*, 1977).

2.4. Manifestation de l'activité vitale du grain

Le comportement du grain est conditionné par l'état du milieu dans lequel il se trouve: si les conditions sont défavorables à son activité vitale (température et teneur en eau faibles), le grain est à l'état de vie ralentie; par contre si le milieu est favorable, les processus vitaux s'accélèrent, grâce aux substances de réserve qui vont les alimenter, sous l'action des enzymes du grain et surtout de la microflore

abondante et variée qui imprègne les grains (moisissures, parfois levures et bactéries). L'activité du grain se manifeste par la respiration et la germination. [11].

2.4.1. La respiration

La respiration ou oxydation a toujours lieu, quelles que soient les conditions de stockage, que les grains aient ou non leur faculté germinative intacte. Toutefois l'intensité du phénomène est fonction de la température et de l'humidité du grain et de la quantité d'oxygène présent dans la cellule de stockage. La respiration d'un grain très sec (à 12 %) et froid (5°C) est si faible qu'elle peut être considérée comme nulle. [11].

En présence d'oxygène, des sucres libres ou issus de l'amidon par hydrolyse se transforment en eau, en gaz carbonique et en chaleur. Quand l'air se trouvant entre les grains est renouvelé (faible ventilation), la production de chaleur peut devenir très importante et provoquer des échauffements entraînant des pertes de matière sèche. [11].

En absence d'oxygène, le grain évolue quand même, mais il se produit alors des fermentations. Les sucres sont transformés en gaz carbonique et en alcool avec un léger dégagement de chaleur. Dans ce cas la perte de matière sèche est moins importante que lorsque l'on est en présence d'oxygène.

Les phénomènes de respiration sont normaux dans le grain stocké, le but de la conservation est de les limiter à une valeur aussi faible que possible. [11].

2.4.2. La germination

La germination est l'aboutissement naturel de l'activité vitale du grain, en présence d'oxygène et dans des conditions optimales d'humidité et de température. Lorsqu'une masse de grain humide (18 % et plus) est mal refroidie la germination peut se produire, avec ou sans apparition de la plantule. De toute façon, même à ses premiers stades, elle constitue une altération grave, car elle entraîne de profondes modifications dans le grain (dégradation de l'amidon, perte de matière sèche, etc.).[11].

2.5. Mécanismes de l'altération des grains

Au cours de la conservation, les grains peuvent subir différentes altérations provoquées par des agents de diverses origines et amplifiées par les trois principaux facteurs que sont le temps, l'humidité et la température. [12].

2.5.1 Causes de l'altération

Les altérations des grains peuvent avoir des origines très diverses. [12].

- **biologique**: il s'agit du monde animal; les prédateurs mis en cause sont des mammifères rongeurs, (rats, souris, etc.), des oiseaux (moineaux, tourterelles, étourneaux, etc.), et des insectes rampants (charançons, sylvains, etc..) ou volants (teignes, alucites, etc.).
- **microbiologique**: les moisissures sont toujours présentes sur les grains. Elles se développent au champ, ou au cours du stockage, elles sont inoffensives en bonnes conditions de conservation, cependant certaines peuvent faire baisser la faculté germinative tandis que d'autres, dans des conditions bien particulières sécrètent des substances toxiques (mycotoxines).
- **enzymatique**: dans des conditions optimales de température et d'humidité, les enzymes présents dans les grains ou secrétés par la microflore entrent en activité et favorisent la dégradation de l'amidon et le rancissement des lipides.
- **chimique ou biochimique**: lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement, voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain).
- **mécanique**: il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention. (Anonyme, 2011).

2.5.2 Facteurs d'altération

Selon Anonyme (2011), les trois principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont

- **le temps:** c'est le facteur prépondérant puisqu'il conditionne la durée des dégradations. Plus un grain humide attend avant d'être traité, plus il se dégrade, il convient donc d'agir le plus rapidement possible après la récolte pour mettre ce grain dans de bonnes conditions de stockage.
- **l'humidité du grain:** elle conditionne l'intensité des dégradations surtout si le grain est très humide. Lorsque l'humidité du grain est portée au niveau du « seuil de stabilisation » (il n'y a plus ni eau libre ni eau faiblement adsorbée) l'activité respiratoire est très faible, et le produit se comporte presque comme une matière inerte. Par contre aux normes commerciales (1 à 3 points au-dessus du seuil de stabilisation) il y a des risques de mauvaise conservation, il faudra donc surveiller le grain. Une augmentation de l'humidité de 1,5 point entraîne une multiplication par deux de l'intensité respiratoire du grain donc de la quantité de chaleur dégagée. Les moisissures ne peuvent se développer qu'avec une humidité relative de l'air interstitiel supérieure à 65-70 %.
- **La température du grain:** une augmentation de 5°C. double l'intensité respiratoire. On a donc intérêt à abaisser la température de stockage par la ventilation. Les insectes ne se reproduisent plus au-dessous de 12°C. et ils sont tués si le grain peut être maintenu durant 2 mois 1/2 en dessous de 5°C. (Anonyme, 2011).

2.6. Etapes de transformation du blé dur

La figure (09), mouture que la transformation du blé se fait en plusieurs étapes. (Ghomari, 2010).

- **Réception Des Matières Premières**

A l'arrivée du blé dur aux moulins la quantité reçue sera pesée puis versée dans une trémie. Ensuite, le blé est transmis vers les silos de stockage par le biais des transporteurs et des élévateurs à godets.

- **Phase De Pré-Nettoyage**

Le pré-nettoyage a pour but d'éliminer les gros refus issus du déchargement avant le stockage du blé dans les silos de réception et de mélange par le biais de différents appareils.

- **Nettoyage**

Le diagramme de nettoyage, dans un moulin, constitue une partie très importante du processus de fabrication puisqu'il détermine la qualité du blé qui servira à la mouture.

- **Conditionnement**

Le conditionnement de blé est une étape essentielle pour le bon déroulement de la mouture. Il vise à modifier l'état physique des grains, de manière à permettre par la suite la meilleure séparation possible au cours de la mouture entre l'albumen amylicé d'une part et les enveloppes, la couche à aleurone et le germe d'autre part. Le conditionnement repose sur le traitement des grains par de l'eau ou par une action combinée de l'humidité et de la chaleur. Ce traitement sera complété par le repos des grains dans des boisseaux et par une humidification supplémentaire, suivie d'un court repos, avant le broyage.

- **Premier Mouillage**

Le blé issu du nettoyage à sec possède une humidité initiale (H_i), passe par le premier mouilleur intensif où il reçoit $2/3$ de l'eau qu'il faut ajouter, puis il est déchargé dans une cellule de repos.

- **Temps de repos**

Il représente le temps nécessaire pour la distribution de l'eau à l'intérieur du grain vu que pendant l'humidification de blé, une partie de l'eau incorporée est immédiatement absorbée par le grain. Pour que l'eau passe à travers les enveloppes et le germe afin qu'il atteigne le cœur de l'amande, le plus longtemps possible.

- **Deuxième mouillage**

Le blé extrait de la cellule du premier repos passe par le deuxième mouilleur intensif, où on ajoute le dernier 1/3 de la quantité d'eau qu'il faut incorporer au blé.

- **Deuxième temps de repos**

Après le deuxième mouillage le blé est déchargé dans une cellule de la deuxième cellule repos.

- **Mouture**

La mouture se fait en plusieurs étapes. (Ghomari, 2010).

- **Broyage** : Il s'agit d'une opération de réduction du diamètre du grain par compression entre deux cylindres métalliques cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes.

- **Désagrégage** : Ce sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures qui interviennent dans le traitement des semoules vêtues (semoules refusées au niveau duasseur) en éliminant les fragments de son qui adhèrent à l'amande.

- **Claquage et convertissage** : Dans cette phase de la mouture, l'objectif est de réduire progressivement le diamètre des particules d'amande pour produire de la farine en préservant la qualité de celle-ci. Pour atteindre ce but on utilise des cylindres lisses.

- **Blutage** : Cette opération permet la séparation des produits de mouture selon leur grosseur après des passages successifs dans un appareil à cylindre.

- **Sassage** : Il a pour rôle de compléter le classement des produits préalablement effectués sur le plansichter en vue de les répartir suivant leur grosseur.

Il est à noter que le produit fini, issu des sasseurs, va vers les vis de récolte puis ensuite vers les silos de stockage des produits finis. De ces derniers, le produit est acheminé vers les différents appareils d'ensachage ou vers un compartiment de chargement des produits en vrac (cas du son).

- **Ensachage**

Représente l'opération finale. Nos produits finis passent dans d'autres appareils où ils sont pesés et mis dans des sachets, selon des techniques de pointe, prêts à être stockés ou livrés directement à nos clients. (Ghomari, 2010).

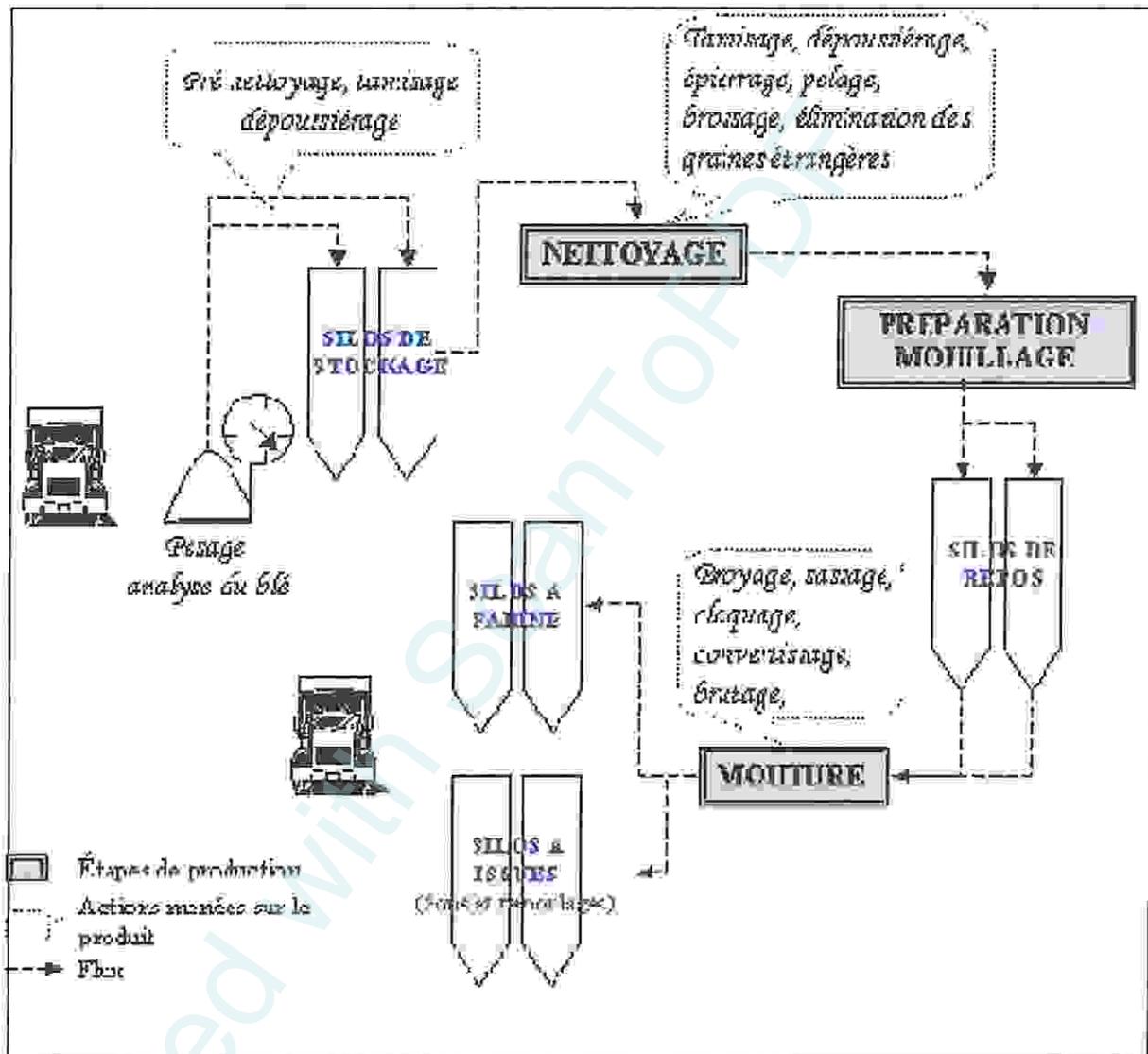


Figure 05 : Le cycle de transformation [01].

