

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

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Amélioration des plantes

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques.

Thème :

L'importance du blé dur dans la fabrication de la semoule

Présenté par :

- MEZEDJRI Djouda.
- MEDROUA Nouha

Membres de Jury:

Mr : ZALANI Karima.	(MCB) Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : LAIB Djamel Eddine	(MAA) Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme : BECHIRI Loubna.	(MAA) Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022



Remerciements

Avant toute chose, nous remercions

Qui m'a donnée la Patience, le courage et la volonté pour réaliser ce

Mémoire Pais et salut sur notre premier éducateur

Le prophète Mohamed

Pour ce qu'il a donné à l'humanité.

Nous tenions aussi à présenter nos sincères remerciements à notre promotrice

BICHIRI Loubna

Pour ses encouragements, ses conseils, pour son aide, ses critiques et ses suggestions, et surtout pour sa patience dans la correction de

Ce travail.

*Nous remercions Madame **ZAALANI Karima** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider le jury.*

*Nous devons remercier aussi Monsieur **LAIB Djamel-Eddine** pour leur sympathie et confiance et pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant d'examiner notre travail.*

*Un grand merci à **BOUZID Abd El Ghani** un homme qui se consacre à son travail et qui donne des informations en toute transparence.*

*Nous remercions aussi, Monsieur **BENYOUCEF Aissa** l'homme exceptionnel pour nous aider à chaque étape de notre travail.*

Finalement, nous remercions tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire. A vous tous, un grand Merci.



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents

*Ma mère et mon père. Grâce à eux que je suis là. Et grâce à eux que je serai
loin. Vous restez toujours dans mon*

Cœur,

A mon frère unique « Youssef Abd Raouf »

A mes sœurs « Nada » ; « Wiem » et « Hadjar »

Sauf n'oublier pas mon binôme Djouda

A toute ma belle-famille pour qui je souhaite une vie pleine de

Santé.

A tous mes amis(es), mes collègues, à tous ce qui

M'aiment.

A tous les gens qui nous ont aidés pour accomplir ce

Travail.

Nouha



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents

*Mon père MEZEDJRI Djamel et ma mère HAMZAOUI Sihem. Grâce à eux
que je suis là.*

Et grâce à eux que je serai loin. Vous restez toujours dans mon Cœur,

A mon frère unique « Rafik »

A ma sœur unique « Asma »

Sauf n'oublier pas mon binôme Nouha

A toute ma belle-famille pour qui je souhaite une vie pleine de santé.

A tous mes amis(es), mes collègues, à tous ce qui

M'aiment.

A tous les gens qui nous ont aidés pour accomplir ce

Travail.

Djouda

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	
Liste des abréviations	
INTRODUCTION GENERALE	1
Partie 01: Synthèse biographique	
Chapitre 01: Généralité sur le blé dur .	
1- HISTORIQUE SUR LE BLE DUR	3
2-DEFINITION ET CLASSIFICATION BOTANIQUE DU BLE DUR	4
3-STRUCTURE DU BLE DUR	5
3-1- Composition histologique du grain	5
3-1-1- Enveloppes	6
3-1-2- L'albumen	6
3-1-3- Germe	6
4- CULTURE DU BLE DUR	7
4-1- Plante	7
4-1-1- Système racinaire	7
4-1-2-Partie aérienne	7
4-2- Cycle de développement du blé	8
4-2-1- Phase végétative	9
4-2-2 - Germination levée	9
4-2-3-Tallage	9
4-2-4- Phase de reproduction	9
5-TECHNIQUES CULTURALES	10
5-1-Travail du sol	10
5-2- Choix des variétés	10
5-3- Semis	10
5-4-Fertilisation	11
5-5-Irrigation	11
6- FACTEURS LIMITANT LA PRODUCTION DU BLE DUR	11
7-EXIGENCES DU BLE DUR	12

Sommaire

7-1- Exigences climatiques	12
7-1-1-Température	12
7-1-2-Lumière	12
7-2-Exigences édaphiques	12
7-3-Exigences en eau	12
8-AMELIORATION DU RENDEMENT ET SELECTION DIRECTE DU BLE	13
9-LES MALADIES FONGIQUE DU BLE DUR	14
9-1-Maladies sur feuillage	15
9-1-1- Rouilles	15
9-1-2- Septorioses	16
9-2- Maladies des pourritures racinaires	18
9-3-Maladies sur épi	19
9-3-1- Charbon nu	19
9-3-2- Caries	20
9-3-3- Fusariose de l'épi	20
10-L'IMPORTANCE DU BLE DUR	21
10-1-Composition biochimique	21
10-1-1- Glucide	21
10-1-2- Protéines	22
10-1-3- Lipides	22
10-1-4- Vitamines	22
10-1-5- Minéraux	23
11-VALEUR NUTRITIONNELLE	24
12- PRODUCTION ET IMPORTANCE ECONOMIQUE	24
12-1- Dans le monde	24
12-2- En Algérie	25
Chapitre 02: CHAINE DE TRANSFORMATION DU BLE DUR EN SEMOULE.	
1-L'INDUSTRIE DE LA SEMOULERIE	26
2-LA VALEUR SEMOULIERE	26
3-TECHNOLOGIQUE DU BLE DUR	28
3-1- CRITERES D'APPRECIATION DE LA QUALITE DU GRAIN DU BLE DUR	28
3-1-1- L'agrégage	28

