

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : *SNV* Filière : *Sciences Alimentaires*
Spécialité : *Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité*

Présenté par :

BENKACIMI Feyrouz

Thème

**ÉTUDES COMPARATIVES DE LA QUALITÉ DU BLÉ
STOCKÉ**

Soutenu le : 19/10/2020

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme FERHOUM Fatiha</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Présidente</i>
<i>Mme BENSMAIL Souhila</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>Mme BOURFIS Nassima</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

*Avant tout j'adresse mes remerciements à **DIEU** le tout puissant pour la volonté, la sante et la patience qu'il m'a donné durant mes années d'études et pour la réalisation de ce travail que j'espère être utile.*

** Puis, j'adresse les plus chaleureux remerciements en particulier à ma promotrice **Mme BOURFIS Nassima** pour son chaleureux bienvenue quelle ma apportée dès le début, pour son guide durant la durée de ce travail et sa compréhension. Merci beaucoup Mme je te souhaite que le bonheur, la continuation et la réussite.*

** A la Responsable de la spécialité **Mme FERHOUM Fatiha** pour son sérieux et tous les efforts. Je tiens à la remercier aussi pour l'honneur qu'elle m'a fait pour assurer la présidence du jury.*

** Mes remerciements les plus sincères à **Mme, BENMAIL Souhila** pour avoir accepté de juger ce travail.*

** Mes remerciement et appréciations à mon responsable de travail **M. ELMIR Brahim** pour ses encouragements, ses facilitations durant la durée des études, à mes collègues aussi.*

** Je remercie aussi le directeur de la CCLS de M'sila pour l'accord.*

** La directrice du laboratoire national de l'OAIC **Mme TACHERIFAT** pour son bienvenue.*

** La responsable de laboratoire **Mme YETTOU** pour son diriger et sa disponibilité, et à toutes les chefs de départements et services ainsi que les ingénieurs du laboratoire surtout **Mme BARKATA** et **Mme CHOUTRI N.***

** Mes remerciements vont également à l'ensemble des enseignants de la spécialité Agroalimentaire Et Contrôle De Qualité je voudrais aussi exprimer mes profondes gratitude.*

** Au département d'Agronomie de la faculté SSV.*

** Aux amis que j'ai rencontrés durant cette année : **SAADI Hakima, BOURAS Rezkia, METIDJI Razika, HAICHEUR Lynda, DJELLAL Samia.** Merci pour votre soutien, compagnie et amour.*

** A toutes mes collègues merci pour votre chaleureux accueille entre vous.*

Merci à toutes personnes qui m'ont aidés de près ou de loin

Merci

Dédicace

**Je dédie ce modeste travail d'études à:*

Mes très chers parents

*A toi **papa** rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits pour mon avenir et mon bien être Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde santé*

A à mon tous à la personne la plus chère à mon cœur à mon amie de vie à ma partie de cœur et d'âme **Maman Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. J'espère que bientôt j'arriverais à vous rendre un peu de tout ce que vous m'avez offert, qui n'a pas de prix*

**Qu'ALLAH vous bénisse, protège et vous donnera la santé et longue vie.*

A mes deux parties de cœur Mes sœurs **Kahina et Nawal*

En témoignage de votre présence, attachement et amour, de l'affection que je porte pour vous deux, Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur de santé et réussite.

« Je Vous Aime »

A mon frère **ZAKI, à mes épaulés Malgré ton jeune âge mais ton présence me marque beaucoup. Je te souhaite la vie que tu imagine d'avoir.*

Que dieu te bénisse. A ma petite sœur **Ouiza, l'ange de notre petite famille.*

A mes deux familles **BENKACIMI et MOHAMED SAID*

*A mon cher **grand père Omar**, à la mémoire de **Hapou** et de mon oncle **Rachid**.*

*A ma chère cousine **Sarah***

*A mes amies **Roukja ADJISSI, Sara BOUCHAREB**, La source du grand courage tout le moment de travail.*

A tous ceux qui m'aiment et tous ceux que j'aime

BENKACIMI Feyrouz « Ferial »

Table de matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie Bibliographique

Chapitre I: Généralités Sur Le Blé

1.1 Importance alimentaire et économique des blés.....	2
1.2 Origine et histoire du blé.....	2
1.3- Structure physique du grain de blé	3
1.4- Composition biochimique des grains du blé.....	4
1.5- Propriétés physiques des grains	6
1.5.1- Porosité	6
1.5.2- Conductibilité thermique	6
1.5.3- Hygroscopicité	6
1.6- Variétés et catégories de blé	6
1.6.1. Les blés tendres	7
1.6.2. Les blés durs.....	7
1.6.3. Les blés mitadins.....	7
1.7- Production et consommation du blé en Algérie.....	8

Chapitre II : Stockage Du Blé

2.1- Le stockage	9
2.2- Le stock et les facteurs d'équilibre (stabilité).....	9
2.3- Structure du stockage.....	10
2.3.1- Méthodes traditionnelles.....	10
2.3.1.1- Les méthodes souterraines	10
2.3.1.2- Stockage en sac.....	10
2.3.1.3- Stockage en vrac	11
2.3.1.4- Stockage en silo	11
2.3.1.5- Le stockage en plein air	13
2.3.1.6- Méthode moderne	13
2.4- Facteurs d'altération des grains durant le stockage	13
2.4.1- Facteurs abiotiques	13
2.4.1.1- Température et humidité relative	13

2.4.1.2- Teneur en oxygène et en gaz carbonique.....	14
2.4.1.3- Les altérations mécaniques ou physiques.....	15
2.4.1.4- Les altérations d'origines enzymatiques.....	15
2.4.1.5- Les altérations d'origine chimiques.....	15
2.4.1.6- L'influence de la durée de stockage (facteur du temps).....	16
2.4.2- Facteurs biotiques	16
2.4.2.1- Les agents microbiologiques.....	16
2.4.2.2- Détérioration dues aux prédateurs.....	16
2.5- Les méthodes de lutte contre les insectes des blés stockés.....	20
2.5.1- Méthodes préventives	20
2.5.2- Méthodes curatives	21
Chapitre III: Critères d'appréciation de la Qualité du Blé Dur Stocké	
3.1- Echantillonnage	22
3.1.1- Méthode de prélèvement des échantillons.....	22
3.1.2- Prélèvement élémentaire.....	23
3.1.3- Echantillon global.....	23
3.1.4- Echantillon pour laboratoire	23
3.2- Qualité physique	23
3.2.1- Poids spécifique (PS).....	23
3.2.2- Agréage (détermination des différents types d'impuretés).....	24
3.2.2.1- Grains de blé endommagés.....	24
3.2.2.2- Autres céréales	25
3.2.2.3- Grains nuisibles et/ou toxiques	25
3.2.2.4- Matières étrangères (impuretés proprement dites).....	28
3.2.3- Taux de mitadinage.....	28
3.2.4- Détermination de l'infestation cachée par les insectes	28
3.3- Qualité physico-chimique.....	29
3.3.1- Teneur en eau.....	29
3.3.2- Taux de cendre.....	29
3.3.3- Taux de protéines.....	29
3.3.4- Mesure de l'acidité.....	30
3.4- Qualité technologique.....	30
3.4.1- Le gluten	30
3.5- Qualité hygiénique et microbiologique	30
3.5.1- Levures et moisissures	31

3.5.2- <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur.....	32
--	----

Chapitre IV: Synthèse des travaux des autres

4.1- Effet du stockage sur la composition du blé.....	33
4.1.1- Analyses physico-chimiques des grains de blé dur.....	33
4.2- La qualité microbiologique du blé stocké.....	36

Partie Expérimentale

Chapitre V: Analyses Physiques du Blé

5.1- Présentation des échantillons.....	37
5.2- Qualité physique.....	37
5.2.1- Poids spécifique (PS).....	37
5.2.2- Agréage (recherche des impuretés).....	38
5.2.3- Taux de mitadinage.....	40
5.3- Résultats et discussion.....	41
5.3.1- Le poids spécifique.....	41
5.3.2- Odeur et insecte.....	41
5.3.3- Ergot et grains nuisibles.....	42
5.3.4- Les impuretés de 1 ^{ère} catégorie.....	42
5.3.5- Les impuretés de 2 ^{ème} catégorie.....	43
5.3.6- Le mitadinage.....	44
Conclusion	46
Références bibliographique	47
Résumé	

Liste des abréviations

AGI : Acide Gras Insaturé

CCLS : Coopérative des Céréales et Légumes Secs

DLN : Direction du Laboratoire National

E : échantillon

g : gramme

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point

hl : hectolitre

ISO : International Organization for Standardization

JO : Journal Officiel

Kg : kilogramme

m : mètre

mm : millimètre

MS : Matière Sèche

O₂ : Dioxygène

OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

OS : Organisme Stockeur

PH : le Potentiel Hydrogène

PH₃ : Trihydrure de Phosphore (La phosphine)

PHL : Poids à l'HectoLitre

UV : UltraViolet

Liste des figures

Figure 01: Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus du grain	3
Figure 02: Coupe transversale de grain de blé dur vitreux (à gauche) et grain de blé mitadiné (à droite)	6
Figure 03: Grain de blé stocké	9
Figure 04: Relation entre la teneur en eau du grain et l'humidité relative de l'air	14
Figure 05 : Sonde à main (Sacs)	22
Figure 06 : Sonde cylindrique. (Vrac)	22
Figure 07 : Méthode de division par quartage	23
Figure 08: Quelques grains nuisibles.....	27

Liste des tableaux

Tableau 01: Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé.....	04
Tableau 02: Les principaux ennemis des denrées stockées et leurs dégâts.....	19
Tableau 03: La valeur du pH de quelques échantillons du blé dur.....	33
Tableau 04: Taux d'acidité de quelques échantillons du blé dur.....	34
Tableau 05: Taux de cendres de quelques échantillons du blé dur.....	34
Tableau 06: Teneur en lipides de quelques échantillons du blé dur.....	35
Tableau 07: Teneur en protéines de quelques échantillons du blé dur.....	36
Tableau 08: Les résultats des analyses physiques des échantillons.....	37
Tableau 09: Les résultats des impuretés de la 1 ^{ère} catégorie des échantillons.....	42
Tableau 10: Les résultats des impuretés de la 2 ^{ème} catégorie des échantillons.....	43
Tableau 11: Les résultats de l'indice de Notin des échantillons.....	44

Introduction

Introduction

En Algérie, les céréales en général et le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs. Elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (**Feliachik, 2000**).

Le secteur des céréales occupe une place vitale en termes socio-économique et parfois politique. Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales en particulier le blé dur et le blé tendre du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population (**Ammar, 2014**).

Selon **Foua-Bi (1989)**, la conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte de l'année et la consommation permanente. Les récoltes conservées en général dans des conditions inadéquates, sont attaquées par des moisissures, des insectes et des rongeurs, certaines conditions physiques, notamment la teneur en eau, l'humidité relative et la température. Des pertes pouvant dépassées 35% sont enregistrées ces dernières années selon les déclarations de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (O.A.I.C.) (**Ahmad, 2016**). Le bon stockage a pour but de préserver au maximum les qualités originelles des grains afin d'éviter les nombreuses pertes constatées au niveau des magasins et silos.

Le stockage de longue durée des grains est primordial pour assurer l'approvisionnement régulier des industries des céréales en matières premières tout au long de l'année. La qualité intrinsèque des céréales en sortie de champ, qui correspond généralement aux spécifications des cahiers de charge des industries des céréales, doit être préservée des altérations possibles pendant toute la durée de la conservation (**Fleurat, 2003**).

Dans ce contexte, nous avons envisagé la réalisation d'une étude portant sur la qualité du blé locale stocké et une évaluation à l'échelle physico-chimique, phytosanitaire et microbiologique pour déceler l'effet du stockage et ses meilleures conditions pour préserver la qualité.

Dans le cadre de cette étude, ce mémoire est composé de deux parties ; La première partie propose une mise au point bibliographique. Elle est divisée en quatre chapitres, Le premier chapitre est une généralité sur le blé et le second chapitre est sur le stockage du blé, le troisième comporte les critères d'appréciation de la qualité du blé stocké et le dernier est une synthèse des autres travaux. La seconde partie, est une étude expérimentale d'analyse physique sur quelques échantillons de blé dur de production locale 2018/2019 stockés. Le manuscrit est achevé par une conclusion.

Chapitre I : Généralité sur le blé

1.1 Importance alimentaire et économique des blés

Les blés constituent la première ressource alimentaire de l'humanité et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. 95% de la nutrition de la population mondiale est fournie par les principales cultures céréalières (**Bonjean et Picard, 1991**).

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

1.2 Origine et histoire du blé

Le blé est une céréale autogame appartenant au groupe des angiospermes des herbacées annuelles produisant un fruit sec indéhiscant, le caryopse. Le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) sont les deux espèces les plus cultivées dans le monde et en Algérie (**Grignac, 1981**).

La domestication du blé, étroitement liée à la naissance de l'agriculture (**Naville, 2005**). Le blé est l'une des premières plantes recueillies et cultivées par l'homme. Des restes de blé diploïde et tétraploïde, qui remonteraient au VII^e millénaire av. J.-C., ont été découverts par des archéologues travaillant sur des sites du Proche-Orient. Le blé tétraploïde était cultivé en Égypte prédynastique et en Europe pendant la préhistoire. Il était cultivé en association avec l'orge et l'en grain (*Triticum monococcum*), appelé aussi « **petit épeautre** ». La culture du blé dans l'Amérique a été introduite en Mexique par les espagnols, et par les britanniques en Nouvelle-Angleterre et la Virginie (**Francois et Yves, 2001**).

A partir du XVIII^{ème} siècle, la production de blé s'inscrit dans l'agriculture spéculative. Le blé devient une source d'enrichissements pour des propriétaires terriens, qui ne sont plus que rarement des producteurs directs. Jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, la croissance démographique en Europe et les choix des pays du Nord, gros importateurs de blé, conduisent à une révolution agricole parallèle à celle que connaît l'industrie. Impensable au milieu du XVIII^{ème} siècle, la libre circulation des grains à l'intérieur des États et à l'échelle internationale fait apparaître progressivement un véritable marché du blé (**Naville, 2005**).

Aujourd'hui, le blé est la céréale la plus cultivée et la plus consommée dans le monde (MADR, 2007).

1.3- Structure physique du grain de blé

Le grain de blé (**Figure 01**) est un fruit sec indéhiscant (caryopse) constitué d'une unique graine intimement soudée à l'enveloppe qui la contient. De la surface externe vers le centre du grain, on distingue l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine, ou testa, et enfin à l'intérieur de la graine, l'épiderme du nucelle, l'albumen et le germe (**Barron et al., 2012**).