2.7. Utilisation de blé dur

2.7.1. Première transformation des blés durs

-Semoule

La semoule (du latin « similia » : fleur de farine) est constituée par des fragments de l'amande du grain (Abecassis, 1993). La finesse de la mouture peut être réglée de manière à produire des semoules plus ou moins fines. Comme la farine, la semoule peut être entière ou raffinée. (Ghomari, 2010).

2.7.2. Deuxième transformation des blés durs

-Pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires sont des aliments fabriqués à partir d'un mélange pétri de farine de semoule de blé dur, d'épeautre, de riz ou d'autres types de céréales, d'eau et parfois d'œuf et de sel. Elles présentent plusieurs variétés, selon la diversité des formes comme les nouilles, spaghetti, coquillettes, ou macaronis. (Ghomari, 2010).

Les pâtes alimentaires sont universellement connues, et appréciées, la simplicité de leur fabrication à la conservation et au stockage, leur bonne qualité nutritionnelle et hygiénique, la diversité des modes de préparation est autant d'atouts qui favorisent leur consommation. (Feillet, 2000).

-Couscous

Le couscous est un aliment traditionnel des pays d'Afrique du nord (Algérie, Maroc, Tunisie, Libye) qui progressivement du gagné d'autres pays des pourtours méditerranéen, la France en particulier. (Feillet, 2000).

Le Couscous désigne les granules sphériques obtenues par agglomération de semoule de blé dur celles-ci pouvant être fines, moyennes ou grosses. (Ghomari, 2010).

2.8. Evaluation de la qualité d'un blé dur

2.8.1. Notion de qualité

La consommation annuelle de blé dur en Algérie est de 102 Kg/habitant. Grâce à sa valeur nutritionnelle élevée et à ses qualités technologiques (viscosité de l'albumen, finesse des enveloppes, teneur élevée en protéines, pigments caroténoïdes et ténacité du gluten), le blé dur est utilisé comme matière première pour la fabrication des semoules, des pâtes alimentaires, du couscous et de la galette. Aussi l'objectif essentiel de la sélection demeure l'obtention d'une semoule et pâtes alimentaires de qualité répondant aux exigences des industriels et du consommateur. (Mekliche *et al*, 2003).

La filière blé dur dispose aujourd'hui de nombreux tests fiables d'appréciation de la qualité. Toutefois cet ensemble de mesures est évolutif et son enrichissement progressif vient de la créativité des chercheurs et de nouveaux besoins exprimés par les industriels. C'est la raison pour laquelle les partenaires de la filière se sont accordés sur différentes mesures, analyses et tests, dont la mise en application permet une évaluation globale donnant satisfaction. (Derbal, 2009).

La notion de « qualité » de blé dur est très complexe. Sa définition dépend à la fois des variétés, des conditions de culture, de l'interaction entre génotype-milieu et de la valeur nutritionnelle. (Derbal, 2009). Le blé et la semoule sont utilisés comme suit:

- Le semoulier recherche des variétés à poids spécifique élevé car les unités de transformation se basent sur ce paramètre pour triturer le blé (Feillet et Dexter, 1996).
- Le pastier recherche des semoules pures et non contaminées par le son.
- La ménagère recherche des semoules pures et de couleur ambrée. Cette semoule de qualité supérieure doit présenter une granulométrie homogène et une bonne teneur en gluten. (Derbal, 2009).

2.8.2. Notion de qualité technologique

La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Les produits fabriqués sont surtout les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation) et la semoule (industries de première transformation). La qualité doit donc répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trenteseaux, 1995 Cité in Derbal, 2009). De la qualité de la matière première dépend celle du produit fini. Les constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique. La définition de leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro-climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière: sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs (Benbelkacem et Kellou, 2000). Des travaux ont montré l'importance des protéines du gluten, de certaines enzymes et des lipides, dans l'aptitude des blés à être transformés en pain ou en pâtes alimentaires (Abecassis *et al.* (1990) cités in Derbal, 2009). La qualité

technologique du blé dur englobe une série de caractéristiques qui vont du rendement en semoule jusqu'à l'aptitude à la transformation en pâtes alimentaires. Les caractères technologiques d'un blé sont fortement liés à sa variété. Ils sont susceptibles de fluctuation sous l'influence des conditions agro-climatiques. (Derbal, 2009).

2.8.3. Les composants du grain en relation avec la qualité

La qualité du blé dur est influencée par chacun des constituants du grain. (Boulfedjhal, *et al.*, 2007).

2.8.3.1. Les protéines

Matweef (1966) cité in Boulfedjhal, *et al.* (2007) recommande un blé dur ayant une teneur en protéine supérieure à 13% pour la production de bonnes pâtes car une teneur inférieure à 11% donne des pâtes de mauvaise qualité. La teneur en protéines s'est révélée un facteur déterminant des propriétés rhéologiques et culinaires des semoules. Elles sont responsables de la qualité des pâtes alimentaires à 87% (Cherdouh, 1999), sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines, celles-ci étant liées au patrimoine génétique de la variété (Boulfedjhal *et al.*, 2007).

Ainsi, la qualité des protéines d'une culture particulière est généralement présumée être contrôlée par un type d'allèles présents dans divers loci et qui contrôle le gluten des protéines, nommés les gliadines et les glutamines. (Liu *et al.* (1996) in Boulfedjhal, *et al.*, 2007).

2.8.3.2. Le Gluten

Selon Feillet (2000), le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation d'une pâte de blé tendre ou blé dur. Principalement constitué de protéines (75 à 80% M.S), il contient également de l'amidon (8 à 10% M.S), des sucres réducteurs (1 à 2% M.S), des lipides (5 à 10% M.S), dans les 2/3 environ sont des

lipides polaires, des pentosanes (2% M.S) et des matièresminérales (1%M.S).à l'état humide, il contient de (66 à 67 %) d'eau, c'est-à-dire à peu près deux parties d'eau pour une partie de substances sèches.

Les constituants protéiques majeurs des glutens sont les gliadines et les glutamines à parts à peu près égales. Des faibles proportions d'albumines et de globulines sont présentes (Godon, 1991 Cité in Leila, 2008).

2.8.3.3. L'amidon

La fonction la plus importante de l'amidon en technologie est attribuée à la gélatinisation dont l'intensité dépend de l'humidité, de la température, de la durée du traitement et de la teneur en protéine de l'aliment. Selon (Gibson *et al*, 1997) .La gélatinisation serait un phénomène physique survenant au cours de la cuisson ou du pré cuisson en milieu humide. Le grain d'amidon perd sa configuration native et acquiert une structure plus lâche, dans ce cas le caractère hydrophile du polymère se développe. Ce phénomène se caractérise par un gonflement et une solubilité de l'amidon, qui permet au produit de garder son aspect original. Un amidon gélatinisé fourni à la surface du produit une pellicule imperméable qui réduit les pertes de nutriments hydrosolubles au cours du trempage ou de la cuisson à l'eau.

2.8.3.4. Les lipides

Les principales matières grasses du blé sont des acides gras (acides palmitique, stéarique, oléique, linoléique et linoléique) dans le cas du blé dur, les travaux qui relient la fraction lipidique à la qualité des blés, sont peu nombreux. Généralement les lipides qui représentent 1-2% de la semoule de blé dur et des pâtes, jouent un rôle relativement important dans la qualité culinaire, en s'associant aux protéines au cours du malaxage ou du séchage des pâtes (Laignelet, (1983)cité in Boulfedjghal *et al*, 2007) .

2.8.4. Norme codex pour le blé dur (codex stan 199-1995)

2.8.4.1. Description

- ❖ Le blé dur est constitué de grains provenant des variétés de l'espèce *Triticum durum* Desf.

2.8.4.2. Facteurs essentiels de composition

- ❖ **Facteurs de qualité et de sécurité – critères généraux**

- Le blé dur doit être sain et propres à la transformation pour la consommation humaine.
- Le blé dur doit être exempt de saveurs et d'odeurs anormales, d'insectes et d'acariens vivants.

2.8.4.3. Facteurs de qualité – critères spécifiques

- ❖ **Teneur en eau** : Une teneur moindre en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage. Les gouvernements acceptant la norme sont priés d'indiquer et de justifier les critères applicables dans leur pays.

Teneur maximale : Blé dur : 14,5 % m/m

- ❖ **Ergot** : *Sclerotium* du champignon *Claviceps purpurea*

Teneur maximale : Blé dur 0,05 % m/m

- ❖ **Les matières étrangères** : sont toutes les matières organiques ou inorganiques autres que le blé dur, les brisures, les autres graines et les souillures.

- ❖ **Graines toxiques ou nocives** : Les produits visés par les dispositions de cette norme doivent être exempts des graines toxiques ou nocives énumérées ci-après en quantités susceptibles de présenter des risques pour la santé. Crotalaire (*Crotalaria* spp.), nielle des blés (*Agrostemma githago* L.), ricin

(*Ricinus communis* L.), stramoine (*Datura* spp.), et autres graines généralement reconnues dangereuses pour la santé.

- ❖ **Souillures** : Impuretés d'origine animale, (y compris les insectes morts) 0,1 % m/m maximum

Autres matières étrangères organiques définies comme des substances organiques autres que des graines comestibles de céréales (graines d'autres plantes, tiges, etc.)

Teneur maximale : Blé dur 1,5 % m/m

- ❖ **Matières étrangères inorganiques** définies comme des substances inorganiques (pierres, poussières, etc.):

Teneur maximale : Blé dur 0,5 % m/m

2.8.4.4. Contaminants

- ❖ **Métaux lourds** : Les produits visés par les dispositions de la présente norme doivent être exempts de métaux lourds en quantités susceptibles de présenter des risques pour la santé humaine.
- ❖ **Résidus de pesticides** : Le blé dur doit être conforme aux limites maximales de résidus fixées par la Commission du Codex Alimentarius pour ce produit

2.8.4.5. Hygiène

- ❖ Il est recommandé que le produit visé par les dispositions de la présente norme soit préparé et manipulé conformément aux sections appropriées du « Code d'usage international recommandé – Principes généraux d'hygiène alimentaire » et des autres Codes d'usages recommandés par la Commission du Codex Alimentarius applicables à ce produit.
- ❖ Dans la mesure où le permettent les bonnes pratiques de fabrication, le produit nettoyé doit être exempt de matières indésirables.