Sommaire

3-1-2-Recherche des impuretés	28
3-1-3-Mesure de poids spécifique (PS)	29
3-1-4-Poids de mille grains	29
3-1-5- Taux d'humidité	29
3-1-6-Détermination du taux de mitadinage	30
4-TECHNOLOGIE DE TRANSFORMATION DU BLE DUR EN SEMOULE	30
4-1-Nettoyage	30
4-2-Conditionnement	31
4-3-Mouture	32
4-3-1-Principe de la mouture	32
4-3-2-Différentes phases de la mouture	33
5-PRODUITS FINIS	35
5-1-Définition de la semoule	35
5-2-Classification de la semoule	36
5-2-1-Pureté	36
5-2-2-Granulation	36
5-3-Composition chimique de semoule et leurs rôles	37
5-3-1-Protéines	37
5-3-2-Glucides	37
5-3-3-Pentosanes	38
5-3-4-Lipides	38
5-3-5-Enzymes	39
5-3-6-Vitamines	39
5-3-7-Minéraux	39
5-4-Critères de qualité de la semoule	39
Chapitre 03: ANALYSES ET CONTROLE DE QUALIT	
1- EVALUATION DE LA QUALITE DU BLE DUR	41
1-1-Les analyses de la matière première le blé dur	41
1-1-2-Les analyses physico-chimiques	41
Teneur en eau ou taux d'humidité (H%)	41
Poids en hectolitre	41
Recherche des impuretés	42
Poids de mille (1000) grains	42

Sommaire

Identification variétale	42
Teneur en protéine	43
Indice de chute de Hagberg :	43
1-2-Les analyses du produit fini la semoule	43
1-2-1-Les analyses physiques	43
Mitadinage	43
Teneur en cendres	43
1-2-2- Les analyses biochimiques	44
Teneur en gluten	44
1-3- Analyses organoleptique	44
1-1-3- Couleur	44
1-4- Analyses microbiologique	44
Inter prestation des résultats d'analyse microbiologiques :	45
Technique de prélèvement et d'échantillonnage	45
Interprétation des résultats d'analyses microbiologie	45
Interprétation selon un plan à trois classes :	45
Evaluation de la qualité microbiologique du lot contrôlé :	48
Partie 02: PRATIQUE	
MATERIELS ET METHODE	
1- PRESENTATION DU LIEU DE STAGE	48
2- CHAINE DE TRANSFORMATION DU BLE DUR EN SEMOULE	49
2-1- Transport et réception de la matière première	49
2-2- Pré- nettoyage	49
2-3- Premier nettoyage	49
2-4-Triage du blé dur	50
2-5- Mouillage	51
2-6- Deuxième nettoyage	51
2-7- Broyage	52
2-8-Autres appareils utilisés dans le processus de transformation	54
2-9- Conditionnement et stockage	55
3-CONTROLE DE QUALITE	57
3-1-Analyses de la matière première blé dur	57
3-1-1-Les analyses physico-chimiques	57

Sommaire

Poids à l'hectolitre	57
Taux d'impureté	58
3-2-Analyses du produit fini la semoule	59
3-2-1-Les analyses biochimiques	59
Dosage du gluten	59
3-2-2-Les analyses physico-chimiques	59
Granulométrie taux d'affleurement	59
Dosage de l'humidité (<i>J.O, 1988</i>)	60
Taux De cendres	61
Taux de mitadinage	62
3-3- Analyses organoleptique	62
1-CHAINE DE TRANSFORMATION DU BLE DUR EN SEMOULE AU NIVEAU DU CIC D'EL-HARROUCHE	64
2-CONTROLE DE QUALITE	67
2-1-Analyses physico-chimiques	67
2-1-1- Analyses, du produit finis la semoule	67
Teneur en eau (humidité)	67
Granulométrie (taux d'affleurement)	67
Taux de gluten	68
Masse à l'hectolitre	68
Poids de mille grains(PMG)	69
Taux de mitadinage	69
CONCLUSION GENERALE:	70
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	71
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur (Feillet, 2000)	05
Tableau 02 : Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé (Feillet, 2000)	07
Tableau 03 : Coefficients culturaux du blé dur (F.A.O, 1980)	13
Tableau 04 : les principales maladies fongiques du blé (Sayoud et al.,1999)	14
Tableau 05 : Composition qualitative pour 100 g de grains entiers du blé dur (Hebrard, 1996)	24
Tableau 06 : Principales machines de nettoyage des blés avant broyage (Feillet, 2000)	31
Tableau 07 : Principales opérations effectuées dans un moulin (Feillet, 2000)	35
Tableau 08 : Composition de la semoule en vitamines (Virling, 2003)	39
Tableau 09 : composition moyenne en minéraux de la semoule en mg/100g de matières sèche (Messaâdi et Samaï, 2016)	39
Tableau 10 : Les critères microbiologiques applicables pour les analyses microbiologiques du blé dur.	45
Tableau 11 : données générales sur le CIC de Skikda	48
Tableau 12 : Les normes de la mesure du poids à l'hectolitre	57
Tableau 13 : Les normes de poids de mille grains	58
Tableau 14 : Résumé des résultats de la mesure de l'humidité	67
Tableau 15 : les analyses du taux de gluten	68
Tableau16 : Les résultats de la mesure du poids à l'hectolitre	68
Tableau 17 : Classification du blé dur selon le poids de 1000 grain	69
Tableau 18 : Les normes du taux de mitadinage	69