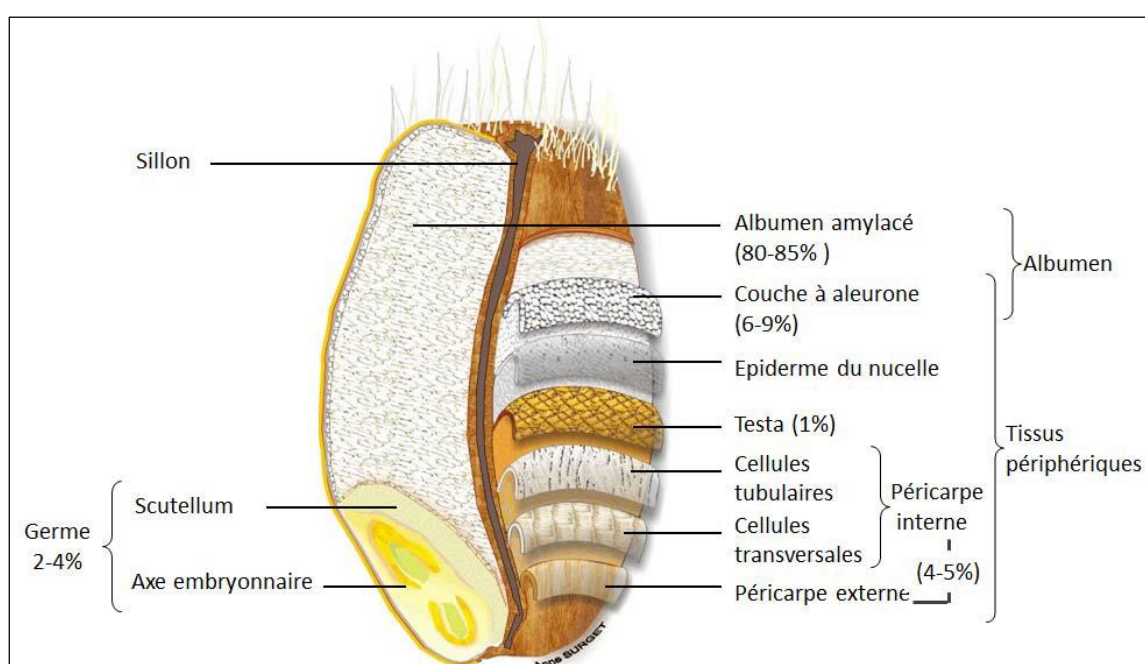


Figure 01: Anatomie schématique du grain de blé et les proportions relatives des principaux tissus du grain (**Barron et al., 2012**).

Les enveloppes: représentent 13 à 17% de la graine, ils la protègent et donnent le son après leur transformation meunière (**Berton, 2002**). Les enveloppes sont constituées de quatre tissus: le péricarpe externe, le péricarpe interne, la testa et la couche nucellaire ou bande hyaline, qui correspond à l'épiderme du nucelle (**Barron et al., 2012**).

Le germe: il se compose de deux parties : (1) l'embryon, riche en protéines, lipides et sucres, et (2) le scutellum qui constitue une zone d'échange et de contact entre le germe proprement dit et l'organe de réserve qu'il va progressivement dégrader pour nourrir le germe

(Berton, 2002). Le germe est riche en lipides et contient des vitamines B et des minéraux **(Barron et al., 2012).**

L'albumen ou amande: il représente 83 à 85% du poids du grain. L'albumen appelé aussi « endosperme » est une amande farineuse constituée de granules d'amidon encastés dans le réseau glutineux **(Berton, 2002)**. L'albumen est constitué d'albumen amylicé et de couche à aleurone **(Feillet, 2000)**, alors que les tissus périphériques contiennent la majeure partie des fibres et minéraux **(Barron et al., 2012)**.

1.4- Composition biochimique des grains du blé

Barron et al. (2012), rapportent que, les grains de blé sont principalement constitués de glucides (65-75% amidon et fibres), protéines (7-12%) mais contiennent aussi des lipides (2-6%) et des micronutriments (Tableau 01). Ils sont ainsi une bonne source de minéraux (et plus spécifiquement de magnésium), de vitamines du groupe B et contiennent des molécules ayant des activités d'intérêt (vitamine E, composés antioxydants, phytoestrogènes). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain **(Lesage, 2011)**

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

	(%) Gain	(%) Péricarpe	(%) Aleurone	(%) Albumen	(%) Germe
Amidon	68,9	0	0	82	0
Protéine	13,7	10	30	12	31
Lipides	2,7	0	9	2	12
Sucres réducteurs	2,4	0	0	1,8	30
Pentosanes	7,4	43	46	1,6	7
Cellulose	2,8	40	3	0,1	2
Minéraux	1,9	7	12	0,5	6

- **L'amidon du blé:** le grain de blé est principalement constitué d'amidon environ 70% de la matière sèche (MS). L'amidon est constitué d'amylose et d'amylopectine dans des proportions variables selon les céréales. L'amylose constitue 28% de l'amidon sous forme de chaînes linéaires d'unités de α -D-glucopyranosyl liées en 1→4. L'amylopectine représente 72% de l'amidon du blé, c'est un polysaccharide composé de nombreuses chaînes

de 1→4 α -glucan reliées entre elles en 1→6. Le granule d'amidon présente un aspect semi-cristallin dû à la conformation moléculaire de l'amylopectine (**Lesage, 2011**).

- **Les protéines du blé:** dans le grain de blé, elles sont essentiellement localisées dans l'albumen et dans la couche à aleurone (**Berton, 2002**). La couche à aleurone est constituée de 30 à 35% de protéines. De même, le germe en comporte 35 à 40% alors que le péricarpe, tout comme le centre de l'albumen ne contiennent que 6 à 9% de protéines seulement. 70 à 80% des protéines se trouvent dans l'albumen (**Zahid, 2010**). Leur teneur est susceptible de varier de 8 à 20%, selon la variété, les facteurs climatiques et agronomiques et de la maturation du grain (**Berton, 2002**).

- **Lipides du grain:** le grain de blé contient environ 2,7% de lipides, qui se trouvent essentiellement dans l'albumen (environ 60%), dans la couche à aleurone (24%) et dans le germe (13%). Les lipides se trouvent aussi bien à l'état «libre» que «lié» aux composants de l'amidon (**Berton, 2002**). **Ouzouline et al. (2009)** révèlent que les grains de blé dur sont plus riches en acides gras totaux et présentent une teneur plus importante en acide oléique (19 à 21%).

- **Pigments et Vitamines:** se concentrent surtout dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les grains de blé contiennent principalement trois vitamines, la vitamine B1, B2 et B3, d'autres vitamines sont aussi présentes mais avec une faible teneur (**Djelti, 2014**).

- **Enzymes:** elles sont présentes en faible quantité dans le grain, les plus importantes, selon **Zettal (2017)** sont :

- Les protéases: trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore faibles.
- Les amylases: hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylose et amylopectine) qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation panaière.
- La lipase: son activité se concentre dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine, elle croît avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation.

- **Minéraux:** ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3% de la matière fraîche du grain. Les principaux minéraux sont le potassium, le magnésium, le cuivre souvent associés à des sels, notamment, des phosphates, des chlorures ou des sulfates (**Saulnier, 2012**).
- **L'eau:** il représente 8 à 9% avec une valeur moyenne de 14%. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil (**Djelti, 2010**).

1.5- Propriétés physiques des grains

1.5.1- Porosité

Les grains en masse constituant un matériau poreux où 30 à 40% du volume en place est occupé par l'air interstitiel. Ce pourcentage variable avec la taille des grains est déterminant lors de la ventilation naturelle ou artificielle. Cette propriété permet de faire traverser une masse de grains par un courant d'air (ventilation, séchage) (**Cruz et Diop, 1989 ; Ndiaye, 1999**).

1.5.2- Conductibilité thermique

Les grains ont une très faible conductibilité thermique c'est-à-dire qu'ils freinent la transmission de la chaleur en se comportent comme un isolant thermique. Ainsi, une variation de température à la surface d'un lot ne sera enregistrée à l'intérieur du lot qu'avec beaucoup de retard (**Cruz et Diop, 1989 ; Ndiaye, 1999**).

1.5.3- Hygroscopicité

Les grains constituent un matériau hygroscopique, c'est-à-dire qu'ils ont la propriété d'échange de l'eau (vapeur) avec le milieu dans lequel ils se trouvent. Ainsi, un grain sec placé dans de l'air humide va absorber de l'humidité et se ré-humidifier alors qu'un grain humide mis en contact avec de l'air sec va rejeter de l'humidité dans l'air et donc sécher. Ces échanges ont lieu jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse. Cet équilibre appelé l'équilibre hygroscopique ou équilibre air-grain (**Cruz et Diop, 1989**).

1.6- Variétés et catégories de blé

Il existe un très grand nombre de variétés de blé. Les cultivateurs et les producteurs essaient d'adapter au mieux ces variétés en fonction de la nature du sol et du climat de la

région, afin d'obtenir le meilleur rendement possible. Toutes les différentes variétés de blé sont classées en trois grandes catégories (**Ait kaki, 2007**) :

1.6.1. Les blés tendres: 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 (**Ait kaki, 2007**).

1.6.2. Les blés durs: cette catégorie de blé est cultivée dans les pays de climat chaud et sec. Les grains de blé dur sont allongés, souvent même pointus, les enveloppes sont assez minces et légèrement translucides. Ils donnent moins de son que les blés tendres et la farine obtenue, bien que contenant plus de gluten (12 à 14%), se prêtent moins bien à la panification (**Ait kaki, 2007**).

1.6.3. Les blés mitadins: ces blés 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 du gluten ainsi boulangère pour la Panification (**Abecassis, 1993 cité in Ait kaki, 2007**).

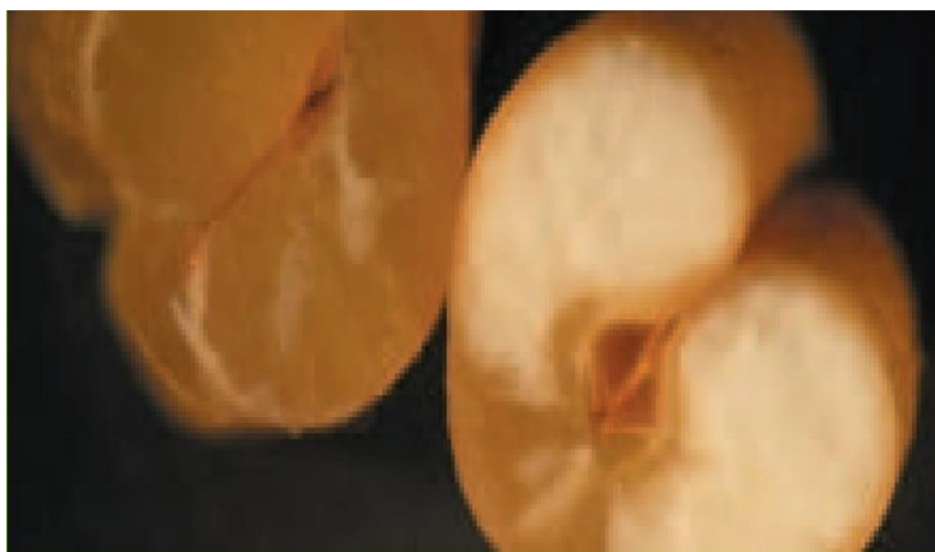


Figure 02: Coupe transversale de grain de blé dur vitreux (à gauche) et grain de blé mitadiné (à droite) (**Samson, 2006**).

1.7- Production et consommation du blé en Algérie

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur et 600 000 hectares de blé tendre. **(Abis, 2012)**. Durant l'année 2014, l'Algérie est classée en quatrième position au niveau Africain et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production du blé de 2,4 millions de tonnes, colletée et constituée en moyenne de 58,7% de blé dur et 33%, de blé tendre **(FAO, 2014)**.

Le blé étant le produit de consommation de base. Les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour **(Abis, 2012)**. **Zettal (2017)** rapporte que cette consommation de blé a légèrement augmenté ces dernières années en raison de l'urbanisation accrue, de la croissance de la population et de l'augmentation de la capacité de la mouture (la transformation).

Chapitre II : Stockage

Du blé

2.1- Le stockage

Les céréales et d'une manière générale les graines, n'ont cessé d'être la principale ressource alimentaire de l'homme. Seul, le monde de consommation de ces denrées a évolué au fil des années, mais quelle que soit ces évolutions et quels puissent être son devenir, il y a une étape qui est et demeurera obligatoire, c'est celle du stockage et de la conservation des grains entre la récolte et l'utilisation (**Multon, 1982**).

Le stockage est une opération qui consiste à entreposer les produits agricoles en un lieu déterminé et pour une période donnée (**Panisset et al., 2003**). **Multon (1982)** rapporte qu'il faut savoir que les pertes annuelles mondiales sont considérables, représentant au moins 10% de la production mondiale et qui peuvent atteindre 40% dans les zones chaudes et humides.

2.2- Le stock et les facteurs d'équilibre (stabilité)

Un stock de grains c'est un écosystème artificiel, créé par l'homme et constitué d'un ensemble de différentes entités vivantes : d'une part et obligatoirement les grains avec leurs germes et les micro-organismes (moisissures, levures, bactéries). D'autre part de façon non obligatoire mais cependant très fréquente, les animaux prédateurs (acariens, insectes, oiseaux).

Cet écosystème est placé dans un environnement physicochimique caractérisé par sa température, son humidité et sa teneur en oxygène. C'est un biotope dont l'équilibre instable peut être rapidement détruit par des agressions d'ordre abiotique (facteur du milieu) et biotique (facteur biologique) (**figure 03**) (**Multon, 1982 ; Feillet, 2000**).

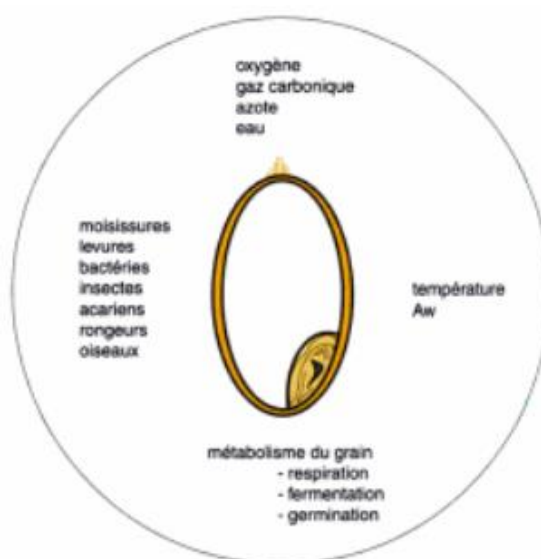


Figure 03: grain de blé stocké (**Feillet, 2000**).

La stabilité du stock vivrier est liée à la solidité du système post-récolte. Ce système est très complexe du fait de l'interaction entre une multitude de facteurs techniques et socio-économiques auxquels font face les producteurs. L'élément central du système, est la structure de stockage (**Clément, 2018**).

2.3- Structure du stockage

Selon **Clément (2018)** une structure de stockage est une enceinte appropriée dont la finalité est de contenir et préserver les denrées pendant une durée donnée. A l'intérieur de la structure, les grains de blé peuvent être conditionnés selon deux méthodes :

2.3.1- Méthodes traditionnelles

2.3.1.1- Les méthodes souterraines

Les entrepôts souterrains destinés au stockage des grains est une pratique traditionnelle, très ancienne et largement utilisée dans certaines régions du Maroc sous le nom vernaculaire de *MATMOUR*. Ce mode de stockage est aussi utilisé dans plusieurs pays de l'Afrique, au proche Orient, en Asie et en Algérie (**Bartali et al., 1989**).