- ❖ Lorsqu'il est soumis à des méthodes appropriées d'échantillonnage et d'examen, le produit, après nettoyage et tri, et avant transformation ultérieure, doit être:
 - ✓ exempt de microorganismes en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé;
 - ✓ exempt de parasites susceptibles de présenter un risque pour la santé;
 - ✓ exempt de substances provenant de microorganismes, champignons inclus, en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé.

2.8.4.6. Conditionnement

- ❖ Le blé dur doit être emballé dans des récipients préservant les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit.
- ❖ Les récipients, y compris les matériaux d'emballage, doivent être fabriqués avec des matériaux sans danger et convenant à l'usage auquel ils sont destinés. Ils ne doivent transmettre au produit aucune substance toxique, ni aucune odeur ou saveur indésirable.
- ❖ Lorsque le produit est emballé dans des sacs, ceux-ci doivent être propres, robustes et solidement cousus ou scellés.

2.8.4.7. Étiquetage

Outre les dispositions de la Norme générale Codex pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées, les dispositions spécifiques ci-après sont applicables:

- ❖ **Nom du produit**: Le nom du produit déclaré sur l'étiquette doit être «blé dur».

- ❖ **Étiquetage des récipients non destinés à la vente au détail**

Les renseignements sur les récipients non destinés à la vente au détail doivent figurer soit sur le récipient, soit dans les documents d'accompagnement, exception faite du nom du produit, de l'identification du lot, et du nom et de l'adresse du fabricant ou de l'emballleur qui doivent figurer sur le récipient. Cependant, l'identification du lot, le nom et l'adresse du fabricant ou de l'emballleur peuvent être remplacés par une marque d'identification, à condition que cette marque puisse être clairement identifiée à l'aide des documents d'accompagnement. (Anonyme, 1996).

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

Produced with SCANTOPDF

3. Matériel et méthodes

3.1. Objectif de l'étude

Cette étude vise à comparer les caractéristiques technologiques de trois variétés de blé dur à fin de les comparer et évaluer leurs qualités pour des fins agronomiques, économiques et nutritionnelles.

3.2. Matériel végétal

L'étude a porté sur trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) : GTA, WAHA et OFANTO (Ouarsanis) fournies par l'O.A.I.C de SOUK AHRAS

3.3. Caractéristiques des variétés étudiées

Les caractéristiques des variétés étudiées sont indiquées dans le tableau 06.

Tableau 06 : Caractéristiques des variétés étudiées. (Zaghouane et Boufnar, 2006).

Variétés	WAHA	GTA	OFANTO
Caractéristiques			
Origine	ICARDA (Syrie)	CIMMYT (Mexique)	Italie
Caractéristiques morphologiques			
-Compacité de l'épi	Compact	Compact	Compact
-Couleur de l'épi	Blanc	Blanc	Blanc
-Hauteur de la plante à la maturité	90-100 cm	Moyenne	90-100 cm
Caractéristiques culturales			
-Alternativité	hiver	hiver	hiver
-Cycle végétatif	semi-précoce	précoce	semi-précoce
-Tallage	fort	fort	précoce
-Résistance :			
- au froid	tolérante	résistante	fort
-A la verse	résistante	Moy. résistante	tolérante
-A la sécheresse	tolérante	résistante	résistante
-Egrenage	moyenne	résistante	tolérante
-Résistance aux maladies			moyenne

-Rouille jaune	tolérante	résistante	
-Rouille brune	tolérante	Moy. résistante	tolérante
-Oïdium	Moy. tolérante	résistante	tolérante
-Septoriose	résistante	résistante	Moy. tolérante
- Fusariose	résistante	résistante	résistante
-Piétin verse	/	résistante	résistante
-Piétin échaudage	/	résistante	/
Caractéristiques qualitatives			/
Poids de mille grains	Moyen	Moyen	
Qualité semoulière	Assez bonne	bonne	Moyen
Mitadinage	Résistante	Moy. résistante	Bonne
Moucheture	Résistante	sensible	Résistante
Conditions techniques			Sensible (en zone littoral)
Date de semis	Nov.-décem.	Nov.-début jan.	mi-nov. à mi-décem.
Dose de semis (Kg/ha)	100-120	130-150	130
Fertilisation (u/ha)			
Azotée	46-90	90-100	46-70
phosphatée	46-90	90	46
potassique	46	46	46
Productivité			
Rendement en grain optimal	46 qx/ha	50 qx/ha	50 qx/ha

3.4. Sites de l'expérimentation

L'analyse des différents paramètres étudiés a été effectuée en partie au niveau des moulins AMOR BENAMOR implantés à la zone industrielle d'EL Fedjoudj installé

à la wilaya de GUELMA (Nord-Est Algérien) pour les paramètres : teneur en eau (humidité), teneur en protéines, mitadinage, poids spécifique et poids de mille grains) ; et au niveau des Grands Moulins Belghith, implantés à M'daourouch de l'Antique MADAURUS romain, dans la wilaya de SOUK AHRAS, pour les paramètres: taux de cendres et gluten.

3.5. Paramètres étudiés

3.5.1. Détermination de la teneur en eau (l'humidité)

-Définition

Elle est équivalente à la perte de masse après étuvage des produits et s'exprime en %. (Charles, 2001).

-Principe

Séchage du produit à une température comprise entre 100 et 133°C, à pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.

-Appareillage

-Etuve

- Balance analytique de précision
- pince
- dessiccateur
- Nacelles (en aluminium), rondes de préférence

-Mode opératoire

- * Introduisez le nombre nécessaire de nacelle dans l'étuve, les laisser pendant 15 min
- * laisser refroidir les nacelles dans un dessiccateur environ 20 min (ANNEXE planche 01).
- * peser 5g du produit broyé, soit m_1 (le poids de la nacelle vide + la prise d'essai)
- * introduire dans l'étuve les nacelles contenant la prise d'essai et son couvercle et les y laisser s'séjourner durant 2 heures.
- * Retirer les nacelles de l'étuve, dès que les nacelles sont refroidies à la température de laboratoire, les peser soit, m_2 . (Godon et Loisel, 1984).

-Expression du résultat:

- la teneur en eau est exprimée en pourcentage en masse du produit tel quel est donnée par la formule suivante : (Godon et Loisel, 1984).

$$H = m_1 m_2 / m_1 - m_0 \times 100$$

m_0 : la masse, en gramme de la nacelle et de son couvercle.

m_1 : la masse, en gramme, de la nacelle, du couvercle et de la prise d'essai avant séchage.

m_2 : la masse, en gramme, de la nacelle, du couvercle et de la prise d'essai après séchage.

3.5.2. Détermination de la teneur en cendres (le taux de minéralisation)

-Définition

Les cendres constituent le résidu obtenu après incinération à 900°C dans les conditions décrites dans la présente méthode et exprimée en pourcentage en masse. (Charles, 2001).

-Principe

Le principe repose sur l'incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de $900 \pm 25^\circ\text{C}$ jusqu'à combustion complète de la matière organique et pesée du résidu obtenu.

-Réactifs

Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) à 95% : 1 à 2 ml / échantillon.

-Appareillage

- broyeur
- balance analytique
- nacelles à incinération

- four à moufle
- plaque unie thermorésistante
- dessiccateur
- pince en acier inoxydable

-Mode opératoire

* immédiatement avant l'emploi, chauffer durant environ 15min les nacelles dans le four réglé à $900 \pm 25^\circ\text{C}$, laisser refroidir à température ambiante dans le dessiccateur et les peser (ANNEXE planche 02).

* dans la nacelle à incinération déjà préparé, peser 5g de l'échantillon pour essai, répartir la matière en une couche d'épaisseur sans la tasser.

* Déterminer immédiatement la teneur en eau.

* Afin d'obtenir une incinération uniforme, humecter la prise d'essai dans la nacelle au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.

* placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à $900^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$ jusqu'à ce que la matière s'enflamme (pendant 1h à 1h.30min).

* retirer les nacelles du four, les mettre à refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante ; la peser alors rapidement.

-Expression des résultats

Le taux de cendres exprimé en pourcentage en masse est donné par les formules suivantes : (Godon et Loisel, 1984).

-Taux rapporté à la matière telle quelle (MTQ)

$$\text{MTQ} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

-Taux rapporté à la matière sèche (MS)

$$\text{MS} = \text{MTQ} \times \frac{100}{100 - H}$$

m_0 : masse de la prise d'essai (g)

m_0 : masse du résidu (g)

H : teneur en eau de l'échantillon (%).

3.5.3. Détermination de taux de protéines

-Définition

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité des semoules (Boulfedjghal *et al*, 2007).

-Principe

La détermination de la teneur en protéines totales a été faite à l'aide d'un appareil (Infra tec 1241), la spectroscopie dans le proche infra rouge est une technique analytique de plus en plus répandue pour le contrôle rapide de la qualité des matières.

-Mode opératoire

- * Placer un échantillon dans la cellule de mesure.
- * Comprimer l'échantillon dans le compartiment, en utilisant le dispositif de tassement pour lancer l'analyse, appuyer sur la touche ENTRE (ANNEXE planche 03).
- * Lorsque les résultats apparaissent à l'écran et sont imprimés, l'Infra tec 1241 est prêt pour une nouvelle analyse (Kalarasse et Zouaimia, 2010).

3.5.4. Le poids spécifique (le poids d'hectolitre)

-Définition

Il est calculé à partir de la masse d'un litre de grains et s'exprime en kg/hl sur matière telle quelle (Boulfedjghal *et al*, 2007).

-Principe

Le poids spécifique est calculé à partir de la masse d'un litre (Niléma-litre), sur un échantillon débarrassé des grosses impuretés.

-Mode opératoire***Préparation de l'échantillon**

- ** Débarrasser l'échantillon des grosses matières étrangères par tamisage.
- ** Homogénéiser l'échantillon par division et remaillage au moyen d'un diviseur conique (l'échantillon ainsi préparé devra peser environ de un kilogramme).

***Détermination**

- ** Poser la balance sur une surface plane et régulière, à l'abri des vibrations, niveau tourné vers l'opérateur ; régler l'horizontalité du socle à l'aide des vis de calage.
- ** Suspendre la mesure vide au fléau. Tarer, les trois curseurs étant au zéro (l'index de l'extrémité mobile du fléau doit coïncider exactement avec l'index fixe).
- ** Dégager la mesure du fléau. Monter la trémie sur la mesure. Engager le couteau d'arasage dans la glissière sans qu'il empiète sur l'orifice de la mesure.
- ** Remplir largement la trémie de grains puis l'araser avec la règle plate en faisant attention à ne pas faire tomber de grains dans la mesure.
- ** Ouvrir l'obturateur et laisser couler le grain dans la mesure.
- ** Avec la main droite, enfoncer le couteau à fond sans à-coup en ayant bien soin de maintenir l'ensemble mesure-trémie immobile avec la main gauche, pour éviter tout tassement accidentel. Enlever la trémie (ANNEXE planche 04).
- ** Le manchon de rehausse contient l'excès de grains. Suspendre la mesure à la balance. Libérer le fléau. Peser avec précision à l'aide des trois curseurs. (Kalarasse et Zouaimia, 2010).