Liste des figures

No figure	Titre	No page
Figure 01	Epi de blé (INRA,2005)	4
Figure 02	Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005)	5
Figure 03	Coupe longitudinale et transversale d'un grain de blé dur (Feillet,2000)	6
Figure 04	Structure du grain de blé (Surget et Barron, 2005)	7
Figure 05	Phylogénie schématique du blé dur (Chen et al., 1984)	13
Figure 06	Type de grain du blé dur (Institut de végétal,2021)	27
Figure 07	Coupe d'un grain vitreux et un grain mitadiné (anonymel ,2006)	30
Figure 08	Principe de mouture de blé dur (feillet, 2000)	32
Figure 09	Diagramme type de nettoyage des blés avant leur envoi sur le premier broyeur (Feillet, 2000)	33
Figure 10	L'appareil à cylindres (INRA, 2005).	34
Figure11	Le blé un incontournable de notre alimentation (passeport santé, 2022)	40
Figure12	La localisation du complexe industriel commerciale de El Harrouche (Google earth,2022)	48
Figure 13	Vibro separateur	49
Figure 14	Épierreur à sec.	50
Figure 15	Trieur alvéolaire	51
Figure 16	Appareil a cylindres (broyeur)	52
Figure 17	Plansichter	53
Figure 18	Sasseur	53
Figure 19	Ventilateur pour circuit pneumatique	54
Figure 20	Filtre électronique a manches	55
Figure 21	Digramme représente la chaine de transformation du blé dur en semoule au niveau du CIC	56
Figure 22	Tamis Acier INOX	58
Figure 23	Balance analytique	60
Figure 24	Dessiccation	60
Figure 25	Farinotome de POHL	62
Figure 26	Caine de fabrication du blé dur	67
Figure 27	Granulométrie et classement du blé dur	68

Liste des abréviations

(%) : Pourcentage

(MT) : Millions de tonnes

USDA : United state département of agriculture

CIC : Crédit industriel et commercial

(SAU) : Superficie agricole utile

SIFPAF : Syndicat des industriels fabricants de pâtes alimentaires

CFSI : Comité français de la semoulerie industrielle

Avant JC : Avant l'année supposée de la naissance de Jésus-Christ

Cm : Centimètre

C° : Degré Celsius

PH : Potentiel hydrogène

KC : Coefficient culturaux

UV : Ultra-violet

UM : Micron

Cal : Calories

G : Gramme

K Cal : Kilocalorie

Mg : Milligramme

Kg : Kilogramme

Qx : Quintaux

FAO : Food and agriculture organisation

INRA : Institut national de la recherche agronomique.

J.O : Journal officiel de la république algérienne.

Ca : Calcium

Mg : Magnésium

Na : sodium

Fe : Fer

Vit : Vitamine.

CIC : Conseil international des céréales

IPEMED : Institut de prospective économique du monde méditerranéen.

Ha : Hectare

PS : Poids spécifique

PHL : Pois à l'hectolitre

PMG : Poids de mille grains

SG : Semoule grosses

SGM : Semoule grosses moyennes

SSSE : Semoule sasse super extra

SSF : Semoule sasse super fine

Mg : Milligramme

CIC : Complexe industriel et commercial

EPE : Entreprise public économique

SPA : Société par actions

CCLS : Coopérative des céréales et des légumes secs

TGR : Trieur des grains ronds

TGL : Trieur de grains longs

***INTRODUCTION
GENERALE***

INTRODUCTION GENERALE

Le blé dur (*Triticum, Turgidum var. durum*) est l'espèce la plus cultivée dans le bassin méditerranéen de l'Afrique du Nord (*Bonjean et al., 2016*). Les grains de céréales de la famille des poaccés sont des fruits dont le nom botanique est caryope (*godon et willm, 1998*). Dans le monde, 723 millions d'hectares de céréales sont cultivés soit 52 pourcent (%) des terres arables, 14% de la surface agricole mondiale et 5% des terres émergées du monde (*USDA, 2020*). Parmi les principaux pays fournisseurs du blé dur dans le monde l'Union européenne dans la première place avec une quantité estimée par 08 millions de tonnes (MT), la Canada avec une quantité de 05 millions de tonnes et le Mexique avec une quantité de 02 Millions de tonnes, les Etats Unis et Kazakhestan avec 1,5 millions de tonnes. L'Algérie est parmi les principaux pays importateurs avec une quantité de 3,2 millions de tonnes après l'Italie et la turque avec 3.6 millions de tonnes. La production du blé dur d'une partie des pays du Maghreb à une nouvelle fois confirmé une forte progression notamment pour l'Algérie dont la récolte atteint un niveau record avec 3,4 MT (*CIC, 2019*).

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans l'économie national algérien durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle 40% de la superficie agricole utile (SAU). La production réalisée des céréales en Algérie au cours de la période 2010-2017 est estimé à 41,2 millions de quintaux en moyenne, la production est constituée essentiellement du blé dur représentent 51% de l'ensemble des productions de céréales en moyenne 2010-2017.

Le blé dur est une espèce génétique différente de blé tendre, qui se différencie avant tout par la dureté de l'amande du grain qui permet l'obtention de semoule (*Hébrard, 1996*). Parmi les céréales, le blé dur est l'espèce qui est la plus largement consommée; il est cultivé dans toute les régions semi-arides du monde et en Algérie, régions de culture et superficies qui lui sont consacrés.

Grace à ses caractéristiques nutritionnelles et technologiques, le blé dur se prête à la fabrication d'une gamme très variée de produits alimentaires dont les pates qui constituent la base pour une grande partie du monde, le couscous en Afrique du nord, en Europe et au moyen orient, il est surtout utilisé dans la production de semoule et s'adapte aussi à la fabrication de céréales en flacons servies au petit déjeuner et comme désert (*Zaghouane et al., 2003*).