Ce mode de stockage est intéressant du fait de sa relative facilité de construction, de son faible coût, de sa bonne isolation thermique, de la protection qu'il apporte contre les attaques de rongeurs, de la diminution de l'activité des insectes et de la protection contre une infestation grâce à l'étanchéité relative à l'air qui réduit les échanges gazeux avec l'extérieur. L'inconvénient majeur de cette méthode est la trop forte humidité et les eaux d'infiltration qui favorisent le développement des moisissures et des phénomènes de fermentation bactérienne (**Doumandji et al., 2003**).

2.3.1.2- Stockage en sac

Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute. Les sacs sont entreposés dans divers locaux, magasin ou hangars. En cas de traitement chimique, cette toile de jute permet le passage des fumigants, pesticides très volatiles capables d'agir sur l'appareil respiratoire des insectes. Souvent, ce type de stockage est passé dans les milieux où l'autoconsommation est forte (**Doumandji et al., 2003**). La conservation est notablement améliorée si le sac en toile de jute est doublé intérieurement par un sac plastique. Les entrepôts doivent être exempts d'infestation et le produit doit être sec (**Ntsam, 1989**). Son

avantage est qu'il permet d'employer des bâtiments existants et il permet une bonne aération des grains stockés. D'après **Cruz et al. (1988)**, les majeurs inconvénients sont :

- La faible isolation des sacs contre l'humidité, la température, et les différents déprédateurs (insectes, oiseaux, rongeurs.) ;
- La nécessité d'une main d'œuvre importante et entraîné qui augmente le coût de cette opération ;
- Opération de chargement et déchargement difficile.

2.3.1.3- Stockage en vrac

Dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. Dans ce type de stockage, les contaminations sont possibles, d'autant plus que dans ce type de construction, il demeure toujours des espaces entre les murs et le toit, ainsi de libre passage aux oiseaux, rongeurs et insectes est possible. Par ailleurs, l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre. Ce moyen de stockage indispensable face à l'insuffisance des installations spécialisées aura tendance à disparaître dans l'avenir (**Doumandji et al., 2003**).

Selon **Ntsam (1989)**, ce type de stockage exige des contraintes particulières de la structure:

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

2.3.1.4- Stockage en silo

Un silo est un réservoir de grandes capacités prévues pour le stockage commercial ou industriel de grandes quantités de produit (plusieurs milliers de tonnes) (**Bounceur et Mammasse, 2002**). Elles sont fermées à leur partie supérieure par un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des cellules. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'air de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux. Les silos sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal (**Doumaindji et al., 2003**).

a- Silo métallique

Ils sont composés de cellules métalliques en tôles (4-6 mm d'épaisseur) d'acier galvanisé ou d'aluminium, planes ou ondulées, boulonnées ou serties, fixées sur un sol en béton étanche et utilisés généralement pour le stockage des céréales transformées, après broyage, en

alimentation de bétail. Les diamètres des cellules varient entre 2 à 4 m et la hauteur pouvant atteindre 20 m (**Cruz et al., 1988**).

De leur avantage, c'est le montage souvent facile et rapide. La construction est légère ce qui permet d'implanter un silo sur des sols de mauvaise portance et sa construction est moins coûteuse.

Pour les inconvénients : nettoyage des parois dans des conditions difficiles d'accessibilité et de température; détérioration qualitative du produit; risque de développement des mycotoxines qui sont dangereuses pour la santé des consommateurs ; joints déficients entre les toiles laissant s'infiltrer l'eau de la pluie ; condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air au-dessus du grain qui est liée aux variations de la température entre le jour et la nuit et qui peut alors provoquer une humidification des grains et création d'une zone favorable à la reprise d'activité des grains et des microorganismes.

b- Silo en béton

C'est le moyen de stockage le plus recherché, il résiste mieux aux pressions et chocs que les silos métalliques. Ces silos sont constitués de plusieurs cellules cylindriques en béton armé, mesurent 20 à 22 m de hauteur. L'humidité des grains contenus dans ces silos, ne doit pas dépasser 11% (**Cheniki et Yahia, 1994**).

Le béton armé présente des caractéristiques très intéressantes pour la construction d'installation de stockage (**Lerin, 1986**). C'est un matériau durable n'exigeant, ni revêtement, ni entretien donc pouvant être amorti sur une longue période, en plus il assure une bonne isolation thermique du produit malgré les faibles épaisseurs mise en œuvre (épaisseur des parois des cellules 15-20 cm). Le béton armé présente toutefois quelques inconvénients (**Cruz et al., 1988**) :

- Il est poreux et permet donc des échanges gazeux avec l'extérieur ce qui posera des problèmes pour le traitement des stocks.
- Il est lourd, il ne pourra donc être mis en œuvre que sur des sols ayant une bonne résistance à la pression.
- Les constructions en béton peuvent présenter des fissures ou microfissures qui permettent des rentrées d'eau et d'être des milieux favorables pour les insectes donc il doit être mis en œuvre par des personnes qualifiées et des entreprises parfaitement équipées.

Quel que soit le mode de stockage en vrac ou en sac, la topographie des lieux est à prendre en compte. Il faut éviter les zones basses, inondables (de préférence un point haut), d'où les eaux de pluie s'évacuent facilement, mais d'accès facile en gardant à l'esprit qu'il faut prévoir des voies d'accès ouvertes et pouvant supporter des véhicules lourdes. L'implantation devra donc se faire près des voies de communication pour limiter l'élévation de température produite par le rayonnement solaire, le magasin doit être orienté Est-Ouest dans le sens de la longueur, c'est-à-dire qu'il ne se présentera pas au rayonnement du matin et du soir, les façades étant orientées Nord-Sud tel que les portes opposées soient dans l'axe des vents dominants (**Cruz et al., 1988**).

2.3.1.5- Le stockage en plein air

Il constitue une solution à caractère provisoire. La production doit être disposée sur des palettes pour éviter que l'humidité du sol n'y pénètre. Elle peut être recouverte de bâches pour la protéger des intempéries (**Hakim et al., 2007**).

2.3.1.6- Méthodes modernes

a- Le stockage en gerbes : On peut entasser les gerbes en plein air (gerbiers, meules). En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon (**Multon, 1982**).

b- Le stockage en épis : Cette technique demande bien moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un coût moindre de bâtiments et par conséquent le contrôle est plus facile (**Multon, 1982**).

2.4- Facteurs d'altération des grains durant le stockage

Les grains de blé subissent des altérations diverses au cours de leur stockage. Ces derniers réduisent la qualité du grain et le rendent impropre à la consommation. Ces altérations ont plusieurs origines :

2.4.1- Facteurs abiotiques

2.4.1.1- Température et humidité relative

Au cours de leurs stockage, les grains des céréales sont sujets à de nombreuses altérations d'où des pertes considérables dans le stock. Ces altérations qui touchent le grain sont d'ordres morphologiques, organoleptiques, chimiques et biologiques. Les pertes causées aux grains des

céréales entreposés sont dues principalement à l'humidité (du grain et du lieu de stockage), la température (du grain et du lieu de stockage), et les insectes. Il est indispensable de les connaître, si l'on veut comprendre pourquoi il arrive que les récoltes se conservent mal (Maisonnette et Larose, 1985).

Gwinner *et al.* (1996) rapportent que la température est le facteur clé responsable des pertes en post récolte. Elle exerce une forte influence sur le taux de respiration des grains stockés et celui des organismes parasites, de même que sur l'humidité relative de l'air, la teneur en eau des produits stockés et enfin sur le développement des ravageurs des stocks, Il est conseillé que le degré d'humidité du grain demandé ne doit pas dépasser 11% (Cahagnier et Fleurat-Lessard, 2000). Généralement, les grains sont stockés à une humidité inférieure ou équivalente à 70% de l'activité de l'eau pour éviter la détérioration par les micro-organismes, notamment les moisissures selon Sharma *et al.* (2014). Alors que Hall (1970) note que l'humidité relative dans les lieux de stockage doit être inférieure à 60% et que lorsqu'on augmente la température de stockage de 32 à 54°C, l'humidité relative de l'air passe de 95 à 30% (Figure 5).

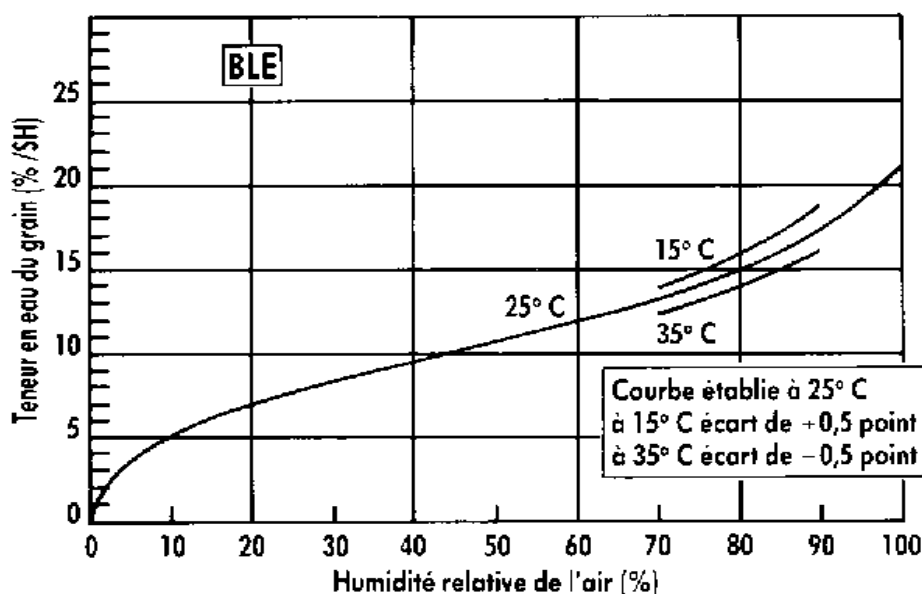


Figure 04: Relation entre la teneur en eau du grain et l'humidité relative de l'air (Hall, 1970).

2.4.1.2- Teneur en oxygène et en gaz carbonique

Une graine est un organisme qui respire. Au cours du processus de respiration, l'amidon et l'oxygène produisent aussi bien du gaz carbonique que de l'eau et de la chaleur (Gwinner *et*

al., 1996). Quand l'air se trouvant entre les grains est renouvelé avec apport d'oxygène par une faible ventilation ou par tirage naturel, la production de chaleur peut devenir très importante et provoquer un échauffement jusqu'à 55-60°C (**Berhaut et al., 2003**).

2.4.1.3- Les altérations mécaniques ou physiques

Elles sont dues à des chocs lors des opérations de manutention répétées et brutales entraînant la cassure des grains. Lorsque la structure granulaire est détruite, les constituants peuvent entrer plus facilement en contact avec les microorganismes et les enzymes (**Boudreau et al., 1992**), ceci peut favoriser un milieu de développement pour les insectes (**Hakim et al., 2007**). Les altérations d'origine physiques sont dues aux radiations UV, γ , et Infrarouge en dose excessive (**Gharib, 2007**).

2.4.1.4- Les altérations d'origine enzymatique

Elles sont essentiellement provoquées par les enzymes propres du grain. En mauvaises conditions de stockage, ces dernières entrent en activité et favorisent la dégradation de l'amidon et le rancissement des lipides (**Berhaut et al., 2003**). Ce sont des hydrolases agissant sur les protéines (protéases), les lipides (lipases) et les glucides (glucosidases) ainsi que l'ensemble des équipements enzymatiques complexes qui régissent les phénomènes de respiration et de fermentation (**Multon, 1982**).

2.4.1.5- Les altérations d'origine chimique

- ❖ **Réaction de Maillard** : elle nécessite une température élevée, se rencontre au cours de séchage ou des accidents de chauffage biologique.
- ❖ **Dénaturation des protéines et des acides nucléiques** : les modifications de la structure quaternaire, tertiaire et même secondaire de la molécule protéique entraînent des pertes des propriétés fonctionnelles (solubilité, caractère rhéologique à l'état hydraté et l'activité enzymatique). Parmi les causes de dénaturation, la chaleur est la plus fréquente.
- ❖ **Modification physico-chimique de l'amidon** : à température assez élevée, il y a éclatement des grains d'amidon qui sera suivi d'un empesage plus ou moins prononcé selon l'eau disponible. A sec, on peut observer une sorte de fusion de grains sans dispersion.

- ❖ **Destruction des vitamines B1, E et caroténoïdes au cours de stockage :** la destruction de B1 est linéaire (20% /an), elle est due à sa concentration à la périphérie qui est moins protégée de l'O₂. L'oxydation de la vitamine E et des caroténoïdes est due à l'action des peroxydes formés au dépend des AGI (Gharib, 2007).

2.4.1.6- L'influence de la durée de stockage (facteur du temps)

Il apparaît évident que plus la durée de stockage est longue et plus les pertes en matières sèches dues simplement à la respiration des grains sont importantes. Les risques d'attaque par les différents déprédateurs sont également accrus. Pour un stockage pluriannuel, il est important de rappeler que les grains doivent être très secs et dans un environnement favorable pour permettre leur conservation sur une grande période (Labeyrie, 1992).

2.4.2- Facteurs biotiques

2.4.2.1- Les agents microbiologiques

D'après Ouramdane (2005), les bactéries, levures et les moisissures dépendant des grains pour leur croissance, car elles ne sont pas photosynthétiques, il leur faut donc un substrat organique qu'elles dégradent par oxydation enzymatique pour se procurer l'énergie nécessaire à leur croissance et leur production. Les activités qui en découlent sont à l'origine de l'altération des grains car elles s'effectuent aux dépens de ceux-ci.

Les microorganismes, par leurs activités métaboliques peuvent donc modifier les valeurs technologiques nutritionnelles et hygiéniques des grains. Des espèces microbiennes principalement les moisissures se développent dans la période précédant la récolte, le fait que l'épi du blé est encore soumis à un régime hydrique contrasté, humide la nuit et souvent sec la journée. Cette flore est appelée « flore des champs ».

Après la récolte et le séchage complémentaire, l'humidité des grains est ramenée à une valeur de 14 à 16% ce qui a pour effet de bloquer la prolifération de ces microorganismes. Par contre, certaines moisissures ont des capacités exceptionnelles à s'accompagner à des environnements très secs et vont pouvoir se développer malgré ces conditions extrême, il s'agit de la flore de stockage.

2.4.2.2- Détérioration dues aux déprédateurs

a- Les rongeurs

Les rongeurs consomment le grain et endommagent les sacs, les palettes et les magasins. Ils contaminent également avec leurs urines et leurs déjections beaucoup de grains, ce qui en

altère donc la qualité. Ils contaminent les céréales qui, une fois consommées par l'homme, peuvent lui occasionner des maladies **(Bell, 2000)**.