3.5.5. Le poids de mille grains (PMG)

-Définition

C'est la masse de mille grains entiers (dépourvue de grains cassés et d'impuretés), déterminée par la formule suivante: (Godon et Loisel, 1984).

$$\text{PMG (g/ms)} = P \times [(100-H)]/100$$

P : la masse en grammes de 1000 grains entiers (g).

H : la teneur en eau des grains (%).

-Principe

Le principe de la détermination de la masse de 1000 grains est de peser d'une quantité de l'échantillon, séparation des grains entiers et peser le reste, suivi du comptage des grains entiers. Division de la masse des grains entiers par leur nombre, et expression du résultat rapporté à 1000 grains.

-Mode opératoire

* Relever au hasard une quantité approximativement égale à la masse de 500 grains de l'échantillon tel quel et la peser. Sélectionner les grains entiers peser le reste, et en déduire par différence la masse des grains entiers. Puis compter ces derniers à l'aide de compteur de grains ou manuellement. (ANNEXE 05)

* Déterminer sur un échantillon séparé la teneur en eau.

-Expressions des résultats

➤ La masse m_n en gramme de 1000 grains tels quels est donnée par la formule

$$m_n = m_0 \times 1000 / N$$

m_0 = masse en gramme des grains entiers.

N = le nombre de grains entiers contenus dans la masse m_0 .

➤ La masse m_s en gramme de 1000 grains sur sec est donnée par la formule. (Godon et Loisel, 1984).

$$m_s = m_h \times (100 - H) / N$$

3.5.6. Détermination du gluten

-Définition

Le gluten de blé est la substance plastoelastique composée principalement de gliadine et de gluténine. Il constitue l'armature de la pâte et lui communique ses propriétés rhéologiques. (Boulfedjghal *et al.*, 2007).

-Principe

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium. Isolement de gluten par lavage de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium, puis essorage et pesée du produit obtenu. (Boulfedjghal *et al.*, 2007).

-Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique. L'eau utilisée doit être de l'eau distillée.

- Chlorure de sodium, solution à 20 g/l (préparer une solution fraîche chaque jour et l'utiliser à une température comprise entre 18 et 22 °C).

-Appareillage

- Glutomatique
- Balance de précision à 0,01
- Capsule métallique émaillée, de diamètre 10 à 15 cm.
- Burette de 10 ml, graduée en 0,1 ml.
- Spatule inoxydable de longueur 18 à 20 cm.
- Tamis de forme circulaire (diamètre de 30 à 40 cm).

- Réservoir d'écoulement réglable pour la solution de chlorure de sodium.
- Essoreuse par centrifugation.
- Plaque métallique ou plaque en verre thermorésistante de 5cm×5 cm.

-Mode opératoire

-Préparation de la pâte

-Peser 10 g de farine à 0,01 g près et les introduire dans le mortier ou la capsule métallique. -A l'aide de la burette, verser 5,5 ml de la solution de chlorure de sodium en agitant la farine avec la spatule puis, comprimer le mélange avec la spatule et former une boule de pâte en prenant soin d'éviter les pertes de farine. Les restes de pâte adhérant au récipient et à la spatule doivent être rassemblés avec la boule de pâte (ANNEXE planche 06).

-Rouler cette boule de pâte entre les paumes de la main jusqu'à ce qu'elle n'y adhère plus. (Godon et Loisel, 1984).

-Extraction

Placer la boule de pâte préparée sur l'extracteur mécanique du gluten et la mouiller avec quelques gouttes de la solution de chlorure de sodium ; laver la pâte dans la machine durant 10 min avec la solution de chlorure de sodium.

L'extraction doit être suivie d'un lavage à la main à l'aide de la solution de chlorure de sodium (la durée de ce lavage n'excède pas 2 min). (Godon et Loisel, 1984)

-Expressions des résultats

Le gluten humide, exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel, est donnée par la formule suivante : (Godon et Loisel, 1984).

$$\text{Taux de gluten(\%)} = m \times 100 / 100$$

m : est la masse, en grammes, du gluten humide.

3.5.7. Détermination du taux de mitadinage

-Définition

Le mitadinage est un accident physiologique fréquent sur les grains de blé dur. Il provoque un changement de texture de l'albumen qui normalement translucide et vitreuse devient, en partie ou en totalité opaque et farineuse (Charles, 2001).

-Principe

Le principe de détermination de taux de mitadinage repose sur l'élimination des impuretés par tamisage et triage les grains sont coupés au Farinotome de Phole. (Charles, 2001).

-Appareillage

-Farinotome de Phole avec un jeu de douze plaques chaque plaque contient cinquante alvéoles.

- Pincette,
- Scalpel
- Pinceau

-Mode opératoire

- * la détermination s'effectue sur un échantillon propre.
- * introduire une plaque dans le Farinotome ; verser une poignée de grains sur la grille. Secouer de façon qu'un grain se place verticalement dans chaque alvéole. Rabattre le couvercle, et sectionner lentement tous les grains (ANNEXE planche 07).
- * Retirer la plaque avec précaution.
- * Compter le nombre de grain mitadinés, même partiellement. (Charles, 2001)

-Expression des résultats

Le taux de mitadinage est donnée par la formule suivante : (Charles, 2001).

$$\text{Taux de mitadinage} = M \times \frac{(100-L)}{100}$$

M : le pourcentage des grains mitadinés même partielle des grains examinés

L : masse des éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable en grammes.

Remarque :

Pour tous les paramètres étudiés, cinq répétitions ont été réalisés et ce pour les trois variétés.

3.6. Traitement statistique des résultats

Une analyse de la variance a été conduite pour les résultats relatifs aux différents paramètres étudiés en utilisant le logiciel Mini tab.

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

Produced with Scantopdf

4. Résultats et discussion

4.1. Teneur en humidité du grain

Les résultats obtenus (Fig. 07) montrent qu'il y a une différence de la teneur en eau entre les variétés étudiées : WAHA, GTA et OFANTO, les valeurs enregistrées sont respectivement : 12,50 %, 12,60 % et 12,26 % (Tab. 07).

La teneur en eau des grains est un paramètre important, et selon les normes la teneur maximale est de 14,5 %.

Sairam *et al.* (2001) cité in Mekliche *et al.* (2003) signalent que le stress hydrique diminue la teneur relative en eau.

L'analyse de la variance (Annexe Tab. A) a révélé des différences très hautement significatives entre les variétés.

4.2. Teneur en cendres du grain

Le taux de cendres est un critère de pureté des semoules.

La figure 08 affiche les résultats obtenus de la teneur en cendres des grains de blé pour les différentes variétés.

La variété OFANTO (Tab. 8) a enregistré la valeur la plus élevée (1.69 %), suivie par la variété WAHA (1,59%) alors que la variété GTA a enregistré la valeur la plus faible (1,40%).

Maher *et al.* (1977) cité in Derbal, (2009) signalent que La teneur en cendres dépend essentiellement du lieu de culture, des conditions de maturation, et très peu de la variété.

L'analyse statistique a affiché des différences très hautement significatives entre les variétés. (Annexe Tab. B).

Tableau 07 : Teneur en humidité du grain pour les différentes Variétés de blé

Variétés / Humidité (%)	WAHA	GTA	OFANTO
$X \pm \sigma$	12.50 ± 00.00	12.60 ± 00.00	12.26 ± 0.089

X : valeur moyenne

σ : Ecart type

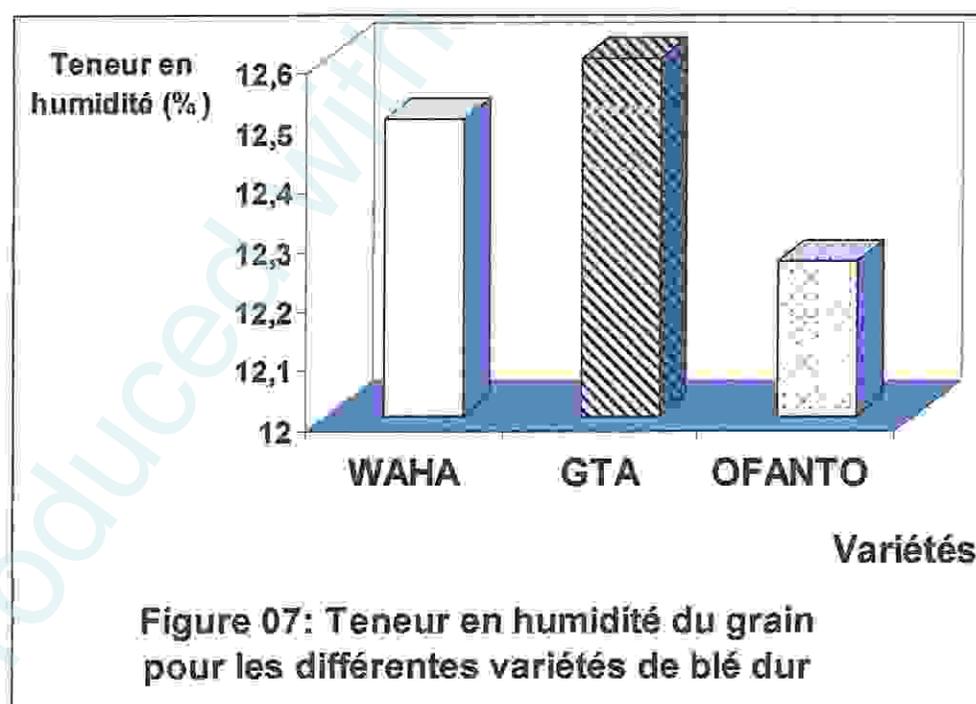
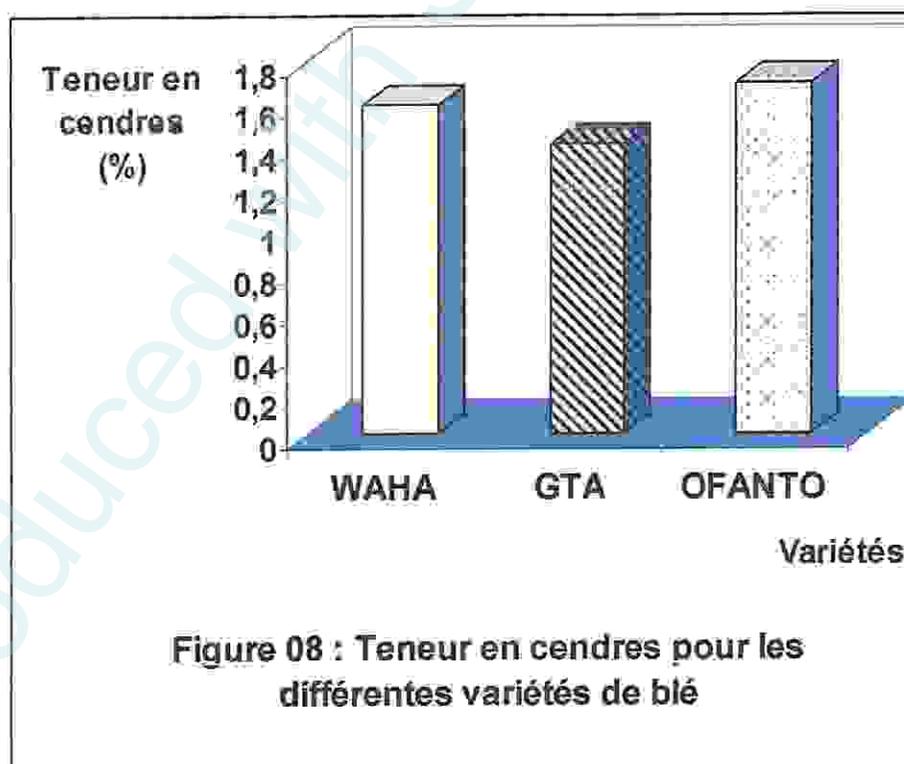


Tableau 08 : Teneur en cendres du grain pour les différentes Variétés de blé

Variétés	WAHA	GTA	OFANTO
Taux de cendres (%)			
$\bar{X} \pm \sigma$	1.59 ± 0.027	$1.40 \pm .049$	1.69 ± 0.34

\bar{X} : valeur moyenne

σ : Ecart type



4.3. Teneur en protéines du grain

Les résultats obtenus pour ce paramètre (Fig. 9) montrent une différence notable entre les trois variétés étudiées (Annexe Tab. E).