Le blé dur est utilisé principalement pour la fabrication des semoules, Celles-ci sont utilisées dans la fabrication de produits réfrigérés. Le blé dur correspond parfaitement à la satisfaction des attentes des consommateurs de ces produits qui recherchent deux qualités essentielles : la couleur et la tenue à la cuisson. Parmi les principales céréales, le blé dur est le seul à contenir

INTRDUCTION GENERALE

des pigments caroténoïdes en nombre suffisant pour apporter, Il a plus une très grande valeur nutritionnelle due à leur richesse en protéines plus élevée que les autres céréales (*SIFPAF, CFSI,2012*). Les procédés d'obtention de la semoule et des pâtes ne doivent pas altérer la qualité de la matière première mais au contraire tenter de l'exacerber (*Trentesaux,1996*).

En raison de la grande importance du blé dur sur le plan économique et comme un élément essentiel de l'alimentation quotidienne en Algérie, comme presque tous les plats et repas contiennent des aliments à base du blé dur et grâce à leur valeur nutritionnelle élevée et à ses qualités technologiques, le blé dur est essentiellement utilisé pour la fabrication de semoule.

Cependant le consommateur Algérien à des plusieurs soucis sur la qualité de la semoule et il veut savoir comment est évaluée la qualité de la semoule avant qu'elle n'arrive sur le marché? Et quels sont les tests et les analyses qui sont faites sur la matière première "le blé dur" et le produit fini "la semoule"? le consommateur est aussi curieux pour savoir, quelles sont les étapes par lesquelles passe le blé dur pour se transformer en semoule?

Pour répondre à ces questions nous avons orienté l'objectif principale de notre étude vers

- Evaluer la qualité du produit fini «la semoule » destiné au consommateur.

En allant à l'usine de production de semoule : le complexe industriel et commercial dans la willaya de Skikda la commune de El- Harrouche.

Les objectives secondaires sont :

- Connaitre et assister au tests et analyses physico-chimique; biochimique et technologique qui sont exécutés au niveau du laboratoire pour le contrôle de la qualité.
- Suivre la chaine de transformation technologique du blé dur en semoule.

**CHAPITRE 01:
GENERALITE
SUR LE BLE DUR**

1-HISTORIQUE DU BLE DUR

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est à la base de la nourriture de l'homme (*Ruel, 2006*). C'est une espèce connue depuis la plus haute antiquité, dont il constitue la base alimentaire des populations du globe (*Yves et Buyer, 2000*). Historiquement c'est une des premières céréales cultivées dans le monde (*Yves, 2011*). C'est en l'an 300 ans avant J-C que les premiers procédés de panification ont été élaborés par les Egyptiens qui préparaient déjà les premières galettes à base de blé.

L'homme sait alors produire sa propre nourriture, en même temps celui-ci acquiert son autosuffisance alimentaire et en ces temps-là, apparaissent les premiers échanges commerciaux. Par la suite, les techniques de panifications se sont améliorées grâce au Hébreux, Grecs et enfin Romains qui en répandent l'usage à travers l'Europe et devenue, un des constituants essentiels de l'alimentation humaine (*Yves et Buyer, 2000*).

Le blé est un terme générique qui désigne céréales appartenant au genre *Triticum*. C'est une céréale autogame appartenant au groupe des *Angiosperms* monocotylédones de la famille des poacées tribu des triticées et genre *Triticum*. Les espèces du genre *Triticum* sont des herbacées annuelles produisant un fruit se indéhiscent ; 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.

La domestication des blés a constitué un jalon essentiel dans l'histoire des sociétés humaines elle a marqué le début de l'ère néolithique qui a conduit à l'adoption d'une économie de production fondée sur l'agriculture et l'élevage, c'est vers -10000 ans av j-c que deux espèces de blé ; *L'engrain* et *l'amidonnier* ont été domestiquées au proche Orient à partir de deux blés sauvages et cultivées dans la vallée du Jourdain le Nord de la Syrie , le Sud de l'Anatolie et le Zagros dans la région du croissant fertile localisée entre le Tigre et l'Euphrate (*Shewry, 2009*)

L'histoire de la culture des blés peut être découpée en trois phases majeures :

La révolution agro-technique, la révolution de la domestication et l'expansion de l'agriculture. La révolution agro-technique s'est déroulée alors que les sociétés humaines étaient encore dépendantes de la chasse et de la cueillette, jusqu'au 11ème millénaire avant JC. Elle est attestée par de nombreuses traces archéologiques de la culture des blés telles que celles exhumées sur le site de Tell Abu Hureyra Nord de la Syrie (*Kislev, 1984*).

La seconde phase est marquée par le processus de domestication, une modification radicale du matériel végétal ou animal d'origine sauvage en un matériel adapté à la sédentarité et aux conditions d'élevage et aux utilisations qui en découlent.

La troisième phase de l'histoire de la culture des blés est la phase d'expansions. La culture des blés c'est propagé vers l'Europe et l'Asie simultanément au fil des migrations et des échanges commerciaux. Elle apparaît en Grèce à Chypre et en Inde dès 6500 av. J-C, en Egypte vers 6000 ans av. J-C et enfin la Chine vers 2000 av. J-C. La culture du blé sur le continent Américain c'est apparu qu'après l'arrivée de Christophe Colomb, au cours du XVIIe siècle.