Les rongeurs laissent des traces de souillure, ce qui facilite par la suite leur détection dans les entrepôts. Plusieurs espèces de rongeurs causent des dommages et des pertes variables, le long de circuit emprunté par des céréales. En effet, les pertes qu'occasionne un rongeur sont estimées par le 1/10^{ème} du poids vif moyen individuel par jour, donc elles varient de 3 à 50 g de grains par jour **(Cruz et al., 1998)**.

b- Les oiseaux

Ils sont présentés par les pigeons, les moineaux et les étourneaux. Les dégâts occasionnés par les oiseaux sont d'ordre quantitatif, par prélèvement de grains, et surtout qualitatif, par dépôts de fientes, de plumes, de cadavres sur les grains ou des débris végétaux utilisés pour la construction de leur nid. Leur présence est liée à un mauvais entretien des locaux et des abords extérieurs **(Bell, 2000)**.

c- Les acariens

Les acariens *Pyroglyphidae* du genre *Dermatophagoides* ont un cycle biologique particulier. L'accouplement a lieu une ou deux fois dans la vie de l'acarien et donne lieu à la production de 20 à 40 œufs par la femelle. L'évolution de l'œuf à l'adulte se fait en 25 jours et l'adulte vit en moyenne 2 à 3 mois et demi **(Vialatte et Brunet, 1974)**.

Le développement des acariens de stockage se fait graduellement par mues. Six stades successifs à partir de l'œuf : une prélarve, une larve, trois nymphes (protonympe, deutéronympe et trionympe) et un adulte. Les acariens de stockage ne vivent que 6 semaines mais se reproduisent à un rythme accéléré **(Bessot et al., 2011)**.

d- Les insectes

Ils sont considérés comme les déprédateurs les plus redoutables, puisqu'ils peuvent vivre sur des grains secs, de plus les céréales constituent un milieu favorable pour leur pullulation. Cependant, l'origine de l'infestation des stocks est variable, qui peut débiter au niveau du champ pour certains insectes, comme elle peut également intervenir le long de la chaîne de post-récolte empruntée par la denrée et enfin elle peut se faire dans les entrepôts **(Ducom, 1978)**.

De tous ravageurs, ce sont les insectes qui causent d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales. Deux ordres principaux comprennent la majorité des espèces inféodées au stock. Il s'agit des lépidoptères et les coléoptères. Ces derniers sont les principaux ravageurs des denrées stockées. Ils peuvent causer des dégâts considérables au

niveau des stocks. La connaissance de ces ravageurs et leur biologie est le premier élément pour diminuer les dégâts **(Karahaçane, 2015 ; Fleurat, 2015)**.

Ces coléoptères peuvent être répartis en deux groupes :

- Les ravageurs primaires, capables de s'attaquer à des grains sains et entiers dont *Rhyzopertha dominica*, *Sithophilus granarius* et *S. oryzae*. Ces trois espèces sont celles qui ont le taux de multiplication par génération le plus faible, mais elles ne peuvent être séparées du grain par simple nettoyage des lots avant la mise en cellule ou au moment de la sortie de cellule après stockage, comme on peut le faire avec les autres espèces qui n'ont pas de formes cachées **(Fleurat, 2015)**.
- Les ravageurs secondaires capables d'attaquer les grains qu'à partir des ouvertures causées par les ravageurs primaires servant de voies d'accès, tel que *Tribolium confusum*. Les espèces secondaires qualifiées « d'opportunistes » sont plus prolifiques que les ravageurs primaires, mais leur prolifération, quelque fois abondante, est plus facilement enrayée que celle des espèces strictement granivores (charançons et capucin) **(Fleurat, 2015)**.

Tableau 02 : Les principaux ennemis des denrées stockées et leurs dégâts (**Aziez et al., 2003**).

Insectes	Nom d'insecte	Cycle et condition de prolifération	Cause des dégâts	Les dégâts
	Charançon du grain (<i>Sitophilus granarius</i> L.). (Coléoptère)	Le cycle de développement se trouve allongé à de basse température et peut se raccourcir, par contre avec l'augmentation des températures. Les conditions optimales : environ 30°C, des grains à 13,5-14% d'humidité.	L'adulte	Les grains charançonnés sont évidés et l'amande est partiellement remplacée par un mélange de débris et d'excréments
	Tribolium (<i>Tribolium confusum</i> et <i>Tribolium castaneum</i>). (Coléoptère)	Le cycle de développement dure de 7 à 12 semaines selon la température. Dans les conditions optimales (environ 30-35°C), la population de Tribolium sera multipliée par 70 en 28 jours.	La larve et l'adulte.	Attaquent les grains endommagés (de préférence le germe). Ils escortent souvent les charançons dont ils parachèvent les dégâts.
	Silvain (<i>Oryzaephylus surinamensis</i> L.) (Coléoptère)	Le cycle de développement dure 3 à 10 semaines selon la température. Dans les conditions optimales : température 32°C, humidité relative 90%, en 28 jours, une population de Silvains sera multipliée par 50.	La larve.	Les larves s'attaquent surtout aux grains endommagés ou brisés et aggravent les dégâts du charançon.

 <i>Rhizopertha dominica</i> (F.) Capucin des grains	Capucin des grains (<i>Rhizopertha dominica</i>) (Coléoptère)	Le cycle de vie dure de 3 à 6 semaines à des températures de 25-28°C. le développement se réduit lorsque la T<23°C. Dans les conditions optimales : T=34°C, HR=70%, teneur en eau des grains=14%) en 28 jours une population sera multipliée par 20.	L'adulte.	Les dégâts commis surtout par les adultes qui réduisent en poudre le contenu du grain avec les aspérités du thorax et leurs mandibules. Les lots fortement infestés ont une odeur pouvant rappeler celle du miel.
	Dermeste des grains (<i>Trogoderma granarium</i>) (Coléoptère)	Le cycle complet est d'environ 30 jours dans les conditions optimales (T=32°C et HR=73%). La larve peut survivre sans nourriture et à basse température (-40°C) pendant une longue période.	La larve.	L'insecte lui-même ne produit pas des dégâts, mais la larve attaque toutes les céréales et leurs produits dérivés.
	Alucite des céréales (<i>Sitotroga cerealella</i>) (Lépidotère)	La larve se développe très rapidement en 20 jours à 35°C. Dans les conditions optimales, une population sera multipliée par 25.	La larve.	Les dégâts sont identiques à ceux du charançon. La chenille passe toute sa vie à l'intérieur du grain dont elle se nourrit.

2.5- Les méthodes de lutte contre les insectes des blés stockés

2.5.1- Méthodes préventives

La prévention et la lutte contre les ravageurs des denrées stockées reposent sur le maintien du bon état sanitaire des locaux de stockage. Cette lutte préventive se compose de ces volets dans l'ordre suivant :

- 1- Le nettoyage des locaux et de l'ensemble du matériel.
- 2- Le brossage des murs et le colmatage des fissures.
- 3- Le chaulage des murs à l'intérieur et l'extérieur (les alentours).
- 4- Le traitement par insecticide (préventif).

2.5.2- Méthodes curatives

Deux types de traitement sont généralement employés dans les locaux de stockage en Algérie:

- a- Traitement par insecticide:** consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue (**Cruz et al., 1988**).

Exp. Les pyréthrinoides de synthèse provoquent souvent un effet de choc sur les insectes comme *Tribolium castaneum*.

- b- Traitement par fumigation :** consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, les larves et les nymphes qui s'y développent (**Cruz et al., 1988**)

Exp. Le phosphore d'aluminium (AlPH_3) et le phostoxin PH_3 (gaz toxique).

Chapitre III : Critères d'appréciation de la qualité du blé stocké

3.1- Echantillonnage

Un échantillonnage correct est une opération qui exige le plus grand soin. Il faut insister sur la nécessité d'obtenir un échantillon de grains suffisamment représentatif. Les échantillons doivent être entièrement représentatifs des lots d'où ils sont prélevés (**ISO 950-1979**).

Selon **Ouramdane, (2005)**, pour interpréter correctement tout résultat analytique, il est essentiel d'avoir un échantillon représentatif donc d'effectuer un bon échantillonnage. Cette nécessité est encore plus impérieuse dans le cas des analyses microbiologiques. A ce titre, il faut noter que les résultats des examens microbiologiques n'ont de valeur que si certaines précautions d'échantillonnage ont été respectées :

- Prises d'échantillons avec des instruments stériles;
- Mise de l'échantillon dans des récipients ou sachets stériles;
- Respect des règles d'hygiène générale pour la personne effectuant le prélèvement;
- Rapidité de l'acheminement des échantillons dans l'attente de leurs analyses;
- Conservation des échantillons dans un endroit frais et sec (8 à 15°C) mais jamais à des températures négatives (**Dunoyer, 1989**).

3.1.1- Méthodes de prélèvement des échantillons

a- Produit en vrac: les prélèvements élémentaires doivent être effectués dans la hauteur à l'aide d'une sonde cylindrique. Le nombre de points de prélèvement dépend du tonnage du wagon ou camion (Figure 5).

b- Produit en sacs: les prélèvements élémentaires doivent être effectués au moyen d'une sonde effilée en prenant les grains à différents endroits du sac (haut, milieu et fond) (Figure 6) (**Aziez et al., 2003**).

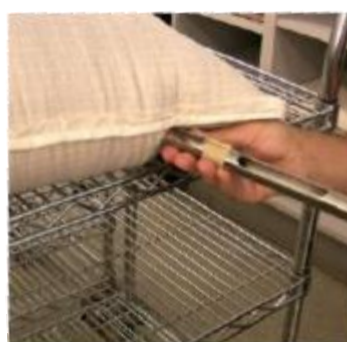


Figure 05: Sonde cylindrique (Vrac)

Figure 06: Sonde à main (Sacs)

(**Hammadi et Ouafi, 2019**).

3.1.2- Prélèvement élémentaire: petite quantité de grains prélevée en un point du lot. Une série de prélèvement élémentaire doit être effectuée en différents points du lot.

3.1.3- Echantillon global: quantité de grains obtenue en réunissant et en mélangeant tous les prélèvements élémentaires effectués dans un lot déterminé.

3.1.4- Echantillon pour laboratoire: quantité de grains prélevée dans l'échantillon global et destinée à l'analyse ou à un autre examen (**ISO 950-1979**).

La division se fait :

- par quartage.
- Diviseur à fentes multiples.
- Diviseur coniques (Figure 8).

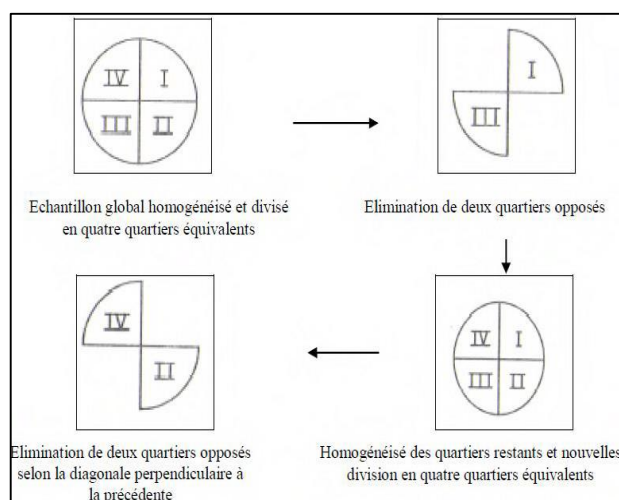


Figure 07 : Méthode de division par quartage.

(https://www.researchgate.net/figure/Schema-de-quartage_fig10_326274274).

3.2- Qualité physique

3.2.1- Poids spécifique (PS)

La masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée aussi poids spécifique (PS) ou poids à l'hectolitre (PHL) a pour objet la mesure de la masse d'un certain volume de grains, impuretés et masse de l'air présents dans les espaces inter-granulaires (**Aziez et al., 2003**).

C'est une analyse qui présente toujours un intérêt. Elle est considérée comme un indicateur de la valeur semoulière en relation avec le rapport enveloppe sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppe sur amande est faible et le rendement semoulier est important (**Scotti et Mont, 1997**).

3.2.2- Agréage (détermination des différents types d'impuretés)

L'agréage est une opération technique servant à la détermination de la qualité physique des céréales. Les impuretés regroupent les grains de céréales endommagés et tous éléments organiques et non organiques autres que les grains des céréales concernés. Les impuretés présentes dans les céréales sont classées en quatre grandes catégories, chaque catégorie regroupe un ou plusieurs type (sous-catégories) d'impuretés (**Aziez et al., 2003**).

3.2.2.1- Grains de blé endommagés

a- Grains cassés : grains de blé dont l'albumen est partiellement découvert, ceci inclut les grains dégermés (**ISO 11051**).

b- Grains maigres/échaudés : grains de masse et de taille réduite, dans lesquels la mise en réserve de matières nutritives a été interrompue sous l'effet de facteurs physiologiques et pathologiques, et qui passe à travers un tamis à trous longs arrondis de 1,90 mm de largeur pour le blé dur (**ISO 11051**).

c- Grains avariés : englobent les types de grains suivants:

- **Grains moisiss :** grains qui présentent sur plus de 50% de la surface et/ou dans l'amande des moisissures visibles à l'œil nu.
- **Grains endommagés par la chaleur:** grains qui présentent une coloration marron foncée à noire, résultant de l'action de la chaleur (**ISO 11051**).

d- Grains attaqués par les prédateurs: ce sont des grains attaqués par des insectes ou des rongeurs au cours de la culture ou du stockage.

1- Au cours du stockage des grains : dans la pratique sont identifiés par :

- Des galeries, à contours arrondi et lisse, creusé dans le grain.
- La présence de trous à la surface des grains.
- L'absence de germe, qui est rongé par les insectes friands par cette partie tendre et nutritive.
- La présence de grains partiellement évidés dont l'amande est remplacée par un mélange de débris et excréments.

2- Au cours de la culture, les prédateurs causent deux types de grains :

- **Grains punaisés:** présentent une plage blanchâtre, généralement de faible dimension et déprimée, avec un point noir au centre plus au moins visible,

représentant la cicatrice de la pique de la punaise. Cette altération se remarque plus facilement sur le blé dur vitreux. La qualité d'un lot de blé devient impanifiable quand il atteint 4 à 5%.

- **Grains cécidomyies** : l'attaque des larves provoque des malformations du grain qui peut alors présenter un ou plusieurs des symptômes suivants : échaudage, dépression sur le dos du grain, fissuration ou éclatement des enveloppes.

e- Grains germés : ces grains ne sont pas pris en considération en tant que tels, mais par l'activité α -amylasique qui résulte de leur présence, exprimé en indice de chute.

f- Grains cariés et boutés : renferment une poussière d'odeur fétide et de coloration brune noirâtre, composée par les spores de champignons, la carie (*Tilletia caries*). Ce sont des grains plus légers et plus petits que les grains sains. Les grains boutés sont reconnaissables par une coloration noirâtre des poils de la brosse au sommet du grain.

g- Grains fusariés : sont contaminés par le mycélium d'un champignon du genre *Fusarium*, il provoque des dégâts comparable sur le grain : échaudage, surface blanchâtre ou rosâtre suivant le type de *Fusarium* (Aziez *et al.*, 2003).

h- Les impuretés spécifiques au blé dur

- **Grains mouchetés** : ils présentent à la surface des taches brunes ou noires plus ou moins grandes qui provoquent des points noirs dans la semoule et les pâtes alimentaires.
- **Grains mitadinés** : le grain de blé dur est normalement entièrement vitreux, un grain mitadiné présente à la coupe une ou plusieurs plages farineuses, lors de la mouture se désagrège en farine et non éclate en semoule. Le mitadinage peut être provoqué, soit par une teneur en protéine des grains insuffisante, soit par des pluies peu avant la récolte (Aziez *et al.*, 2003).