Une teneur importante en protéines (14,00%) a été notée chez la variété WAHA comparativement aux autres variétés (Tab. 9), OFANTO a enregistré une valeur moyenne (11,34%) alors que pour la variété GTA la teneur en protéines était faible, comparativement aux autres variétés (9,86%).

Selon Zaghouane et Boufenar (2006) la teneur moyenne en protéines du grain de blé, est comprise entre 7 et 18 %.

Liu *et al.* (1996) notent que la teneur en protéines est susceptible de varier en fonction des variétés, des facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques de développement de la plante, des parties histologiques du grain et de la maturation du grain.

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives entre les variétés (Annexe Tab. C).

4.4. Teneur en Gluten du grain

Les résultats relatifs à la teneur en gluten des grains des variétés de blé dur étudiées sont représentés dans la figure 10.

Les variétés WAHA et OFANTO ont montré des teneurs élevées en gluten (Tab. 10), alors que la variété GTA a montré une teneur faible, les valeurs enregistrées sont respectivement, 34,2 %, 34,2 % et 29,40 %.

Le blé dur est caractérisé par une haute teneur en gluten et en protéines, ce qui le rend particulièrement apte à la fabrication de pâtes. Mais ce gluten ne contient pas de gluténines de grande taille, nécessaires à une bonne levée du pain [16].

La performance boulangère du blé dur s'améliore à mesure qu'augmente la force de son gluten, mais les variétés à gluten fort ont souvent un gluten tenace qui nuit à

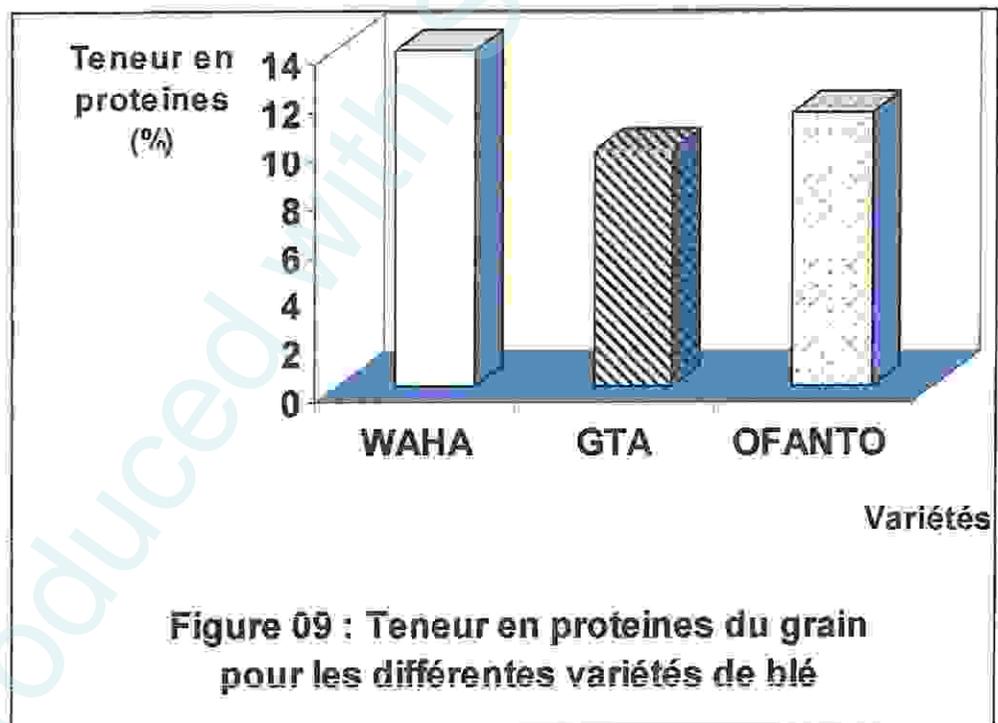
l'extensibilité de la pâte et limite le volume du pain, en réduisant sa réaction à la cuisson (Quaglia, 1988).

Tableau 09 : Teneur en protéines du grain pour les différentes Variétés de blé dur

Variétés	WAHA	GTA	OFANTO
Protéines (%)			
$\bar{X} \pm \sigma$	14.00 \pm 0.158	9.86 \pm 0.054	11.34 \pm .089

\bar{X} : valeur moyenne

σ : Ecart type



Feillet (2000) révèle que la quantité et la qualité du gluten influe sur la valeur de la semoule, le gluten des semoules de mauvaise qualité s'hydrate plus facilement et qu'il est plus visqueux et moins élastique, que celui extrait d'une semoule de bonne qualité.

Mok (1997) cité in Derbal, (2009) signale que, sur le plan quantitatif, la teneur en gluten dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante, et sur le plan qualitatif, elle est liée au patrimoine génétique de la variété.

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives entre les variétés (Annexe Tab. D).

4.5. Le poids spécifique du grain

La figure 11 montre les résultats relatifs au poids spécifique du grain pour les différentes variétés étudiées.

La variété GTA a enregistré une valeur élevée comparativement aux deux autres variétés (Tab. 11), WAHA et OFANTO ont enregistré respectivement 83,8 Kg /Hectolitre et 83,00 Kg /Hectolitre.

Le poids spécifique est largement reconnu comme facteur de classement de première importance, parce qu'il est relié à la condition plus ou moins saine du grain de blé. Le poids spécifique est aussi souvent utilisé comme indice du potentiel meunier, mais on ne s'entend pas sur sa valeur réelle comme prédicateur du rendement meunier réel (bellebcir, 2008).

Les mêmes auteurs ajoutent, qu'en effet, la relation existant entre le poids spécifique et le rendement meunier varie selon les classes de blé et les cultivars de chaque classe. Le poids spécifique dépend en partie de la teneur en eau, du taux de dommages dus aux intempéries, de la grosseur et de la densité du grain ainsi que du coefficient de tassement, et ces facteurs ont peu d'incidence directe sur le potentiel meunier.

L'analyse de la variance a affiché des différences très hautement significatives entre les variétés (Annexe Tab. E).

Tableau 10 : Teneur en Gluten du grain pour les différentes Variétés de blé

Variétés \ Gluten (%)	WAHA	GTA	OFANTO
$X \pm \sigma$	34.20 ± 1.303	29.40 ± 0.547	34.20 ± 0.836

X : valeur moyenne

σ : Ecart type

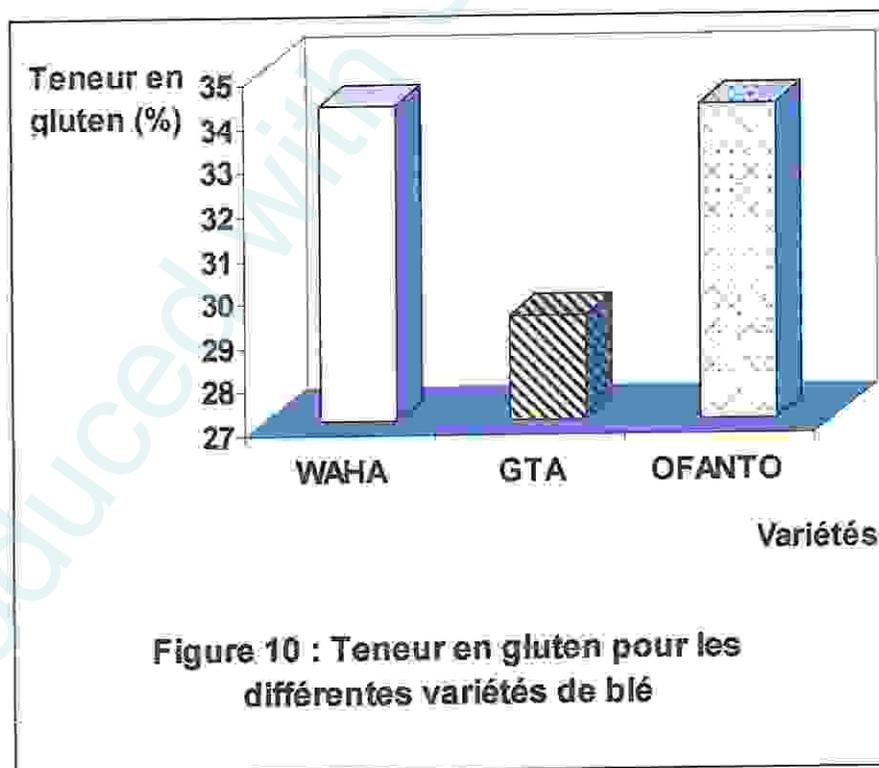
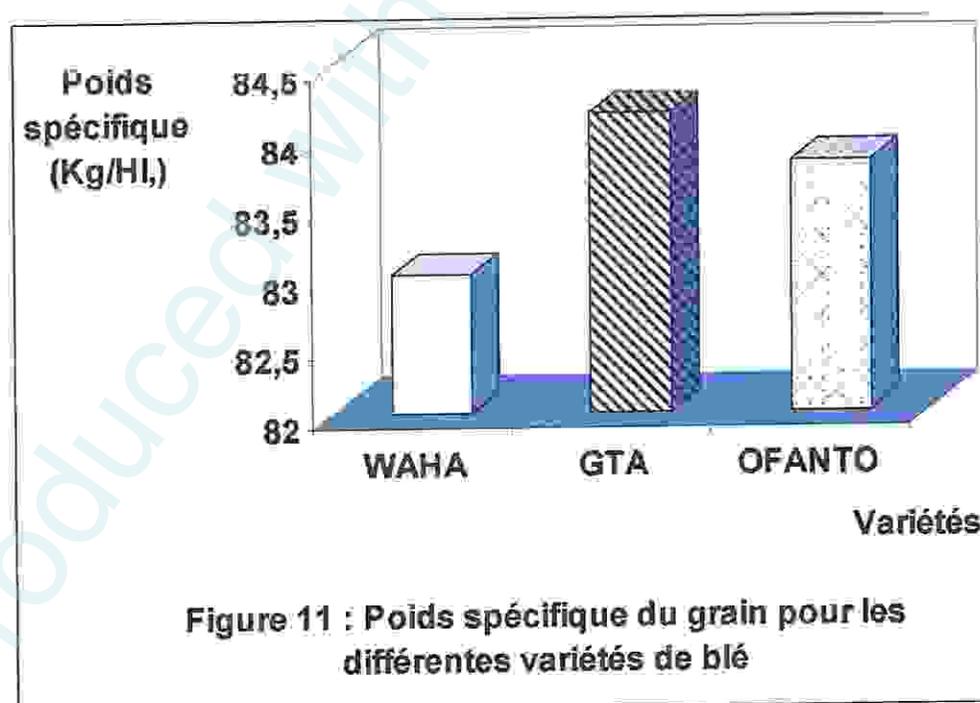


Tableau 11 : Poids spécifique du grain pour les différentes Variétés de blé

Variétés	WAHA	GTA	OFANTO
Poids spécifique (Kg /hectolitre)			
$X \pm \sigma$	82.99 ± 0.124	84.14 ± 0.232	83.79 ± 0.538

X : valeur moyenne

σ : Ecart type



4.6. Le poids de mille grains

Les résultats obtenus pour le poids de mille grains (Fig. 12) montre une différence notable entre les variétés étudiées.