De nos jours, les principales espèces cultivées du genre *Triticum* sont *Triticum Aestivum* (Le blé tendre) elles diffèrent principalement par l'aspect et la composition du grain ainsi que par leur aire répartition agro-écologique, le blé dur étant cultivé en zones méditerranéennes tandis que le blé tendre est cultivé en zones plus tempérées (*Balfourier et al., 2007*).

2-DEFINITION ET CLASSIFICATION BOTANIQUE DU BLE DUR

Le blé dur appelé aussi « *Triticum durum* » est une monocotylédone qui appartient à la famille des *Gramineae*. C'est une céréale annuelle dont le fruit appelé caryopse ou akène, est constitué d'une graine unique, intimement soudée à son pércarpe (*Boullard ,1997*). Génétiquement, le blé dur est une espèce tétraploïde avec 14 paires de chromosomes regroupées sous les génomes A et B; provenant du croisement naturel entre *Aegilops* et *Tmonococcum* (*Feillet, 2000*). Morphologiquement, le blé dur se distingue du blé tendre par un grain allongé (6 à 9 mm de longueur et 2,2 à 3,2 mm d'épaisseur), un sillon ouvert, des enveloppes blanches ambrées et surtout par une amande très vitreuse, résistante à l'écrasement (*Franconie, 2010*). La figure une représente un épi du blé dur.



Fig. 01: Epi de blé (INRA,2005)

Le tableau un représente la classification botanique du blé dur ;

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur (Feillet, 2000)

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Graminae et ou Poaceae
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticinae
Genre et espèce	Triticum durum Desf

3-STRUCTURE DU BLE DUR

3-1- Composition histologique du grain

Le blé est un fruit sec et indéhiscent contenant la graine, appelé « caryopse ». La coupe longitudinale de grain révèle de l'extérieur vers l'intérieur les parties suivantes : les enveloppes, le germe et l'albumen (amande) (Pomeranz, 1988). La figure deux représente l'histologie du grain de blé.

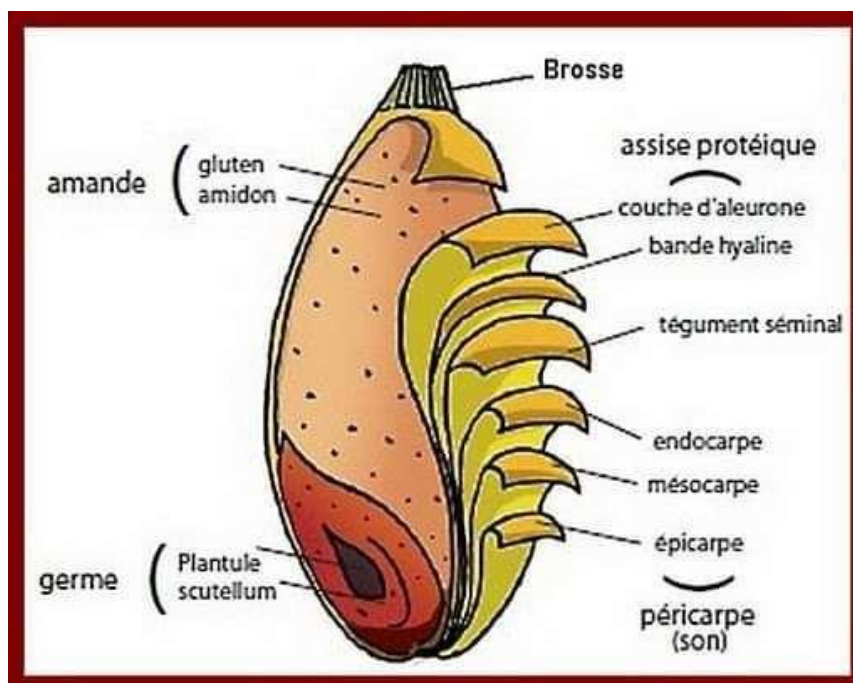


Fig. 02: Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005)

D'un point de vue histologique, le grain de blé est formé de trois parties (Feillet, 2000)

3-1-1- Enveloppes

Les enveloppes de la graine et du fruit, formées de six tissus différents épiderme de nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine) cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (*Feillet ,2000*). Les enveloppes sont riches en matières minérales et ont également des teneurs assez élevées en matières protéiques et en matières grasses et une partie importante des vitamines B1 et B2 (*Calvel ,1984*).

3-1-2- L'albumen

Représente 80 à 85 % du poids du grain ; L'albumen ou l'amande farineuse Constitue l'aliment de réserve pour l'embryon au moment de la germination (*Le coq, 1965 ; Dacosta, 1986*). Elle est constituée par des grains d'amidon, enchâssés dans le réseau d'un corps azoté, le gluten (*Calvel, 1984*).

3-1-3- Germe

Représente 3 % du poids du grain ; Composé d'un embryon et du scutellum (*Feillet, 2000*). Il constitue la future plante, c'est un corps riche en matières grasses, en sucres et en vitamines B et E (*Colas, 1991*). La figure 03 représente une coupe longitudinale d'un grain de blé dur.