3.2.2.2- Autres céréales

Grains de céréales appartenant à des espèces autres que l'espèce concernée.

3.2.2.3- Grains nuisibles et/ou toxiques : graines qui lorsqu'elles sont présentes en quantité supérieure à une valeur donnée, peuvent avoir une incidence dommageable ou dangereuse sur le plan sanitaire, organoleptique et technologique (Figure 9).

a- Nielle (*Agrostemma githago*) : elle donne au pain une saveur amère et une couleur bleu noirâtre. Cette graine peut provoquer des intoxications alimentaires chez les animaux domestiques.

b- Ivraie (*Lolium temulentum*): est toxique pour l'homme.

c- Mélanmpyre (*Melampyrum arvense*) : il donne une couleur bleu-lilas aux produits.

d- Céphalaire de Syrie (*Cephalaria syrica*) : elle donne aux produits un arrière-goût amer et acre.

e- Fénugrec (*Trigonella foenum graecum*) et **Mellilot** (*Melilotus* sp.) : ils donnent une odeur de coumarine aux produits.

f- Ail (*Allium sativum*)

g- Ergot : c'est un sclérote, un mycélium condensé, constituant l'organe de vie latente d'un champignon parasite des graminées (*Claviceps purpurea*) (**Aziez et al., 2003**).

	
Mellilot (<i>Melilotus</i> sp.) https://www.cdiseout.com/jardin/semences-graines-bulbes/melilot-blanc-500-grammes-melilotus-alba-whi/f-16305-auc2008851097291.html	Fénugrec (<i>Trigonella foenum graecum</i>) https://www.biorient.fr/sante-divers/1229-graines-de-fenugrec.html
	
Ergot (<i>Claviceps purpurea</i>) https://ahdb.org.uk/ergot	Nielle (<i>Agrostemma githago</i>) https://www.inspection.gc.ca/protection-des-vegetaux/semences/analyse-des-semences-et-designation-de-categorie/identification-de-semences/agrostemma-githago/fra/1404825489475/1404825490522
	
Ivraie (<i>Lolium temulentum</i>) http://las.uy/wp-content/uploads/2016/06/Listado-malezas-toleradas-2016.pdf	

Figure 07: Quelques grains nuisibles.

3.2.2.4- Matières étrangères (impuretés proprement dites)

Après avoir enlevé les graines nuisibles, toxiques et l'ergot, cette catégorie comprend tous les éléments d'un échantillon de céréales qui sont retenus par un tamis à fentes de 3,5 mm de largeur (excepte les grains d'autre céréales et les grains partiellement gros de la céréale de base) et ceux qui passent par un tamis de 1 mm sont considérés comme impuretés proprement dites, exp. sable, poussière, fragments de paille,... (ITCF, 2001 ; Aziez *et al.*, 2003).

3.2.3- Taux de mitadinage

Le mitadinage est un accident physiologique du blé dur intervenant au cours de sa maturation et il se traduit par des anomalies de texture et de couleur des grains affectant la fabrication de semoule (Magrini *et al.*, 2013).

Le mauvais stockage ou la longue durée de stockage influe sur la qualité physique du blé, selon ITCF (2001). L'effet de la chaleur et l'augmentation de l'activité enzymatique causent des altérations, principalement des modifications biochimiques des constituants du grain. Ainsi, la valeur commerciale et technologique d'un lot est fortement dépréciée s'il comporte des grains attaqués par les prédateurs.

3.2.4- Détermination de l'infestation cachée par les insectes

Selon la norme ISO 6639 l'infestation se devise en

- **Infestation visible initiale** : insectes libres qui sont détectables visuellement dès le premier examen de l'échantillon.
- **Infestation cachée** : insectes présents à l'intérieur des grains, soit parce qu'ils sont à un stade juvénile qui s'est développé après le dépôt d'un œuf dans le grain, soit parce qu'ils ont pénétré à l'intérieur d'un grain à la faveur de fissure ou d'autre dommage, pour s'y nourrir.

L'infestation cachée n'est pas apparente à l'examen visuel direct de l'échantillon. Il existe deux types de méthodes de détermination de l'infestation cachée par les insectes, à savoir les méthodes rapides et la méthode de référence. Les méthodes rapides telles que les rayons X, la flottation, la production de dioxyde de carbone, la méthode de référence, avec laquelle ces méthodes rapides peuvent être contrôlées.

3.3- Qualité physico-chimique

3.3.1- Teneur en eau

La teneur en eau est la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit (JORA, 2013). Pour une bonne conservation des grains, la teneur en eau doit être inférieure à 16% (Chégut *et al.*, 2018). Ce critère est important pour évaluer l'aptitude à la conservation des produits (Raiffaud, 2001).

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

- Intérêt technologique, pour la détermination et la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle.
- Intérêt analytique, pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou de teneur en eau standard).
- Intérêt commercial et réglementaire, les contrats commerciaux et les normes réglementaires fixent des seuils de teneur en eau à partir desquels sont appliquées des bonifications et des réfections (ITCF, 2001).

3.3.2- Taux de cendre

La teneur en cendre des grains exprime la quantité de matière minérale existante (Benchikh *et al.*, 2016). Cette teneur correspond au pourcentage de minéraux en poids du blé ou de la farine. Dans le blé, les cendres sont principalement concentrées dans le son et indiquent la production de farine à laquelle on peut s'attendre lors de la mouture (AFNOR, 1991).

3.3.3- Taux de protéines

Le taux de protéines correspond au rapport de la masse de protéines contenue dans un échantillon sur la masse sèche. Ce critère est un paramètre clé car de nombreux débouchés, l'export notamment, demandent des taux de protéines élevés, supérieurs à 14% pour les blés durs (Chégut *et al.*, 2018).

Masci *et al.* (1995), affirment que les protéines stockées dans le blé déterminent plusieurs caractéristiques de l'évolution de la qualité de la farine et de la semoule de blé. Sur le plan

quantitatif, la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante (**Mok, 1997**), et d'après **Kaan et al. (1993)** une teneur en protéine du grain élevée et stable est un caractère génétique d'importance capitale pour l'obtention de produits de qualité.

3.3.4- Mesure de l'acidité

La teneur en acidité c'est un indicateur de l'état de bonne conservation des blés. En effet, au cours de la conservation les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acides gras libres (**ITCF, 2001**). L'accroissement de l'acidité grasse dû à des mauvaises conditions de stockage peut affecter de manière sensible la valeur technologique des farines, il semblerait que l'effet des acides gras sur les propriétés rhéologiques des pâtes soit différent selon qu'ils sont saturés ou insaturés, ces acides gras résultent de l'hydrolyse des triglycérides par des lipases endogène ou exogène (**Feillet, 2000**).

3.4- Qualité technologique

3.4.1- Le gluten

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

La qualité du gluten est en effet une propriété héréditaire. Le blé à gluten de mauvaise qualité ou bien un blé punaisé, s'affaissant rapidement en perdent presque toute l'élasticité, sachant que les enzymes des punaises abaissent beaucoup l'indice de gonflement et les glutens faibles de mature, s'ils sont punaisés se dissolvent très tôt (**Defago, 1936**).

3.5- Qualité hygiénique et microbiologique

Malgré que le JO Algérien n°39 des analyses microbiologiques des aliments indiquent que les analyses microbiologiques se font uniquement sur les céréales en grains destinées la consommation en l'état et non à la transformation, alors que le Codex pour le blé et le blé dur (codex stan 199-1995), selon les principes d'hygiène alimentaires, le produit après nettoyage et tri, et avant transformation ultérieure, doit être :

- Exempt de microorganismes en quantité susceptible de présenter un risque pour la santé.

- Exempt de parasites susceptibles de présenter un risque pour la santé.
- Exempt de substances prévenant de microorganismes, champignons inclus en quantité susceptibles de présenter un risque pour la santé.

Pour cela, la surveillance et le contrôle microbiologique des produits stockés est une mission importante qui mérite d'être prise en charge à différents niveaux d'intervention. **(Ouramdane, 2005 ; CODEX STAN 199-1995).**

Les micro-organismes (moisissures, levures, bactéries) sont des agents biologiques présents toujours sur la surface des grains. Au cours de stockage, ce sont surtout les moisissures qui constituent la menace la plus fréquente car elles peuvent se développer dès que l'humidité relative de l'air dépasse 65%, alors que les levures ou les bactéries ne se développent que sur les grains très humides **(Cruz et al., 2016).**

3.5.1- Levures et moisissures

Les levures sont des champignons microscopiques qui se reproduisent par bourgeonnement. L'une de leurs caractéristiques est l'aptitude à la fermentation comme processus de dégradation **(Ouramdane, 2005)**. Les quantités élevées des levures sont souvent le signe d'une humidité élevée à la récolte et/ou d'un pré-stockage humide avant séchage **(Cahagnier, 1996).**

Les moisissures sont des champignons microscopiques filamenteux. Les cellules sont organisées en mycélium, se développent sur des déchets organiques et contaminent les produits alimentaires. Elles sont souvent dotées de propriétés hydrolytiques importantes (sur cellulose, pectine, amidon, protéines, lipides) **(Guiraud et Rosec, 2004).**

Les grains de blé sont contaminés par les microorganismes dans le champ et cette microflore est dominée par des moisissures **(Deàk, 2008)**. En fonction des conditions précises, ces champignons peuvent mourir lentement au cours du stockage ou peuvent survivre pendant de longues périodes. La survie est plus longue à basse température et à faibles niveaux d'humidité **(Roberts, 2005)**. Les moisissures des grains de blé stockés sont présentes sous forme de mycélium dormant sous le péricarpe ou spores en dormance sur la surface du grain. Cependant, un certain nombre de moisissures sont superficiellement associées aux grains stockés. Les principaux genres rencontrés sont : *Aspergillus* et *Penicillium*, en raison de leurs capacités à se développer sur tous substrats possibles et dans une large gamme de température et d'humidité **(Mathew et al., 2011).**

3.5.2- *Clostridium* sulfito-réducteur

Les *Clostridium* sont des espèces de la famille des *Clostridiaceae*. Ce sont des bacilles, gram positif anaérobies strictes, ont des spores ovales ou sphériques déformantes, à flagelles péritriches, résistantes au facteur physico-chimiques (thermo-résistance) (**Carbonelle et al., 1990**).

Chapitre IV : Synthèse des travaux des autres

Les grains de céréales constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'Homme et des animaux domestiques. La connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de la population mondiale qui enregistre des taux d'accroissement à peine concevables faisant passer l'humanité de 1,5 milliards d'individus vers 1850 à plus de 7 milliards aujourd'hui (**Mason et al., 2017**).

La conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte de l'année et la consommation permanente (**Foua-Bi, 1989**). Le maintien de la qualité des grains a toujours été la responsabilité des magasiniers à grains qui comptent sur les connaissances implicites acquises grâce aux résultats scientifiques et l'expérience professionnelle (**Francis, 2002**). Pour cela, il est nécessaire de rester à jour pour une meilleure préservation de la qualité et de stockage des grains. Parmi les travaux déjà réalisés, on a choisi deux grands titres:

4.1- Effet du stockage sur la composition du blé

A la différence des baies et des fruits qui peuvent être rapidement consommées en état frais, les céréales peuvent être stockées mais doivent être préparées pour être agréables à consommer (**Jeantet et al., 2006**). Le stockage des grains est une opération complexe qui demande la prise en compte de multiples paramètres (température, humidité, etc.) lors des différentes étapes, entre la récolte et l'expédition (**Zouaoui, 2011**).

Au cours du stockage du blé, de nombreux changements biochimiques peuvent se produire et provoquent une diminution de la valeur nutritive du produit stocké en attaquant les glucides, les protéines, les lipides et les vitamines (**Udayakumar, 2009**).

4.1.1. Analyses physico-chimiques des grains de blé dur

a- pH et acidité

La détermination du pH nous informe sur l'évolution de l'acidité du milieu, en fonction du métabolisme des microorganismes (**Ould Elhadj et al., 2001**).

Tableau 03: La valeur du pH de quelques échantillons du blé dur.

Référence	Type de blé	pH
(Koula et al., 2013)	Fermenté	4,45
(Koula et al., 2013)	Normal	6,5
(Jeantet et al., 2006)	Normal	7

D'après les résultats obtenus par **Koula et al., (2013)** des deux échantillons, on constate que la mesure du pH du blé normal révèle un pH légèrement acide à neutre de 6,5. Ce résultat est similaire à celui trouvé par **Jeantet et al. (2006)** qui est proche de la neutralité (environ 7), contrairement à celui du blé fermenté qui est de 4,45.

Tableau 04 : Taux d'acidité de quelques échantillons du blé dur.

Référence	Type de blé	Taux d'acidité
(Koula et al., 2013)	Fermenté	1,51%
(Koula et al., 2013)	Normal	0,01%
(Feillet, 2000)	Normal	<0,050%

Les résultats du taux d'acidité déterminé par **Koula et al. (2013)** montrent que le blé normal a un taux moyen d'acidité de 0,01%. Cette valeur ne correspond pas au résultat trouvé par **Feillet (2000)** qui est inférieur à 0,050%. En ce qui concerne le blé fermenté, sa valeur est beaucoup plus supérieure à celle du blé non fermenté, qui est de 1,51%.

b- Taux de cendres

La teneur en cendres dépend essentiellement du lieu de culture et des conditions de maturation. La variation est influencée par la présence ou l'absence des minéraux dans le sol et le taux d'humidité dans les silos de stockage (**Chaib eddour, 2018**).

Tableau 05 : Taux de cendres de quelques échantillons du blé dur.

Référence	Type de blé	Taux de cendre (%)
(Koula et al., 2013)	Fermenté	0,85
(Koula et al., 2013)	Normal	0,60
(Feillet, 2000)	Normal	1,5 – 2,5

Le taux en cendres trouvé par **Koula et al. (2013)** pour le blé normal est de 0,6%. Cette valeur est largement inférieure à l'intervalle 1,5-2,5% cité par **Feillet (2000)**. Par contre, le taux de cendres du blé fermenté est de 0,85%. Il est beaucoup plus élevé par rapport aux autres blés.

La fermentation fournit aussi des conditions du pH optimales pour la dégradation enzymatique des phytates présentes dans les céréales et formant des complexes avec les protéines et les cations tels que le fer polyvalent, le zinc, le calcium, le magnésium. Une telle

réduction des phytates peut augmenter les quantités de fer soluble, de zinc et de calcium de façon significative (**Kamal-Eldin, 2012**).

c- Lipides

La quantité de lipides trouvée par **Koula et al. (2013)** pour le blé normal est de 1,09% (Tableau 6). Cette valeur est légèrement faible par rapport à celle trouvée par **Jeantet et al. (2006)** qui ont enregistré des valeurs comprises entre 1,7 et 2%. Par ailleurs, **Feillet (2000)** et **Guinet (1992)** ont noté des valeurs qui se situent entre 2 à 3% et 2 à 2,5%, respectivement. Alors que le taux de lipides dans le blé fermenté est de 1,08%. En comparant le taux de lipides estimé dans le blé fermenté avec celui du blé normal, on constate qu'il y a une faible diminution, car au cours du stockage, les lipides seront partiellement hydrolysés avec libération des acides gras qui les constituent.