La variété OFANTO a enregistré la valeur la plus élevée (Tab.12), la variété GTA a enregistré une teneur moyenne (53,30 g), alors que, la variété WAHA a enregistré la valeur la plus faible (50,20 g) comparativement aux deux autres variétés.

Selon Zaghouane et Boufenar (2006) le poids de mille grains (PMG) est très considéré comme très élevé lorsqu'il est supérieur à 45 g.

Dexter et Matsuo (1977) cité in Derbal (2009), le poids de mille grains (PMG) est un critère variétal ; il peut subir des fluctuations liées en particulier à l'échaudage, qui résulte d'une maturation hâtée et fournit un grain ridé, riche en son. La présence de grain échaudé a une incidence sur le rendement en mouture.

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives entre les variétés (Annexe Tab. F).

4.7. Taux de mitadinage du grain

Les résultats obtenus pour ce paramètre (Fig. 13 et Tab. 13) montrent que le taux de mitadinage le plus élevée est noté pour la variété GTA (42,62%), la variété OFANTO est caractérisée par un taux de mitadinage moyen (23,83%) et la variété WAHA a enregistré le taux de mitadinage le plus faible (17,38 %).

Feuillet (1986) révèle que le mitadinage a un effet défavorable sur le rendement en semoulé et exerce une influence défavorable sur la qualité culinaire des pâtes alimentaires.

Tableau 12: Poids de mille grains (PMG)

Pour les différentes variétés de blé

Variétés PMG(g)	WAHA	GTA	OFANTO
$X \pm \sigma$	50.19 \pm 2.612	54.30 \pm 1.270	57.58 \pm 0.819

X : valeur moyenne

σ : Ecart type

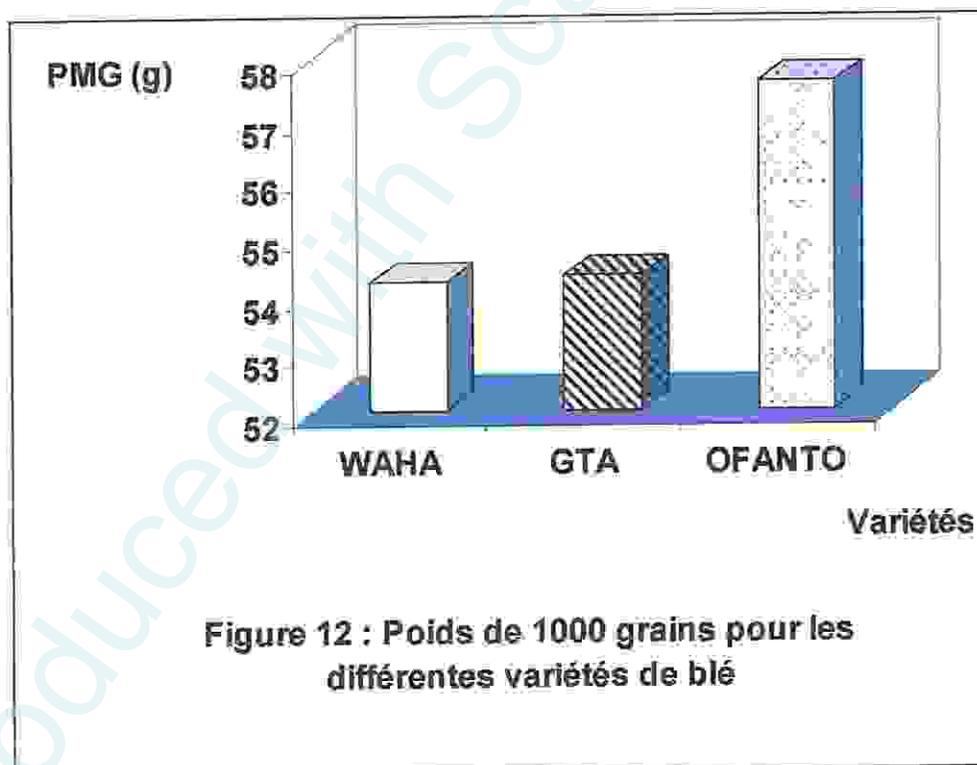


Tableau 13 : Taux de mitadinage du grain

Pour les différentes variétés de blé

Variétés	WAHA	GTA	OFANTO
Taux de mitadinage (%)			
$X \pm \sigma$	17.38 ± 0.168	42.62 ± 1.097	23.83 ± 0.089

X : valeur moyenne

σ : Ecart type

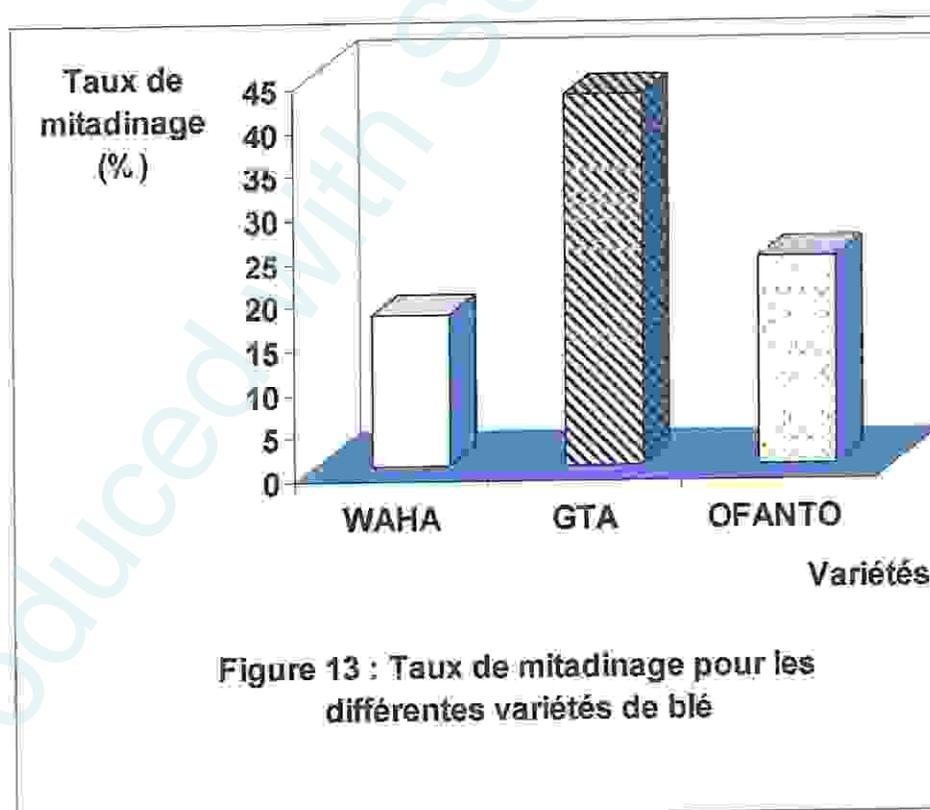


Figure 13 : Taux de mitadinage pour les différentes variétés de blé

Dexter et Edwards (1998) ont montré que les grains mitadinés se forment lorsque la plante souffre d'une carence en nitrates pendant le développement du grain. Les grains mitadinés sont importants, parce qu'ils sont moins riches en protéines et plus mous que les grains vitreux.

L'analyse de la variance des résultats relatifs au faux de mitadinage du grain, a montré des différences très hautement significatives entre les variétés de blé dur étudiées (Annexe Tab. G).

Discussion générale

Les paramètres technologiques constituent des indices de la qualité des blés et permettent par conséquent de comparer et d'évaluer les différentes variétés.

En fonction de certains facteurs d'appréciation par les utilisateurs du produit: Agriculteur, consommateur et transformateur (industriel), les paramètres estimés peuvent être classés en deux groupes :

1- **Paramètres désirés**, qui correspondent aux :

- ❖ Taux de protéines.
- ❖ Poids spécifique du grain.
- ❖ Poids de 1000 grains.

2 **Paramètres non désirés**, qui correspondent aux :

- ❖ Taux d'humidité du grain.
- ❖ Taux de mitadinage.
- ❖ Taux de cendres.

Le taux de gluten dans la semoule peut être apprécié aussi bien par sa quantité que par sa qualité, et du fait de son rôle dans la détermination de la qualité et des propriétés boulangères de la semoule, le facteur quantité de gluten est pris comme paramètre désiré.

L'analyse des résultats obtenus pour les différents paramètres estimés montre des différences significatives entre les variétés étudiées :

Le tableau 14 affiche les résultats relatifs aux différents paramètres et montre le classement des différentes variétés pour chaque paramètre :

Tableau 14 : Tableau récapitulatif des résultats.

Variétés paramètres	WAHA	GTA	OFANTO
Humidité	12,50 [2]	12,60 [2]	12,26 [3]
Protéines	14,00 [1]	09,86 [3]	11,34 [2]
Poids spécifique	82,99 [3]	84,14 [1]	83,79 [2]
Cendres	1,59 [2]	1,40 [3]	1,69 [1]
Poids de 1000 grains	50,19 [3]	54,38 [2]	57,58 [1]
Gluten	34,20 [1]	29,40 [2]	34,20 [1]
Mitadinage	17,38 [3]	42,62 [1]	23,83 [2]

Chiffre : valeur moyenne enregistrée.

[Chiffre] : classement (rang).

WAHA : *Paramètres désirés :

1^{er} rang : taux de protéines, taux de gluten.

3^{ème} rang : poids spécifique, poids de 1000 grains.

***Paramètres non désirés :**

1^{er} rang : taux de mitadinage.

2^{ème} rang : teneur en humidité, taux de cendres.

GTA : *Paramètres désirés :

1^{er} rang : poids spécifique.

2^{ème} rang : poids de 1000 grains, taux de gluten.

3^{ème} rang : taux de protéines.

***Paramètres non désirés :**

1^{er} rang : teneur en humidité, taux de mitadinage.

3^{ème} rang : taux de cendres.

OFANTO : *Paramètre désirés :

1^{er} rang : poids de 1000 grains, taux de gluten.

2^{ème} rang : poids spécifique, taux de protéines.

***Paramètres non désirés :**

1^{er} rang : taux de cendres.

2^{ème} rang : taux de mitadinage.

3ème rang : teneur en humidité.