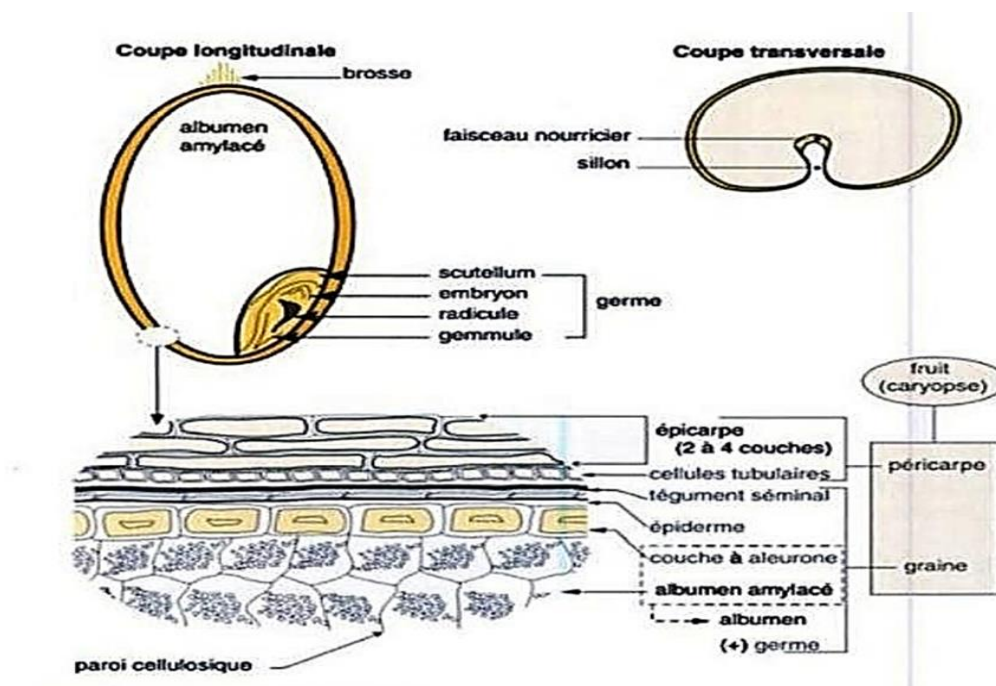


Fig.03 : Coupe longitudinale et transversale d'un grain de blé dur (*Feillet, 2000*)

Les principaux constituants du grain du blé ont été mentionnés dans le tableau 02.

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

Constituant	Grain (%)	Part du constituant dans le tissu			
		Albumen (%)	Aleurone (%)	Péricarpe (%)	Germe (%)
Amidon	6,90	82,00	0,0	0,0	0,0
Protéines	13,70	12,00	30,00	10,00	31,00
Fibres	10,20	02,00	49,00	83,00	09,00
Lipides	02,70	02,00	09,00	0,0	12,00
Minéraux	01,90	00,50	12,00	07,00	06,00
Sucre réducteurs	02,40	01,80	0,0	0,0	30,00

La figure quatre représente la structure du grain de blé dur.

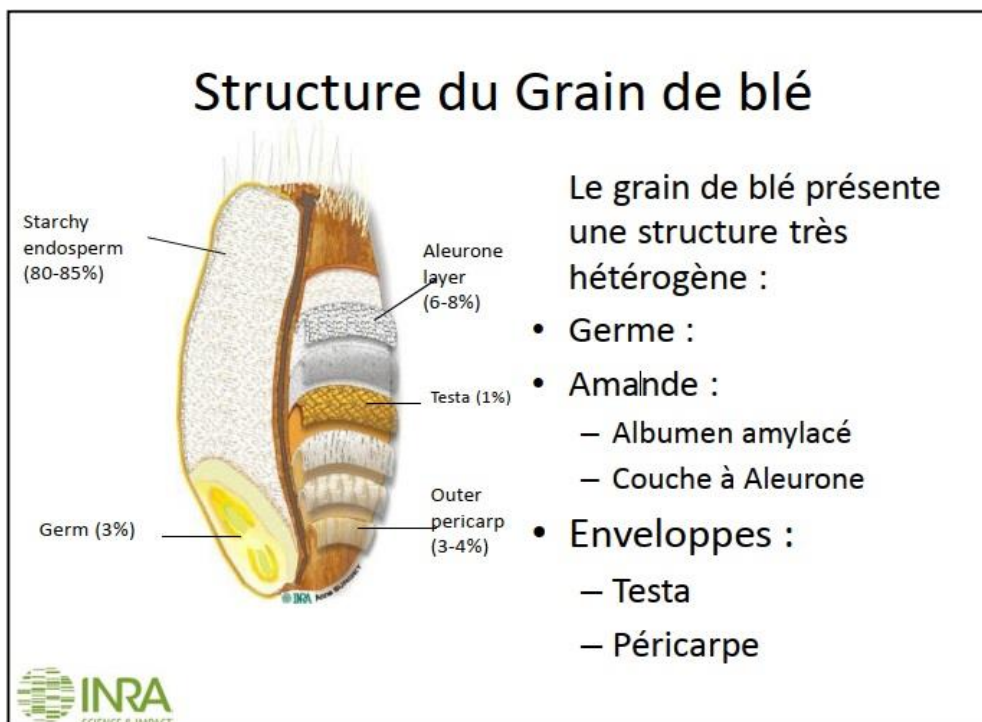


Fig. 04: Structure du grain de blé (Surget et Barron, 2005)

4- CULTURE DU BLE DUR

4-1- Plante

4-1-1- Système racinaire

Constitue deux sortes de racines **Les racines primaires** : Un système racinaire primaire ou séminal, fonctionnel dès la germination. il ne se forme en général que de 6 racine séminales (*Monneveux, 1992*). **Le système racinaire secondaire** appelé racines adventices est du type fasciculé, qui se forme au tallage et remplace donc progressivement le précédent. la densité racinaire est d'autant plus forte que la phase de tallage plus longue. Les racines adventices atteignent leur grande activité au stade floraison puis rentrent en sénescence (*Boulal et al, 2007*).