Tableau 06 : Teneur en lipides de quelques échantillons du blé dur.

Référence	Type de blé	Taux de lipide (%)
(Koula et al., 2013)	Fermenté	1,08
(Koula et al., 2013)	Normal	1,09
(Feillet, 2000)	Normal	2 - 3
(Jeantet et al., 2006)	Normal	1,7 – 2
(Guinet, 1992)	Normal	2 - 2,5

Les lipides des grains et notamment les triglycérides se révèlent particulièrement sensibles à la dégradation par les microorganismes. Les triglycérides sont hydrolysés en glycérols et en acides gras grâce à des enzymes appelés « lipases », que l'on rencontre chez les moisissures (*Rhizopus*, *Aspergillus*, *Geotrichum*, *Penicillium*), les levures (*Candida*, *Pichia*) et les bactéries (*Bacillus*). Les acides gras sont dégradés chez les microorganismes aérobies et aéro-anaérobies (*Pseudomonas*, *Entérobactéries*, levures, moisissures...) par la β -oxydation (**Guiraud, 2003**). L'évolution de l'acidité grasse est l'une des manifestations les plus sensibles des modifications biochimiques que subissent le blé au cours du stockage (**Feillet, 2000**).

d- Protéines

Les intervalles du taux de protéines du blé cités par **Cheftel (1977)** et **Liu et Shepherd (1995)** qui sont respectivement (7 à 18%) et (8 à 20% de MS) incluent le résultat de **Koula**

et al. (2013) qui est de 17,17% (Tableau 7). Cependant, elle est largement supérieure aux intervalles mentionnés par **Jeantet *et al.* (2006)** et **Feillet (2000)** qui sont respectivement (10 à 14%) et (10 à 15%). Le taux de protéines du blé fermenté est de 10,29% qui est compris dans ces intervalles.

Tableau 07: Teneur en protéines de quelques échantillons du blé dur.

Référence	Type de blé	Teneur en protéine (%)
(Koula <i>et al.</i> , 2013)	Fermenté	10,29
(Koula <i>et al.</i> , 2013)	Normal	17,17
(Feillet, 2000)	Normal	10-15
(Cheftel, 1977)	Normal	7- 18
(Liu et Shepherd, 1995)	Normal	8 - 20

Le taux de protéines dans le blé fermenté est faible par rapport à celui du blé normal, peut être dû à la diminution du pH par la fermentation qui favorise l'action de certaines protéases endogènes des céréales (**Kamal-Eldin, 2012**). De même, une amélioration dans la digestibilité des protéines des produits fermentés est principalement associée à une activité protéolytique due à la microflore (**Kohajdova et Karovicova, 2007**).

4.2- La qualité phytosanitaire et microbiologique du blé stocké

Les céréales sont des substrats naturels favorables pour le développement des insectes et des moisissures favorisé par leur composition nutritionnelle riche en amidon et en protéines (**Magan *et al.*, 2007**). Malgré l'apparence saine du blé dur, leurs taux de contamination se sont révélés élevés selon **Aoues *et al.* (2017)** qui a fait une étude d'évaluation de l'abondance et la diversité des insectes et des acariens ainsi que le taux de contamination dû aux moisissures dans le blé dur stocké en Algérie.

L'étude d'**Aoues *et al.* (2017)** a permis de mieux comprendre l'état phytosanitaire des sites de stockage des céréales en Algérie. Cette étude a révélé la présence de trois principaux ordres d'insectes ravageurs : les Lépidoptères, les Coléoptères et les Hyménoptères (regroupant les insectes bénéfiques).

Du point de vue contamination fongique les résultats d'**Aoues *et al.* (2017)** ont montré que la microflore était diversifiée, six genres de champignons majeurs appartenant à deux groupes distincts ont été énumérés: ceux groupe de "champs" comme *Alternaria*, *Fusarium* et

Bipolaris et ceux appartenant au groupe de "stockage" tel que *Aspergillus* et *Penicillium*. L'apparition de ces genres de champignons dans les céréales a été signalée dans plusieurs études à travers de nombreux pays, en Europe, en Afrique du Sud, dans les pays voisins, en Tunisie et au Maroc et même en Algérie.

D'après **Fleurat (2003)**, la microflore des « moisissures de stockage » est principalement constituée par les espèces des genres *Penicillium* et *Aspergillus*, accompagnées par des espèces secondaires de Mucorales ou des genres *Byssochlamys*, *Scopulariopsis* ou *Wallemia*. Ces moisissures sont les seules à pouvoir se développer sur les grains à partir du seuil de 15 à 16% de teneur en eau. Toutefois, si les moisissures peuvent être une cause directe de l'altération des grains lorsque l'humidité n'est pas maintenue en dessous du seuil de développement, leur croissance doit être empêchée par tous les moyens car certaines espèces et souches de la flore de stockage peuvent synthétiser des mycotoxines, substances toxiques dangereuses pour la santé humaine et animale.

En ce qui concerne les microorganismes on considère qu'un grain a une qualité microbiologique convenable s'il héberge moins de 10^4 germes de la flore de stockage par gramme de grain.

La maîtrise totale de la qualité et de la sécurité phytosanitaires des stocks des grains exige un renversement de stratégie en donnant la préférence à la prévention des risques. Dans un premier temps, la mise en pratique dans le contexte des OS du système HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*). Cette méthode s'applique aux trois catégories de dangers qui peuvent menacer la sécurité et la salubrité des aliments: les dangers biologiques, chimiques ou physiques.

Presque les mêmes résultats ont été trouvés par **Ennadir et al. (2013)** en analysant des farines de blé. Les résultats de l'examen microscopique des champignons isolés ont révélé la prédominance de l'espèce *Aspergillus flavus* (56,25%) suivi par l'*Aspergillus niger* (25%), *Penicillium spp.* (6,25%), *Fusarium nival* (6,25%) et *Rhizopus stolonifer* (6,25%).

Chapitre V : Analyses Physiques Du Blé Dur

- Objectif du travail

L'objectif visé à travers ce diagnostic est de procéder à l'analyse physique des échantillons de blé dur de production locale 2018/2019 stockés pour une période de six mois dans des silos métalliques et prélevés auprès des unités de stockage de l'OAIC suivantes: M'sila, Tiaret, Sour Elghezlane, Bouira, Khemiss et Berrouaghia. Une analyse d'agréege de ces échantillons était réalisée au niveau du laboratoire national de l'OAIC.

5.1- Présentation des échantillons

Les échantillons de blé dur local ont été prélevés durant le mois de Février 2020, au niveau des silos métalliques ou les camions d'attribution entre les CCLS de l'OAIC, répartis dans les régions déjà citées. Les échantillons étaient prélevés selon la norme **ISO 950-1979**. Ils sont transportés au laboratoire national de l'OAIC à Cheraga au niveau de la DLN dans des sacs en plastique, pour être analysés.

Il faut noter que les résultats des examens n'ont de valeur que si certaines précautions d'échantillonnage ont été respectées :

- Prises des échantillons avec des instruments stériles;
- Mise de l'échantillon dans des récipients ou sachets stériles et scellés avec d'un fil de plomb de manière à prévenir toute perte d'humidité. Ils doivent être conservés à l'abri de la lumière directe du soleil ou dans une chambre froide après un étiquetage préalable où sont mentionnées certaines informations (date du prélèvement, le produit et lieu de prélèvement);
- Respect des règles d'hygiène générale pour la personne effectuant le prélèvement.

L'échantillon doit être représentatif dans son ensemble. Des échantillons élémentaires doivent être prélevés de l'ensemble du lot. La quantité minimale recommandée pour chaque échantillon de laboratoire est de 03 kg.

5.2- Qualité physique

5.2.1- Poids spécifique (PS)

Principe: la masse à l'hectolitre est la masse d'un hectolitre de grains mesurée en kilogramme. Elle est calculée à partir de la masse d'un litre (Niléma-litre). Elle se fait par écoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient de un litre et pesée (**Aziez et al., 2003**). Ce test a été réalisé en deux répétitions pour chaque échantillon de blé.

Appareillage

Le Niléma-litre est constitué de :

- Mesure de un litre ;
- Balance romaine (maximum kg).

Pour plus de précision on a utilisé une balance analytique (près de 0,01g, max 4000 g).

Mode opératoire

- Peser la mesure sur un plan horizontal stable. La trappe étant fermée, emplir cette trémie avec le grain dont on veut connaître le poids.
- Abattre le trop-plein avec une règle et ouvrir la trappe entièrement et d'un coup sec, le grain tombe dans la mesure de un litre.
- Arasement et pesé de la mesure.
- Aussitôt après la fin de jet et sans fermer la trappe, araser la mesure.
- Une fois la mesure arasée, on pèse le grain.

Expression des résultats

La masse à l'hectolitre est exprimée en kilogramme par hectolitre (exprimer le résultat avec deux décimales (**Aziez et al., 2003**)).

5.2.2- Agréage (recherche des impuretés)

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

Appareillage

- Jeux de tamis de contrôle, (3,55 mm, 1,9mm, 1,0mm), ainsi qu'un réceptacle et un couvercle.
- Diviseur à fentes multiples.
- Coupelles.
- Balance précise à 0,01 g près.
- Pince.

Mode opératoire

a- Préparation de l'échantillon pour essais

- Mélanger avec soin l'échantillon pour laboratoire afin de le rendre aussi homogène que possible, puis procéder si nécessaire à sa réduction à l'aide d'un diviseur, jusqu'à l'obtention d'une quantité d'environ de 01 kg puis peser à 1 g près, l'échantillon pour essai ainsi obtenue et le mettre dans le récipient plat. On note toute odeur particulière ou étrangère à celle de la céréale, ainsi que la présence d'insectes et d'acariens vivants. les insectes seront identifiés et leur nom consigner au procès-verbal.

b- Détermination de l'ergot

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

c- Division

Bien mélanger l'échantillon débarrassé de l'ergot et le diviser à l'aide du diviseur, jusqu'à l'obtention d'une quantité de 100g à 0,01g près.

Si l'on observe la présence de grain vêtus, séparer les grains des enveloppes avant le tamisage.

d- Tamisage

- Emboîter les tamis de 3,55mm, 1,9mm, 1,00 mm ainsi que le réceptacle puis on place la prise d'essais (100g) sur le tamis de 3,55mm et mettre le couvercle, ensuite on agite manuellement pendant 45 secondes avec un mouvement de vas et vient parallèle au sens des fentes, on gardant les tamis dans un plan horizontal.

e- Recherche et classement des impuretés

Effectuer dans l'ordre les opérations suivantes :

- Refus du tamis 3,55mm: séparer les grains des céréales examinées, ainsi que ceux des autres céréales, placer le reste dans la coupelle des matières inertes.
- Refus du tamis intermédiaire (1,9mm) : séparer les impuretés grains cassés, grains germés..., les placer dans les coupelles respectives.
- Refus du tamis 1,00mm : séparer les grains de céréale examinés, et quelque que soit leur état, les placer dans la coupelle des petits grains. Classer les éléments restants dans les coupelles grains cassés, autres céréales, graines étrangères et matière inerte.
- Refus du tamis 1,00mm : placer la totalité du tamisât dans la coupelle des matières inerte.

• Expression des résultats

- Peser le contenu de chaque coupelle à 0,01g près.
- Calculer le pourcentage de chaque catégorie par rapport à la masse de la prise d'essais.
- Additionner les pourcentages des impuretés grains d'une part, et des impuretés diverses d'autre part. Les exprimer avec une seule décimale.
- Les pourcentages des catégories se calculent de manière identique ; soit :

m : la masse de la prise d'essai.

Pi : poids des impuretés.

$Pi \times 100 / m$

5.2.3- Taux de mitadinage

Il se calcule par triage des grains sains après le classement des impuretés.

- on sépare tous les grains qui ont une tache blanche (il faut les identifier des grains punaisés) des grains vitreux.

- **Expression des résultats**

On pèse les grains mitadinés et on calcule le pourcentage par rapport au totale des grains sains.

$$\text{Mitadin} \times 100 / \text{Mitadin} + \text{Vitreux}$$

5.3- Résultats et discussion

Tableau 08 : Les résultats des analyses physiques des échantillons.

Paramètre	E. M'sila	E. Bouira	E. Sour Elghezlane	E. Khemiss	E Tiaret	E. Berrouaghia
Poids spécifique (PS) (Kg/hl)	82.500	82.200	79.200	80.500	82.500	81.00
Odeur	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Désagréable
Insectes	Absence	Absence	Absence	Absence	Une Larve Vivante	Absence
Ergot	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Grains nuisibles	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Méthode d'analyse selon la norme ISO 11051. Les seuils selon le journal officiel n° 32/1988 1^{er} partie.

5.3.1- Le poids spécifique (PS): Il s'agit d'une mesure de la densité du grain ; il indique le rendement possible en semoule. Il peut, également, indiquer le teneur en eau et sert par fois dans la détermination de la quantité d'eau à ajouter durant la trituration (**Brennan, 1984**).

En effet, selon **Soltner (2005)**, le PS est un élément de qualité qui dépend:

- De l'humidité (plus le grain est sec plus son PS augmente);
- De la bonne nutrition durant la maturation (les grains échaudés sont moins présents);
- De la propreté de la récolte (les déchets plus légers diminuent la densité).

Le PS des échantillons varie entre 79.200 et 82.500 kg/hl. Ces résultats sont compris dans la fourchette proposée par **Clavel (1996)** qui est de 72-82 kg/hl. Il correspond aussi à l'intervalle du journal algérien n°32/1988 égale ou supérieure à 72 kg/hl pour qu'il soit considéré comme sain, loyal et marchand. D'après **Mahaut (1996)**, plus le PS est élevé plus le rapport amande/enveloppe est élevé et par conséquence, le rendement semoulier est élevé.

5.3.2- Odeur et insectes: seulement l'échantillon de Berrouaghia présente une odeur désagréable, qui est un indice de la présence d'insectes (odeur d'excréments) ou de la présence des moisissures. Selon **Aziez et al. (2003)**, les lots fortement infestés ont une odeur pouvant rappeler celle du miel. La contamination fongique des grains de blé est responsable du rejet des odeurs indésirables. Il a été constaté que les grains stockés à des conditions d'humidité élevées ont une odeur de moisi (**Mathew, 2010**).

Alors que l'échantillon de Tiaret a présenté une seule larve vivante qui est un indice de début d'infestation.

5.3.3- Ergot et grains nuisibles: les échantillons analysés sont sains et exemptes de toute source toxique. En effet les normes de qualité sont fixées par le décret exécutif N°32 du 26 juillet 1988, les blés durs considérés comme **sains loyaux et marchands** lorsque :

- La présence de grains nuisibles est inférieure ou égale à 0,25%.
- La présence d'ergot est inférieure ou égale à 1 pour mille.