L'analyse globale des résultats nous permet de faire ressortir les points suivants :

La variété WAHA occupe le 1^{er} rang pour le taux de protéines et le taux de gluten mais elle est caractérisée par un taux de mitadinage élevé.

La variété GTA occupe le 1^{er} rang pour le poids spécifique, et avec un poids de 1000 grains meilleur par rapport à WAHA, cependant elle est caractérisée par un taux d'humidité et un taux de mitadinage plus élevé comparativement aux deux autres variétés.

La variété OFANTO a occupé le premier rang pour le poids de 1000 grains et le taux de gluten, le deuxième rang pour le poids spécifique et le taux de protéines, mais elle est caractérisée par un taux de cendres élevé et un taux de mitadinage moindre, par rapport aux deux autres variétés.

Conclusion

Produced with ScanTOPDF

Conclusion

Au terme de cette étude, et à la lumière des résultats obtenus pour les différentes variétés on peut dire que :

- La variété OFANTO a montré plus de qualités, du fait qu'elle a occupé, soit le premier ou le deuxième rang pour le maximum des paramètres désirés (poids de mille grains, taux de gluten, poids spécifique et taux de protéines), et le deuxième ou le troisième rang pour les paramètres non désirés les plus redoutables pour la qualité du grain et de la semoule (taux d'humidité et taux de mitadinage).

- La variété WAHA a occupé le premier rang pour la teneur en protéines et le taux de gluten, qui sont des paramètres plus ou moins importants pour le consommateur et l'utilisateur (transformateur du produit) ; cependant le taux de mitadinage était élevé pour cette variété, de même que le taux d'humidité et le taux de cendres.

- La variété GTA caractérisée par la teneur la plus faible en protéines, a occupé le premier rang pour les deux paramètres non désirés qui peuvent avoir un effet considérable sur la qualité du produit : taux d'humidité et taux de mitadinage.

En conclusion on peut dire que les résultats obtenus, ne peuvent être considérés que, comme résultats préliminaires, les valeurs élevées pour les paramètres non désirés ou les valeurs basses pour les paramètres désirés, ne nous permettent pas de faire une classification et une évaluation fiable pour les trois variétés étudiées, du fait que l'ensemble des paramètres estimés peuvent être influencés par différents facteurs extrinsèques à la variété (conditions de culture, de stockage...), pour cela des études ultérieures menés dans ce cadre doivent prendre en considération les différents facteurs pouvant avoir des effets sur la qualité des produits.

Résumé

En vue de comparer et d'évaluer les caractéristiques technologiques des variétés de blé dur cultivés en Algérie, cette étude a porté sur trois variétés (WAHA, GTA et OFANTO) fournies par l'O. A. I. C de SOUK AHRAS.

Plusieurs paramètres ont été estimés sur les grains et sur la semoule.

L'analyse des résultats a montré des différences hautement significatives entre les variétés pour tous les paramètres étudiés.

Mots clés: Blé, Qualité, Caractères technologiques, Semoule.

Produced with Scantopdf

Abstract

In order to compare and evaluate the technological characteristics of durum wheat varieties grown in Algeria, this study has concerned three varieties (WAHA, GTA and OFANTO) provided by the O.A.I.C of SOUK AHRAS.

Several parameters have been estimated on the grain and semolina.

The analysis of results showed highly significant differences between varieties for all studied parameters.

Key words: Wheat, Quality, Technological characters, Semolina.

Produced with ScanTopDF

الملخص

بصدّد مقارنة وتقييم الخصائص التكنولوجية لأصناف من القمح الصلب مزروعة في الجزائر، تمت هذه

الدراسة على ثلاثة أصناف (WAHA, GTA, OFANTO) المتحصل عليها من طرف المجمع

الجزائري للحبوب لولاية سوق أهراس.

أجريت العديد من التحاليل على القمح و السميد.

أظهرت الدراسة الإحصائية للنتائج وجود فروق كبيرة بين الأصناف لجميع الخصائص المدروسة.

كلمات مفتاح : القمح، النوعية، الخصائص التكنولوجية، السميد.

Produced with Scantopdf

Références bibliographiques

Produced with ScanTOPDF

Références bibliographiques

- 1-**Anonyme, 1995.** Codex alimentarius stan 199. Norme codex pour le blé et le blé dur. Edition : FAO/OMS. : 1-4
- 2-**Anonyme, 2003.** Les céréales. INA P-G – Département AGER : 42
- 3-**Anonyme, 2006.** Document sur la biologie -La biologie de *Triticum turgidum ssp. Durum* (Blé dur) Bureau de la biosécurité végétale Direction des produits végétaux Agence canadienne d'inspection des aliments : 3 ,18.
- 4-**Anonyme, 2010.** Groupe BENAMOR. Entreprise de l'industrie alimentaire céréales et dérivés. El Fedjoudj. Guelma : 2 – 6.
- 5-**Anonyme, 2011.** Guide pratique - Stockage et conservation des grains à la ferme -. Archives de documents de la F.A.O : 12, 25, 94-102.
- 6-**Abecassis J, 1993.** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Industriels. Céréales N° 81 : 35.
- 7- **Abecassis J, 1996** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Industriels. Céréales N°81 : 25-37.
- 8-**Adrian J, Potus J et Franger P, 1995.** La science alimentaire de A à Z, 2ème édition. Tec et doc. Lavoisier, Paris : 243.
- 9-**Armand B. et Germain M.**le blé éléments fondamentaux et transformation Tec et doc. Lavoisier. Paris : 2.
- 10-**Bellebcir L, 2008.** Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales. Thèse de magister en Biodiversité et production végétale, Département de biologie et ecologie. univ. Constantine : 8-12.
- 11-**Benbelkacem A, Kellou K, 2000.** Evolution du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. *Symposium blé 2000 enjeux et stratégie* : 192p.
- 12-**Boulfedjhal, H. ; Djouad D. et Lebed F, 2007.** évaluation des caractères technologiques de quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) mémoire de fin d'étude, Univ Guelma : 5-18.
- 13-**Burny, Ph., 2010.** Production et échanges mondiaux des céréales en 2009-2010. Livre blanc: céréales ULG Gembloux Agro-Bio Tec et CRA-W Gembloux : 3.

- 14-Campion F. et Champion G., 1995. Introduction : La naissance de la plante. Biotechnologie Végétales. AUPELF. UREF : 25.
- 15-Charles, B. 2001. contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. 2ème éd ITCF : 106-181, 208.
- 16- Cheftel J.C. ; Cheftel H. et Besançon P., 1977. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments éd. Tec et doc. Lavoisier. Vol 1 : 56 ,72.
- 17-Cherdouh A., 1999. Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés durs algériens en relation avec la qualité : 9-17.
- 18-Derbal N., 2009. Etude de la variation spatio-temporelle de certaines caractéristiques technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie. Thèse de magistère en Biologie Végétale Département de biologie. Univ Constantine : 38-39.
- 19-Dexter J.E. et Edwards N.M., 1998. Incidence des facteurs de classement fréquemment détectés sur l'aptitude technologique du blé dur. Cereal Chem. N° 54: 19, 48, 60.
- 20-Feillet P. et Dexter J.E., 1996. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In "Monograph on Pasta and Noodle Technology", Matsuo R.R., Minnesota, A.A.C.C. N°95:132.
- 21- Feillet P., 2000. Le Grain De Blé. Composition et Utilisation. INRA : 307-320.
- 22-Ghomari O., 2010. Minoterie, semoulerie et pâtes alimentaires, rapport du stage. Université de Mascara Institut des Sciences de la Nature et de la Vie : 10-11.
- 23-Gibson, T.S., Solah, V.A., Mc clearyt, B. V., 1997. A procedure to measure amyliase in cereai sterches and flours with concanavain A. *Journai of Cereal Science* N° 25. : 111 - 119.
- 24-Godon B. et Loisel W., 1984 guides pratiques d'analyses dans les industries des céréales. Lavoisier : 110-117,223.
- 25-Guergah N., 1997. Contributon à l'étude de l'effet de la profondeur de semis sur le comportement d'un génotype de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en pot et en plein champs dans la région d'El-Khroub. Memoire. Ing. Univ. Batna : 69.

- 26-Hadria R., 2006.** Adaptation et spatialisation du model stics pour la gestion d'un périmètre céréalier irrigué en milieu semi-aride. Thèse de doctorat en Mécanique des Fluides et Energétiques. Faculté des sciences. Univ. CADI AYYAD : Merrakech MAROC : 7-13.
- 27-Hamadache A.M., 2001.** Manuel illustré des grandes cultures à l'usage des valorisateurs et techniciens de l'agriculture. Stades et variétés de blé. ITGC. Alger : 22.
- 28-Hamed, M., 1979.** Plantes et culture des cultures céréalières, les cultures légumineuses. Syrie : 56.
- 29-Hamel L., 2010.** Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques. Thèse de magister en génomique et techniques avancées des végétaux. Département de biologie. Univ Constantine : 59-90.
- 30-Hazmoune, T., 1994.** Contribution à la caractérisation de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en relation avec les composants de rendement. Thèse de Magistère. Univ. Batna : 80.
- 31-Kalarasse A., Zouaimia I., 2010.** Suivi de la qualité des semoules des moulins AMOR BENAMOR-EL Fedjoudj-Guelma-(Nord-Est Algérien) : Application de la méthode HACCP. Thèse de Master en QPSA. Département de biologie. Univ Guelma : 6-20, 60-79.
- 32-Mekliche A., Boukecha D., et Hanifi-Mekliche L., 2003.** Etude de la tolérance à la Sécheresse De Quelques Variétés De Ble Dur (*Triticum durum* Desf.). Effet De L'irrigation De Complément Sur Les Caractères Phenologiques, Morphologiques Et physiologiques. Institut National Agronomique El-Harrach Alger : 67.
- 33-Mouellief A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) Au stress hydrique Thèse de magistère en Biotechnologies. Département de Biologie Végétale et Écologie. Univ. Mentouri, Constantine : 11-20, 50, 69.
- 34-Ouadjani W., 2009.** Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse de magister En Biologie Végétale. Département de biologie et Écologie. Univ. Constantine. : 3-10.
- 35-Soltner D., 1987.** Les grandes productions végétales «Céréales-plantes sarclées- prairies ». 15^{ème} édition. Collection sciences et techniques agricoles : 46.

36-Quaglia GB., 1988. Other durum wheat products. In: Durum: Chemistry and Technology, G Fabriani and C Lintas, eds. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN : 263-282.

37-Vilmorin A. et Cie., 1980. Les meilleurs blés, 2ème Ed. Paris : 17-20.

39-Zaghouane O. et Boufenar F., 2006. Guide des principales variétés de céréales, 1ère édition. I.T.G.C. : 15, 16, 56, 72,76.

SITES WEB :

[1]-<http://fr.wikipedia.org/wiki/Bl%C3%A9> (Consulté le 12/01/2011).

[2]-<http://www.spri9.com/index.php?categorie=Nutrition&plantechoisie=Bl%E9>
(Consulter le 04/01/2011).

[3]-<http://www.boulangerie.net/MP/InfoBlefar.htm/#ble> (Consulté le 12/01/2011).

[4]-
http://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=ble_nu
(Consulter le 06/03/2011).

[5]-<http://www.unctad.org/infocomm/francais/ble/descript.htm> (Consulter le : 02/03/2011).