4-1-2-Partie aérienne

-Tige

La partie aérienne est constituée d'une tige principale appelée le maître bruncylindrique, lisse, plus ou moins creuse et des tiges secondaires appelées talles qui apparaissent à la base de la plante (*Boulal et al., 2007*).

-Feuilles

Le blé est une plante herbacée connue par ses feuilles assez longues. la feuille est composée de deux parties : une partie supérieure en forme de lame qui compose le limbe et une partie inférieure formant la gaine (*Soltner, 1980*).

-Appareil reproducteur

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis qui porte des épillets. Ces derniers sont séparés par de courts entre nœuds. Chaque épillet comporte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distinctes sur une rachéole. Chaque fleur est dépourvue de pétales, elle est entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines d'une forme en x et un ovaire surmonté de deux styles plumeux constituant les pièces femelles le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Il s'attache alors au stigma, où peut se produire la fécondation (*Prats, 1966*)

4-2- Cycle de développement du blé

Le cycle de développement du blé constitué d'une série d'étapes séparées par des stades repères, permettant de diviser en deux phases la vie des céréales. Une période végétative durant laquelle la plante ne se différencie que des feuilles et des racines et une phase reproductrice dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain (*Soltner, 2005*).

4-2-1- Phase végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à la fin du tallage.

4-2-2 - Germination levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et la date de la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (*Soltner, 2005*). Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visible (*Gate, 1995*). Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont la chaleur, l'aération et l'humidité (*Eliard, 1979*).

4-2-3-Tallage

Lorsque la plante possède 3 à 4 feuilles, une nouvelle tige, la talle primaire, apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Après l'émission de la première talle, la plante va émettre des talles primaires, qui prennent naissance à l'aisselle du maître-brin (tige principale), puis lorsque le maître-brin a 6 feuilles au moins, des talles secondaires dont les bourgeons seront alors situés à l'aisselle des feuilles des talles primaires. Le tallage herbacé s'arrête dès l'évolution de l'apex de la formation d'ébauches de feuilles à celle d'ébauches florales qui sont suffisamment avancées (*Gate et Giban, 2003*).

4-2-4- Phase de reproduction

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi.

• Stade montaison

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (*Clément ; Grandcourt ; Prat, 1971*).

• Stade l'épiaison et fécondation

Elle est marquée par la méiose pollinique, l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation (*Soltner, 2005*). La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche. Cette phase dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi (*Masle, 1980 ; Soltner, 2005*).

5-TECHNIQUES CULTURALES

Pour obtenir un grain bien fait et bien plein, au moyen de pratiques respectueuses de l'environnement et les moins coûteuses possible, quel est l'objectif du producteur et ce vers quoi tendent nos préconisations techniques (*Gate et al., 1996*). De plus Vilain (1996), signale que l'obtention d'un rendement élevé requiert l'utilisation d'un matériel végétal possédant un potentiel de production élevé, susceptible d'exploiter au mieux les ressources disponibles du milieu, deux types de techniques culturales lui sont appliqués :

- Les unes sont destinées à accroître le niveau des facteurs et des conditions de croissance
- les autres visent plus particulièrement à valoriser et à préserver le potentiel de produit.

5-1-Travail du sol

Différentes combinaisons de production végétales, de rotation et des méthodes de travail du sol peuvent influencer de diverses manières sur la qualité des sols et de l'eau (*Anonyme, 2005*). Le travail du sol vise à mettre celui-ci dans un état tel que les plantes y trouvent les conditions de développement idéales en lui donnant la structure physique la plus favorable à la culture pratiquée et en favorisant l'activité biologique du sol (*Aubert, 1977*). Le travail du sol a pour rôle d'enfouir les résidus de récolte et les fertilisations ou les amendements. Il permet aussi de maîtriser les populations d'adventices (*Viaux, 1999*). Le sol doit respecter les conditions d'une bonne germination et d'une bonne levée ainsi, l'humidité, l'aération, la température, l'absence d'obstacles (cailloux, mottes) gênent le passage de la plantule. Pour cela, il est nécessaire de préparer un lit de semence, c'est-à-dire de travailler la couche superficielle du sol qui accueille les graines avec un soin particulier (*Prévost, 1990*).

5-2- Choix des variétés

Le choix variétal est un choix stratégique qui permet de réduire d'une manière générale les coûts de production, et en particulier, de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires (*Viaux, 1999*). Les principaux critères de choix des variétés sont : la productivité, la précocité, l'alternativité, la résistance au froid, la sensibilité aux principales maladies ou encore la tolérance aux variations hydriques et au niveau des facteurs de croissance (*Vilain, 1989*). Aussi le choix de la variété est indissociable du choix de la date et de la densité de semis.

5-3- Semis

Le semis consiste à placer les graines à une certaine profondeur dans le lit de semences. Il faut placer les graines à une profondeur régulière de 4 à 6 centimètre (cm) pour faciliter la levée des plantules (*Belaid, 1999*). Ce même auteur note que le retard de la date de semis le risque de piétin verse, de piétin-échaudage, d'oïdium, de rhizoctone, de septorioses et

d'helminthosporiose en réduisant le nombre de cycles des champignons et donc l'importance de l'inoculum en sortie limiter le développement des maladies du pied ou foliaires. Enfin le couvert moins dense et plus aéré permet de limiter le développement des champignons et les contaminations de proche en proche entre plantes (*Anonyme b, 2012*).