5.3.4- Les impuretés de 1^{er} Catégorie :

Tableau 09 : Les résultats des impuretés de la 1^{ère} catégorie des échantillons.

	Paramètre	E. M'sila	E. Bouira	E. Sour Elghezlane	E. Khemiss	E. Tiaret	E. Berrouaghia
1 ^{ère} Catégorie	Matière inerte (%)	0,11	0,17	0,40	0,28	0,25	0,66
	Débris végétaux (%)	0,09	0,22	0,63	0,42	0,19	0,45
	Grains des mauvaises herbes (%)	0,17	0,24	0,48	0,36	0,23	0,51
	Total	0,37 < 3%	0,63 < 3%	1,51 < 3%	1,07 < 3%	0,67 < 3%	1,62 < 3%

Méthode d'analyse selon la norme ISO 11051. Les seuils selon le journal officiel n° 32/1988 1^{er} partie.

Les résultats des échantillons sont dans la norme inférieure à 3% selon le journal officiel. Ces paramètres sont généralement liés au produit à la collecte et sa mise en conformité avant le stockage (nettoyage et triage), sauf la poussière et la matière inerte qui peut s'augmenter à cause de l'infestation causée par les déprédateurs. L'accumulation de cette poussière dans les locaux de stockage favorise le développement d'insectes et des moisissures.

5.3.5- Les impuretés de 2^{ème} Catégorie**Tableau 10** : Les résultats des impuretés de la 2^{ème} catégorie des échantillons.

	Paramètre	E. M'sila	E. Bouira	E. Sour Elghezlane	E. Khemiss	E. Tiaret	E. Berrouaghia
2 ^{ème} Catégorie	Autres Céréales (%)	1,31	0,70	0,48	1,10	0,69	0,75
	Grains Piqués (%)	1,01	0,12	1,21	1,47	1,48	0,65
	Grains Punaisés (%)	0,63	0,73	0,48	0,65	0,43	0,39
	Grains Cassés (%)	3,93	4,98	6,53	3,05	3,83	5,67
	Grains Boutés (%)	0,72	0,15	0,61	0,55	0,27	0,79
	Grains Mouchetés (%)	1,32	0,80	1,35	1,12	0,78	1,00
	Grains Echaudés (%)	0,64	0,83	1,05	1,47	0,32	0,91
	Total	10,63 > 10	7,80	11,98 > 10	9,41	7,80	10,16 > 10

Méthode d'analyse selon la norme ISO 11051. Les seuils selon le journal officiel n° 32/1988 1^{er} partie.

Les valeurs des grains piqués des échantillons analysés oscillent entre 0,12% et 1,48% pour l'échantillon de Tiaret. Il s'agit des grains de blé dur qui ont perdu une partie ou la totalité de leur amande à la suite des attaques de déprédateurs. C'est un signe de présence d'insectes et d'un mauvais stockage qui risque de perdre la qualité et la quantité du produit.

Pour les grains punaisés, les valeurs des échantillons sont dans les normes (inférieur ou égale à 10%).

Les pourcentages des grains de blé cassés sont plus que 5% pour la moitié des échantillons (Bouira, S. Elghezlane et Berrouaghia). Ceci n'a pas de relation avec le stockage mais c'est dû au mauvais réglage des moissonneuses batteuses, engendrant une perte de qualité (grains sains) et de quantité surtout durant le nettoyage avant la mouture.

La moucheture de grain correspond à des taches brunes sur le péricarpe, qui est causée par des champignons (**Macheix, 1996**).

Pour l'ensemble des échantillons, le taux de moucheture varie entre 0,78% et 1,32%. Les résultats obtenus montrent qu'ils sont conformes en enregistrant des taux inférieurs. La moucheture engendre la présence de piqûres brunes dans le produit fini (**Mahaut, 1996**), et affectent ainsi la valeur commerciale du produit (**Aziez et al., 2003**).

L'échaudage peut être physiologique, il pourrait être dû à la coïncidence d'une brusque élévation de la température et de la période critique de sensibilité du grain au cours de sa maturation dans le champ. L'échaudage est susceptible d'être causé par des maladies, telles que les rouilles, les piétins et les septorioses (**Godon et Loisel, 1997**).

Les blés analysés présentent un taux d'échaudage qui oscille entre 0,32% et 1,47% et ces résultats sont conformes à la norme algérienne dont la limite est à 5% au maximum.

Le seuil des impuretés de 2^{ème} catégorie est de 10% qui est dépassé légèrement par les échantillons de M'sila, S. Elghezlane et Berrouaghia, ce que donne lieu à une refaction au prix par tranche.

5.3.6- Le mitadinage : c'est directement lié à la quantité des protéines contenue dans le grain et dépend des conditions de culture. Il déprécie la qualité des semoules et des produits dérivés.

Tableau 11 : Les résultats de l'indice de Notin des échantillons.

Paramètre	E. M'sila	E. Bouira	E. Sour Elghezlane	E. Khemiss	E. Tiaret	E. Berrouaghia
Blé tendre dans blé dur (%)	1,79 < 5%	5,47 > 5%	1,81 < 5%	1,43 < 5%	0,97 < 5%	4,14 < 5%
Mitadin (%)	24,7	14,71	13,93	13,75	7,62	13,41
Total (indice de Notin)	26,49 > 20%	20,18 > 20%	15,74 < 20%	15,18 < 20%	8,59 < 20%	17,55 < 20%

Les valeurs du taux de mitadinage des blés étudiés varient entre 7,62 et 24,7%. Les valeurs de ces échantillons sont dans les normes sauf pour l'échantillon de M'sila et Bouira qui présentent un indice de notin > 20% qui dépassent la limite supérieure tolérée par la norme algérienne, et cela est lié aux conditions de culture plus particulièrement la richesse du sol de la matière minérale et organique et la présence de fumure azotée dans le cas de M'sila, un mélange de la semence (blé dur et blé tendre) ou une de manipulation par le machiniste du lieu de stockage dans le cas de Bouira.

La déficience en azote ainsi qu'en soufre empêcherait un déroulement normale de la synthèse protéique chez la plante, c'est à dire au cours de remplissage du grain, si la matière protéique se trouve en quantité suffisante, l'albumen prendra un aspect vitreux ; en revanche la carence protéique conduit à la formation de nombreuses poches d'airs au sein de l'albumen avec une apparence opaque (**Salmi et al., 2015**).

Les échantillons agréés sont sains, loyaux et marchands selon les normes algériennes (le journal officiel n° 32/1988 1^{er} partie) et l'échantillon de Khemiss est de meilleure qualité.

Conclusion

Conclusion

L'objectif en réalisant ce travail était d'évaluer la qualité du blé local stocké au même temps de déceler les principaux facteurs influençant sa qualité, et dans un second temps de comparer les différentes études réalisées sur le blé dur stocké.

D'après la synthèse des travaux des autres chercheurs on conclue que, les blés durant le stockage vont subir une diminution du ph et une évolution de l'acidité. Élévation du taux du cendre qui est du à la dégradation enzymatique des composants des grains. Durant le stockage une dégradation des lipides aura lieu ainsi que pour les protéines dès que la diminution du ph favorise l'action de certains enzymes protéases.

La microflore du blé est diversifiée, six genres de champignons majeurs appartenant à deux groupes distincts ont été énumérés: ceux groupe de "champs" comme *Alternaria*, *Fusarium* et *Bipolaris* et ceux appartenant au groupe de "stockage" tel que *Aspergillus* et *Penicillium*.

D'après les résultats de l'analyse physique du blé locale stocké, Le PS des échantillons varie entre 79.200 et 82.500 kg/hl qui sont conformes aux normes algériennes, pour la présence d'odeur indésirable y a que l'échantillon de Berrouaghia alors que pour la présence d'insecte seulement l'échantillon de Tiaret a présenté une seule larve vivante.

Tous les échantillons analysés sont exemptes des grains nuisibles. Les résultats des impuretés de la 1^{ère} catégorie des échantillons sont dans la norme inférieure à 3% selon le journal officiel, Le seuil des impuretés de 2^{ème} catégorie est de 10% qui est dépassé légèrement par les échantillons de M'sila, S. Elghezlane et Berrouaghia. L'échantillon de M'sila et Bouira présentent une valeur élevés du mitadinage.

Selon les normes algériennes (le journal officiel n° 32/1988 1^{er} partie), Les échantillons analysés sont sains, loyaux et marchands et l'échantillon de Khemiss est de meilleure qualité.

L'évolution de la maitrise totale de la qualité et de la sécurité sanitaire des stocks des grains exige un renversement de stratégie en donnant la préférence en premier lieu à la prévention des risques par :

- Traitement des locaux de stockage et les maintenir dans un bon état.
- Contrôle de la qualité de la collecte (exp: humidité) avant stockage et de la mettre en conformité (nettoyage, triage, etc.).
- Contrôle des principaux facteurs qui influencent la qualité du blé stocké.

- L'application d'une stratégie préventive d'assurance qualité de type HACCP au niveau des organismes stockeurs.
- Prendre en considération les analyses microbiologiques de cette denrée alimentaire par les normes algériennes (journal officiel) non seulement sur les grains consommés en état mais aussi les grains destinés à la transformation, le fait que ces microorganismes (moisissures et champignons) peuvent synthétiser des molécules toxiques (mycotoxines) pour l'homme même après la 1^{ère} transformation (la mouture) .

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abecassis, J. 1993.** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés, Industries des céréales N° 81, 35 p.
- Abis, S. 2012.** Le blé en Méditerranée sociétés commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales, CIHEAM Paris : 241-247 p .
- AFNOR, 1991.** Recueil de normes –contrôle de la qualité des produits alimentaires : céréales et produits céréaliers. AFNOR/DGCC RF. 3ème édition. Paris.360p.
- Ahmad, L. 2016.** Stockage des céréales: L'Algérie doit développer ses capacités de stockage. http://www.lemaghreb.dz.com/?page=detail_actuelite&rubrique=Agriculture&id=79331.
- Ait-Kaki, S. 2007.** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat. Option : Biologie végétale et Amélioration des Plantes. Université Badji Mokhtar-Annaba : 33-37 p.
- Ammar. 2014.** Organisation de la chaîne logistique dans la filière des céréales en Algérie Etat de lieux et perspectives. (Thèse de hautes études du ciheam, Institut Agronomique méditerranéen de Montpellier). 114 p.
- Aziez, M., Hammadouche, O., Mallem, S., Tacherifet, S. 2003.** Le guide pratique de l'agréur céréales et légumineuses alimentaires. Direction du laboratoire national de l'OAIC, Algérie, 58 p.
- Barron, C., Abécassis, J., Chaurand, M., Lullien-Pellerin, V., et al. 2012.** Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche. UMR-IATE Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes INRA, CIRAD, SUPAGRO, UM II Montpellier, France. N°19 : 51-62 p.
- Bartali, E. H., Afie, S., Persoons, E. 1989.** Stockage des céréales dans des entrepôts souterrains. Cereals en régions chaudes. Aupele-UREF. Eds John Libbey Eurotext. Paris : 27-38.
- Bell, A. 2000.** Lutte contre les insectes des denrées stockées au Sénégal. Ed .Biotech. Agron., Soc. p 60-61.
- Benchikh, C., Fahloul, D., Boulaoueh, N., Fellahi, N. 2016.** Effets de l'augmentation de la dose d'azote sur l'amélioration du rendement et des paramètres de qualité du blé dur (*Triticum durum Desf*) en zone semi-aride en Algérie. Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures. Numéro 66 : 51 p.
- Berhaut, P., Le Bras, A., Niquet, G., Griaud, P. 2003.** Stockage et conservation des Grains à la ferme, ARVALIS, Institut du végétale, Ed. Tec et Doc, Paris, 108 P.
- Berton, B. 2002.** Hydratation par adsorption de vapeur d'eau ou par immersion des farines de blé et de leurs constituants. Alimentation et Nutrition. Institut National Polytechnique de Lorraine. France : 205 p.

- Bessot, J.-C., Metz-Favre, C., de Blay, F., Pauli, G. 2011.** Acariens de stockage et acariens pyroglyphides : ressemblances, différences et conséquences pratiques. Rev. Fr. Allergol. 51, 607–621.
- Bonjean, A., Picard, E. 1991.** Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé; Poitiers : 36p.
- Boudreau A et Ménard G. 1992-** Le blé: éléments fondamentaux et transformation. Edition Presses Université Laval, Paris : pp 25 - 62.
- Bounceur, A., Mammasse M. D. L. 2002.** Gestion optimale des silos au niveau des entreprises cevital.p 15.
- Brennan, P. 1984.** La meunerie. In: céréales et oléagineux, manutention, commercialisation et transformation. Éd : institut international du canada pour le grain, 1000- 303 main street 3^eéd.
- Cahagnier, B. 1996.** Céréales et produit dérivé In « microbiologie alimentaire » tome 1 « aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ». Edition Technique et Documentation Lavoisier., Paris.
- Cahagnier, R., Fleurat-Lessard, F. 2000.** Guide pratique : Le stockage à plat des céréales pour une durée indéterminée : Bonnes conditions du grain à l'entreposage. Ed. Groupe de Liaison sur la conservation des grains (G.L.C.G). Paris.191-218.
- Chaib eddour, 2018.** Aptitudes de conservation et de transformation du blé tendre « variétés locales et importées » - Cas Des Entrepôts De Mascara - Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem - faculté des sciences de la nature et de la vie. Master : biotechnologie alimentaire.103 p.
- Carbonnelle, B., Denis, F., Marmonier, A., Pinon, G., Vargues, R. 1990.** Bactériologie médicale technique usuelles. 2^{ème} édition. p108.
- Cheftel, J. C. 1977.** Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments. Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris, pp105-142.
- Chégut M., Hardy C., Lebarbier R., Marot M-T. 2018.** Filière blé dur. Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt. Nouvelle – Aquitaine : 8 p.
- Cheniki, Z., Yahia, K. 1994.** Biologie de *Tribolium confusum* (Coleoptera :*Tenebrionidae*) et *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : *Curculionidae*) sur blé. Effet de l'infestation de ces deux espèces sur la qualité technologique des blés attaqués.Th. Ing.Agron. Instit. Alg. El Harrach.112 p.
- Clavel, R. 1996.** La panification actuelle la farine u froment et les farine diverses. In le pain et la panification. 2eme éd 4eme trimestre mis à jour. Paris.
- Clément, L. 2018.** Modélisation thermomécanique de la paroi des greniers de stockage de céréales en banco. Science des matériaux [cond-mat.mtrl-sci]. Université de Lorraine; Université d'AbomeyCalavi (Bénin). p139.

CODEX STAN 199-1995. Norme codex pour le blé et le blé dur.

Crus, F., Diop A. 1989. Génie agricole et développement technique d'entreposage. Ed. Bul. Serv. Again, de PAO N°740, Rome. 128P.

Cruz, J. F., Troude, F., Griffon, D., Heber, J. P. 1988. Conservation des grains en région chaudes « techniques rurale en Afrique ». 2ème ed, Ministère de la coopération et du développement, Paris France, 545 p.