[6]-http://www.ble-hybride.com/ble_hybride/bibli/fo/bibli.asp?typnode=4&idnode=291
(Consulter le 18/02/2011).

[7]-http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1_Planetes_et_climat/_r_partition_planetaire_2hp.html (Consulter le 11/01/2011).

[8]-<http://ressources.iamm.fr/theses/93.pdf> (Consulter le :12/01/2011).

[9]-<http://oser.wordpress.com/2010/02/03/les-grains-de-ble-le-germe-la-farine-fraiche/>
(Consulter le :30/04/2011)

[10]-http://www.manche.chambagri.fr/guide_maladies_ble.asp
(consulter le :30/01/2011).

[11]-<http://www.fao.org/Wairdocs/X5163F/X5163f02.htm#4>. Manifestation de l'activité vitale du grain (Consulter le 19/04/2011).

[12]-<http://www.fao.org/Wairdocs/X5163F/X5163f03.htm#5>. Mécanismes de l'altération des grains (Consulter le 25/04/2011).

[13] -<http://www.universalis.fr/encyclopedie/cereales/>(consulter le 29/01/2011).

[14]-<http://www.qerble.fr/messossiers.php?lang=L0&color=7&clebesoin=111876085038&cle=113498551618#haut>
(Consulter le 25/04/2011).

[15]- <http://www.grainscanada.gc.ca/research-recherche/dexter/hdwb-habd/hdwb-habd-5-fra.htm>. (Consulter le 26/02/2011).

[16]http://www.museum.agropolis.fr/pages/expos/egypte/fr/cereales/genealogiebles/turgidum_durum.htm (Consulter le 25/04/2011).

Produced with ScanTOPDF

Annexes

Produced With ScantOPDF

Tableau A : Analyse de la variance pour l'humidité sur grain pour les différentes variétés de blé

Sources	DL	SomCar séq	CM ajust	F	P (signification)
Var	2	0,30533	0,15627	57,25	0,000
Erreur	12	0,03200	0,00267		
Total	14	0,33733			

Tableau B : Analyse de la variance pour le taux de cendres sur grain pour les différentes variétés de blé

Sources	DL	SomCar séq	CM ajust	F	P
Var	2	0,163080	0,081540	14,99	0,001
Erreur	12	0,065280	0,005440		
Total	14	0,228360			

Tableau C : Analyse de la variance pour le taux de protéine sur grain pour les différentes variétés de blé

Sources	DL	Soma se	CM ajust	F	P
Var	2	44,009	22,005	1833,72	0,000
Erreur	12	0,144	0,012		
Total	14	44,153			

Tableau D : Analyse de la variance pour le taux de Gluten sur grain pour les différentes variétés de blé

Sources	DL	Soma séq	CM ajust	F	P
Var	2	76,800	38,400	42,67	0,000
Erreur	12	10,800	0,900		
Total	14	87,600			

Tableau E: Analyse de la variance pour le taux de mitadinage sur grain pour les différentes variétés de blé.

Sources	DL	SomCar séq	CM ajust	F	P
Var	2	1722,72	861,36	1940,67	0,000
Erreur	12	5,33	0,44		
Total	14	1728,05			

Tableau F : Analyse de la variance pour le PS sur grain pour les différentes variétés de blé

Sources	DL	SomCar séq	CM ajust	F	P
Var	2	3,4750	1,7375	14,47	0,001
Erreur	12	1,4410	0,1201		
Total	14	4,9160			

Tableau G : Analyse de la variance pour le PMG sur grain pour les différentes variétés de blé

Sources	DL	SomCar séq	CM ajust	F	P
Var	2	137,263	68,632	20,50	0,000
Erreur	12	40,166	3,347		
Total	14	177,429			

Tableau H : Les principaux pays importateurs de blé dans le monde.

C. Millions de Tonnes

En Mt	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
UE	10,3	11,2	7,0	7,1	6,6
Bresil	7,1	6,9	5,5	6,1	7,1
Mexique	3,1	3,0	3,6	3,5	3,5
Iran	3,6	3,5	0,2	1	0,3
Egypte	7,1	6,4	7,9	7,7	7
Japon	5,7	5,9	5,4	5,5	5,5
Algérie	5,8	5,1	3,9	5,7	4,4
Indonésie	3,8	4,1	4,8	4,9	4,7
Corée du sud	4,0	4,0	3,6	3,9	3,5
Maroc	3,0	2,9	2,3	2,5	1,7
Irak	2,7	2,4	3,1	4,6	4
Philippines	2,8	3,4	2,5	2,8	2,6

Tableau I: Les principaux pays exportateurs dans le monde.

Pays/Années	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
Les 5 premiers pays exportateurs	80,6	72,1	86,2	79,8	83,4
- Argentine	11,5	10,0	13,1	8	8,7
- Australie	16,6	12,10	15,8	15,2	12,9
- Canada	16,1	10,0	15,4	15,5	20
- États-Unis	25,9	25,5	28,2	26,9	26,2
- Union Européenne	10,5	14,5	13,6	14,2	15,8
Autres pays exportateurs	18,0	21,7	23,6	27,9	25,2
- Dont Inde	3,5	5,0	1,7	0,6	0,2
- Dont Kazakhstan	4,0	3,5	2,7	2,8	5,1
- Dont Russie	4,3	5,0	7,9	10,5	8,4
- Dont Turquie	0,7	1,2	2,1	2,8	2
- Dont Ukraine	5,5	6,0	4,3	6,5	3,6
TOTAL MONDE	98,6	93,8	109,8	107,7	108,6

Source : Conseil International des Céréales, 2005

Planche 01 : Différentes étapes du mode opératoire pour la détermination de l'humidité du grain



a: étuve



b : les nacelles



c : étuve+les nacelles



d: Étuve chauffée à 130°C
Pendant 1h 30 min



e: Balance de précision



f: pesée de la nacelle



g: Pesée nacelle + 5g blé broyé



h: refroidissement
Par dessiccateur

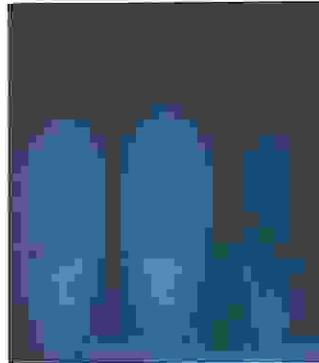


i: pesée après dessiccation

Planche 02 : Différentes étapes du mode opératoire pour la détermination du taux de cendres



a : four à moufle



b : nacelles en quartz



c : chauffage des nacelles

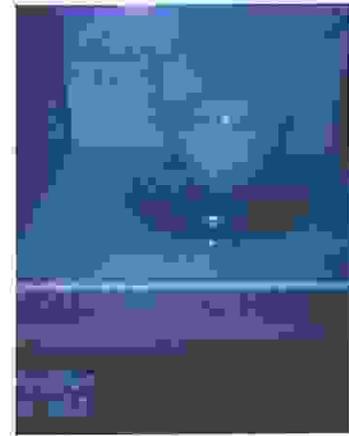
(15 min)



d : mesure de l'humidité
par le kett



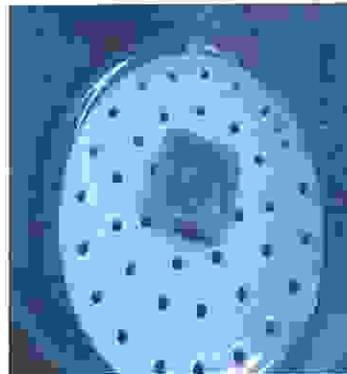
e : pesée des nacelles



f : pesée de 5g de blé broyé



g : incinération



h : refroidissement



i : pesée après incinération

Planche 03 : Différentes étapes du mode opératoire pour la détermination de la teneur en protéines



a: Infra tec 1241



b: Placer l'échantillon dans la cellule de mesure.

Planche 04 : Différentes étapes du mode opératoire pour la détermination du poids spécifique du grain



a: Niléma-litre



b: coulée des grains dans le Niléma-litre

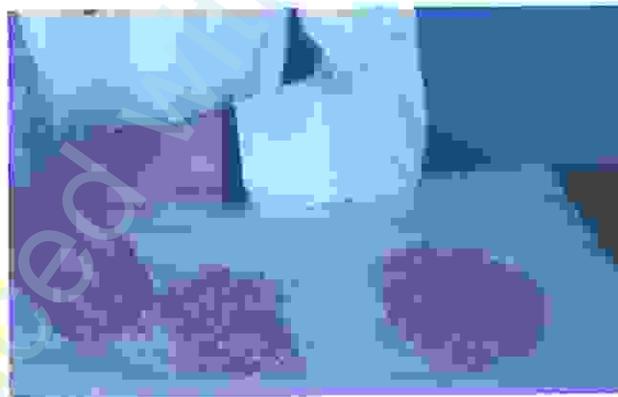


c: pesée du contenu

Planche 05 : Différentes étapes du mode opératoire pour la détermination du poids de 1000 grains



a : pesée de l'échantillon (30 g)



b : comptage des grains

Planche 06 : Différentes étapes du mode opératoire pour la détermination du taux de gluten



a: burette contenant 5.5ml d'NaCl

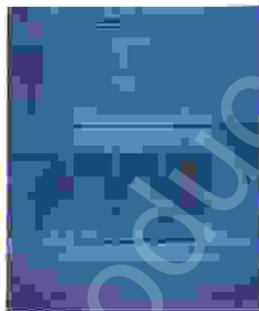


b: pesée de 10g de farine

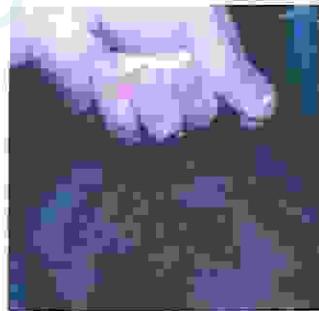


c: mortier

(10g de farine+5.5ml d'NaCl)



d: extracteur mécanique
De gluten



e: lavage à l'aide d'NaCl

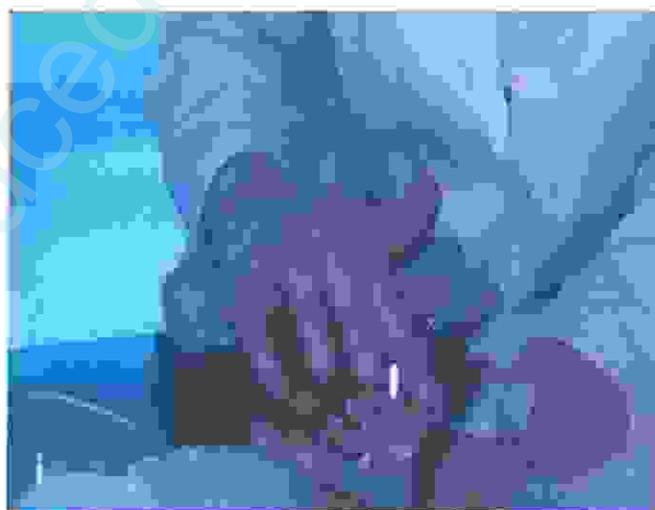


f: pesée de la boule de gluten.

Planche 07 : Différentes étapes du mode opératoire pour la détermination du taux de mitadinage



a : introduire la plaque dans le farinotome



b: mettre une poignée de grains sur la grille