Cruz, J.-F., Hounhouigan, J.-D. et Fleurat-Lessard, F., 2016. La conservation des grains après récolte. Editions Quae CTA, Presses agronomiques de Gembloux : 256 p.

Deàk, T. 2008. Handbook of food spoilage yeasts. CRC Press. Second Edition. 325P.

Defago, G. 1936. Observation sur les punaises des céréales en suisse. Etablissement fédéral d'essai et de contrôle de semence. p : 94-126.

Djelti, H. 2014. Etude de la qualité du blé tendre utilisé en meunière algérienne. Mémoire demagistère. Option : Technologie Des industries Agro-alimentaire. Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen : 51p.

Doumandji, A., Doumandji-Mitiche, B et Salaheddine, D., 2003. Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires: pp 1-22.

Ducom, P., 1978. Traitement par fumigation. Les insectes et les acariens des céréales stockées, [TeF, 138-164.

Dunoyer, C. 1989. Principe de microbiologie en industries céréalières, Industries des Céréales.

Duron, B. S., 1999. Le Transport Maritime des Céréales. Mémoire de D.E.S.S. Université d'Aix-Marseille, pp 81.

Ennadir, J., Hassikou, R., Ohmani, F., Hammamouchi, D.J., Bouazza, F., Qasmaoui, A., Mennane, Z., Ouazzani Touhami, A., Charof, R., Khedid, K. 2013. Qualité microbiologique des farines de blé consommées au Maroc. P 145-150

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

Feillet, P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. Paris, FRA : Editions INRA : 308p.

FeliachiK. 2000. Programme de développement de la céréaliculture en Algérie.

Foua-Bi, K. 1989. Céréales des Régions Chaudes Conservation et Transformation, Parmentier M, Fouad-bi K (eds).AUPELF-UREF. Ads John Libbey Eurotext: Paris; 97-104.

Francis Fleurat Lessard. 2015. Résidu de pesticides dans les céréales alimentaires : origine, devenir et gestion raisonnée.

Francis Fleurat-Lessard. 2002. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. Journal of Stored Products Research 38.p 192-218.

- Francis Fleurat-Lessard. 2003.** Préservation de la qualité sanitaire des céréales. La protection antiparasitaire intégrée : nouveau concept d'une stratégie préventive d'assurance qualité des stocks. French national institute for agriculture, food and environment (INRAE). 19 p.
- François D., Yves T., 2001.** Encyclopédie microsoft. Encarta de luxe, le blé (CD.ROM) 2001, Paris. Ed : Microsoft.
- Gharib, 2007.** Cours de céréales 5^{ème} année. Institut national en nutrition et technologies agro-alimentaires INATAA. Constantine.
- Godon, B., Loisel, W., 1997.** Guide pratique d'analyses dans les industries de céréales, 2e éd, Ouvrage de 818 p.
- Grignac, P. H. 1981.** Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français.
- Guinet, R. 1992.** Technologie du pain français. Ed. B.P.I., Paris, 182 p.
- Guiraud Joseph-Pierre., 2003.** Microbiologie Alimentaire. Dunod. Paris.
- Guiraud J.P., Rosec J. P., 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire.
- Gwinner, J., Harnisach, R., Mück O. 1996.** Manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte, Ed. Eschborn, 368p.
- Hakim, B., Zaghouane, O., El-Mourid, M., Rezguis. 2007.** Guide pratique de la conduite de céréales (Blé et orge) dans le maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie), pp. 171-176.
- Hall, D.W. 1970.** Handling and Storage of Food Grains, in Tropical and Subtropical Areas, FAO. Rome, 350 p.
- Hammadi, A., Ouafi, A. 2019.** Référence de l'agréateur, DLN OAIC.
- ITCF. (Institut Technique des Céréales et des Fourrages), 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux, Lavoisier, France : 268 p.
- ISO 11051, 1994.** Blé dur (*Triticum durum* Desf.) -Spécifications.
- ISO 6639/1, 1986.** Céréales et légumineuses-détermination de l'infestation cachée par les insectes.
- J.O.R.A.D.P., 2013.** Arrêté du 06 Juin 2012 rendant obligatoire une méthode de dosage du taux de cendres par incinération dans les légumineuses et produits dérivés. JO. N° 35
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Brulé, G., Coord. 2006.** Sciences des aliments: Biochimie-Microbiologie-Procédés-Produits. Ed.Tec et Doc Lavoisier, Paris.453 p.
- Kaan, F., Branlard, G., Chihab, B., Borries, C., Monneveux, P. 1993.** Prebreeding and breeding durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.) for quality products.
- Kamal-Eldin, A. 2012.** Fermented Cereal and Legume Products. In Fermentation: Effects on Food Properties. CRC Press.

- Karahaçane, T. 2015-** Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse. Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique. El Harrach, 136p.
- Kohajdova, Z., Karovicova, J. 2007.** Fermentation of cereals for specific purpose. *J. of Food and Nutrition Research*, 46 (2): 51-57.
- Labeyrie, V. 1992.** Problèmes fondamentaux posés par les insectes des denrées. In : Foua-Bi K. et Philogène B.J.R., éd. Actes du séminaire international à Abidjan, Cote d'Ivoire, 29 janvier-1 février 1992, p: 9-14.
- Lerin, F. 1986.** Céréales et produits céréaliers en méditerranéen. Ed. Mont pellier ; pp 81 ; 93.
- Lesage, V. 2011.** Contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur contrôlant la dureté /tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées quasi-isogéniques. Sciences agricoles. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. Français : 118 p.
- Linden G., Lorient D. 1994.** Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Ind. Alim. Et Biologiques. éd. Masson, pp. 70 - 80.
- Liu, C. Y., Shepherd, K. W. 1995.** Inheritance of β -subunits of glutenin and gliadins in tetraploid wheats. *Theor. Appl. Genet.* 90: 1149-1157.
- Macheix, J. J. 1996.** Moucheture le point sur la connaissance. Actes du colloque.
- MADR. 2007.** *Statistiques agricoles, superficies et production*, Série B, DSASI. MADR, Alger, 64pages.
- Maisonneuve S. et Larose J., 1985.** Le stockage des produits vivriers et semenciers Tom1 : Dégâts, pertes et moyens de stockage, 122-134.
- Magan, N., Aldred, D. 2007.** Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. *Int. J. Food Microbiol.* 2007, 119, 131–139.
- Magrini, M-B., Triboulet P. et Bedoussac L. 2013.** Pratiques agricoles innovantes et logistique des coopératives agricoles. Une étude ex-ante sur l'acceptabilité de cultures associées blé dur légumineuses.
- Mahaut, B., 1996.** Comment évalue-t-on la qualité d'un blé dur?, In colloque "perspectives blé dur". éd. ONIC, ITCF, France.
- Masci S., Lew E. J.-L., Lafiandra D., Porceddu E., Kasarda D. 1995.** Characterization of Low Molecular Weight Glutenin Subunits in Durum Wheat by Reversed- Phase High Performance Liquid Chromatography and N-Terminal Sequencing. *Cereal Chemistry*. Vol. 72, No. 1, pp 100-104.
- Mason, A., Lee, R., Abrigo, M., Lee, S. H. 2017.** Support Ratios and Demographic Dividends: Estimates for the World United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division Technical Paper No. 2017, 47 P.

- Mathew, S. 2010.** A review on the wheat grain quality under post harvest storage. International Journal of Pharmaceutical and Applied sciences/1 (2). ISSN : 0976-6936.
- Mathew, S., Thomas, G., Tufail, A. 2011.** An Evaluation of the fungi isolated from sub-epidermal region of post-harvested stored wheat grains. Nepal Journal of Biotechnology.
- Mok, C. 1997.** Mixing properties of durum wheat semolina as influenced by protein quality and quantity. *Food and Technology*. Vol. 6. NO. 1.
- Multon, J. L. 1982.** Conservation et stockages des grains et graines et produits dérivées. Ed. Lavoisier, Paris. 576 p.
- Nadjah, I. 2014.** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse de doctorat. Option : Biologie Végétale Et Environnement. Université Badji Mokhtar-Annaba : 98 p.
- Naville, M. 2005.** *La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé*, Projet personnel, Département Biochimie et Génie Biologique, Université Paris XI, 20 pages.
- Ndiaye, B. 1999.** Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux. Cellule Centrale d'Appui Technique PADER II. Thiès (Sénégal), n°100, 23 p.
- Ntsam, S. 1989.** Pourquoi stocker ? Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris, 3-8p.
- Ould El Hadj, A., Sebihi, H., Siboukeur O. 2001.** Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette d'Ouargla, Mémoire de Magister en Technologie Alimentaire. Université d'Ouargla, 163 p.
- Ouramdane, A. 2005.** L'importance du contrôle microbiologique dans les blés stockés. Laboratoire national de l'OAIC.
- Ouzouline, M., Tahani, N., Elamrani, A., Serghini C.-H. 2009.** Comparaison De La Composition Lipidique De Grains De Blé Dur Et Blé Tendre De Variétés Marocaines. Les Technologies De Laboratoire - N°15 : 9-15 p.
- Panisset, J.-C., Dewailly, E., Doucet-Leduc, H. 2003.** Contamination alimentaire. In environnement et santé publique: fondements et pratiques. Ed. TEC et DOC. 1023 p.
- Raiffaud, C. 2001.** Produits « Bio » de quelle qualité parle-t-on. 191p.
- Roberts, T. A. 2005.** Microorganisms in foods. Microbial Ecology of food Commodities. Second Edition. Springer; 776P.
- Samson, M. F. 2006.** Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin.
- Saulnier, L. 2012.** Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. Cahiers de nutrition et diététique, N° 47 : 4-15 p.

Scotti G. et Mont J.-M., (1997) : analyse physique des grains des blés tendre et blé dur ; in : guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Ed.Tec & Doc LAVOISIER. Paris, pp.79-110.

Sharma, N. Bhandari, A S., 2014. Management of Pathogens of Stored Cereal Grains, p87-107.

Soltner, D. 2005. Les grandes productions végétales, Ed. Sciences et techniques agricoles, 20eme éd.

St-Pierre, N., Bélanger, V., Brégard A. 2014. Ventilation et conservation des grains à la ferme. Réseau Innovagrains et Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 58 p.

Surget, A., Barron, C. 2005. Industries des céréales, - pascal-francis.inist.fr Symposium blé 2000 : Enjeux et stratégies, pp 21-26.

Udayakumar, N. 2009. Safe storage Guidelines for Durum wheat. Library &Archive. Canada; 104P.

Vialatte, J., Brunet, D. 1974. Role antigénique des acariens dans la poussière de maison. Rev. Fr. Allergol. Immunol. Clin. 14, 97–102.

Zahid, A. 2010. Mécanismes cellulaires et moléculaires régissant le métabolisme des semences de céréales Rôle du réseau rédoxines - Système antioxydant dans la prédiction de la qualité germinative. Thèse de doctorat présenté à l'université de Toulouse pour l'obtention du grade de Docteur universitaire : 18-45 p.

Zettal, Y. 2017. Le blé : importance, santé et risque. Mémoire de Master. Biologie et génomique végétale. Université des Frères Mentouri. Constantine : 34-37 p.

Zouaoui, N. 2011. Effet des polyphénols sur la résistance à l'infestation fongique dans le grain de blé dur. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires. Université Mentouri de Constantine. 83 p.

Sites Web :

https://www.researchgate.net/figure/Schema-de-quartage_fig10_326274274.

<https://www.cdiseout.com/jardin/semences-graines-bulbes/melilot-blanc-500-grammes-melilotus-alba-whi/f-16305-auc2008851097291.html>.

<https://www.biorient.fr/sante-divers/1229-graines-de-fenugrec.html>.

<https://ahdb.org.uk/ergot>.

<https://www.inspection.gc.ca/protection-des-vegetaux/semences/analyse-des-semences-et-designation-de-categorie/identification-de-semences/agrostemma-githago/fra/1404825489475/1404825490522>.

<http://las.uy/wp-content/uploads/2016/06/Listado-malezas-toleradas-2016.pdf>.

Résumé

La filière blé est une filière stratégique pour l'Algérie. Le stockage et la préservation de la qualité du blé sont importants pour assurer sa disponibilité au cours de l'année. La présente étude a pour objectif de réaliser une étude sur la qualité du blé dur stocké et une évaluation de sa qualité afin de déceler les facteurs influençant et les critères d'appréciation de la qualité du blé stocké. Ainsi que les précautions à prendre en considération afin d'éviter toutes pertes qualitatives et quantitatives.

L'analyse physique du blé local stocké pendant six mois Sur six échantillons a donné des résultats conformes aux normes algériennes. Le stockage du blé change sa composition biochimique et provoque la diminution de sa valeur nutritive en attaquant les glucides, les protéines, les lipides et les vitamines. Le stockage peut induire la synthèse des mycotoxines par les moisissures; substances toxiques dangereuses pour la santé humaine et animale, pour cela le suivie microbiologique du stock est obligatoire pour garantir à la fois une sécurité hygiénique et sanitaire des grains et des produits dérivés.

Mots clés: blé dur, stockage, préservation de la qualité, agréage, qualité phytosanitaire du blé.

Abstract

The wheat sector is a strategic for Algeria. Storage and preservation of wheat quality are important to ensure its availability throughout the year. The objective of this study is to conduct a study on the quality of stored durum wheat and an assessment of its quality to identify influencing factors and criteria for assessing the quality of stored wheat. As well as precautions to be taken into consideration in order to avoid any qualitative and quantitative losses.

Physical analysis of local wheat stored for six months on six samples yielded results that met Algerian standards. Wheat storage changes its biochemical composition and reduces its nutritional value by attacking carbohydrates, proteins, fats and vitamins. Storage can induce the synthesis of mycotoxins by moulds; toxic substances dangerous to human and animal health, for this reason the microbiological follow-up of the stock is mandatory to guarantee both hygienic and sanitary safety of grains and by-products.

Keywords: durum wheat, storage, quality preservation, accreditation, plant health quality of wheat.

ملخص

قطاع القمح هو قطاع استراتيجي للجزائر. ان التخزين والحفاظ على جودة القمح مهمان لضمان توافره على مدار العام. تهدف هذه الدراسة إلى إجراء دراسة عن جودة القمح المُخزَّن وتقييم جودته لتحديد العوامل المؤثرة والمعايير لتقييم جودة القمح المخزن. وكذلك الاحتياطات الواجب مراعاتها لتجنب أي خسائر نوعية وكمية.

أسفرت التحاليل المادية للقمح المحلي والمخزن لسنة أشهر على ستة عينات عن نتائج تفي بالمعايير الجزائرية. تخزين القمح يغير تكوينه البيوكيميائي ويقلل من قيمته الغذائية من خلال مهاجمة الكربوهيدرات والبروتينات والدهون والفيتامينات. يمكن أن يحفز التخزين تركيب السموم الفطرية بواسطة القوالب؛ المواد السامة الناتجة خطيرة على صحة الإنسان والحيوان، ولهذا السبب فإن المتابعة الميكروبيولوجية للمخزون إلزامية لضمان سلامة الحبوب ومشتقاتها. الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، التخزين، الحفاظ على الجودة، الاعتماد، جودة صحة النبات للقمح.