5-4-Fertilisation

Une bonne gestion de la fertilisation azotée permet de compléter l'effet du choix variétal, de la date et de la densité de semis sur les maladies et la verse. Le calcul de la dose d'azote passe par la définition d'un objectif de rendement réalisable, calculé à la parcelle et tenant compte du type de sol, de la date de semis, du précédent et des conditions de semis (*Anonyme, 2013*). De plus, les pratiques de gestion des éléments fertilisant pour améliorer le rendement des engrais et réduire les pertes d'éléments fertilisations dans l'environnement (*Djennadi, 2013*).

-L'évaluation des besoins en éléments fertilisant régulièrement des tests sur le sol et les cultures avant d'épandre des éléments fertilisants.

-Le choix du bon moment pour épandre des éléments fertilisants.

-L'alimentation aux besoin de la croissance des cultures.

-L'épandage des éléments fertilisants à proximité des racines.

-La succession de culture qui consomment de l'azote et des cultures qui fixent l'azote.

5-5-Irrigation

L'irrigation des céréales constitue une solution pour assurer l'amélioration et la stabilité des rendements. Les besoins en eau des céréales dépendent des conditions climatiques, de la nature du sol et aussi des stades critiques au déficit hydrique qu'impliquent une meilleure gestion de l'irrigation. En Algérie, la meilleure période d'irrigation se suite généralement durant la phase allant de la montaison au début de la formation du grain. Durant cette phase les besoins en eau de la céréale sont relativement importants ou la culture est très sensible au stress hydrique (*Blaid, 1996*). Dans les zones semi-arides des hauts plateaux ont montré qu'une seule irrigation de 80 mm au stade épiaison était suffisante pour atteindre des grains de rendement de l'ordre de 70 à 81% en fonction des espèces (*Belaid, 1996*).

6-LES FACTEURS LIMITANT LA PRODUCTION DU BLE DUR

La culture de blé est fréquemment exposée aux contraintes de l'environnement et soumises à une multitude de stress abiotique et biotique. Parmi les stress abiotiques qui limitent le rendement de blé sont de nature climatique (gel, températures excessives et sécheresse) ou édaphique (acidité du sol entraînant une toxicité par l'aluminium ou le manganèse). De plus, les stress biotiques sont ceux causés par les organismes pathogènes des cultures cultivées

(Ezzahiri, 2001 ; Zahri et al., 2014). Les maladies qui s'attaquent au blé sont dues à plusieurs types de pathogènes à savoir les champignons, bactéries, virus nématodes. Les principales maladies fongiques répandues dans le monde et en Algérie.

7-EXIGENCES DU BLE DUR

7-1- Exigences climatiques

7-1-1-Température

La physiologie du blé est conditionnée par la température durant tout le cycle (ruel,1996). La vitesse de développement du blé dépend de la température l'optimum de croissance se situe entre 20 et 26 C⁰. Une diminution de la température, durant est une exigence pour certaines variétés dites d'hiver, Cependant les très basses températures à la germination et au début tallage peuvent être à l'origine d'importants dégâts à cause de la faible résistance du blé au froid durant cette phase. (clement et parts,1970).

7-1-2-Lumière

Le blé d'hiver est le type de plante de jours longs. Sa floraison est en effet favorisée par l'allongement du jour; 12 à 14 heures selon l'espèce et la variété ; sont indispensables pour permettre le démarrage de la phase reproductrice La durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade précédant la montaison. La photosynthèse est très influencée par l'intensité lumineuse et l'aération (soltner,2007).

7-2-Exigences édaphiques

Le blé s'adapte sur une gamme assez importante de sols, principalement les terres limono-argilo-calcaires et argilo-siliceuses (Moule, 1980). D'après (Soltner, 1990). Les sols à texture fine permettent un bon contact des racines fasciculées du blé avec les particules en assurant donc une bonne nutrition et par conséquent la culture atteint de bon rendement. Le potentiel hydrogène (PH) optimal convenant à la culture du blé est situé entre 6 à 8.

7-3-Exigences en eau

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante (Soltner, 1990). Elle constitue un facteur limitant de la croissance du blé car il influe sur l'élaboration de la matière sèche dès la germination (Moule, 1980). La germination ne se réalise qu'à partir d'un degré d'imbibition d'eau de 30%. Les besoins en eau sont importants durant le stade épi 01cm.La période critique en eau se situe entre 20 jours avant l'épiaison jusqu'à floraison (Loue, 1982). La répartition des besoins en eau du blé dur sur tout le cycle est exprimée par les coefficients culturaux résumés dans le tableau 04 (F.A.O, 1980).

Tableau 03 : Coefficients culturaux du blé dur (F.A.O, 1980)

Stade	Initial	Développement	Intermédiaire	Final	Récolte
Coefficients culturaux (KC)	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2-0,25

8-AMELIORATION DU RENDEMENT ET SELECTION DIRECTE DU BLE

Depuis les premières sélections faites par l’homme basées uniquement sur certains aspects agronomiques du blé, la sélection a beaucoup évolué et recouvre un ensemble d’activités techniques et scientifiques très diversifiées. Les objectifs de la s’élection ne sont pas uniquement d’obtenir de bons rendements avec des variétés bien adaptées aux techniques culturales. Le sélectionneur devra donc réunir dans un même génotype des caractères souvent antagonistes, telle une production élevée régulière et une haute teneur en protéine (Picard, 1988). La figure six représente la phylogénie du blé dur.

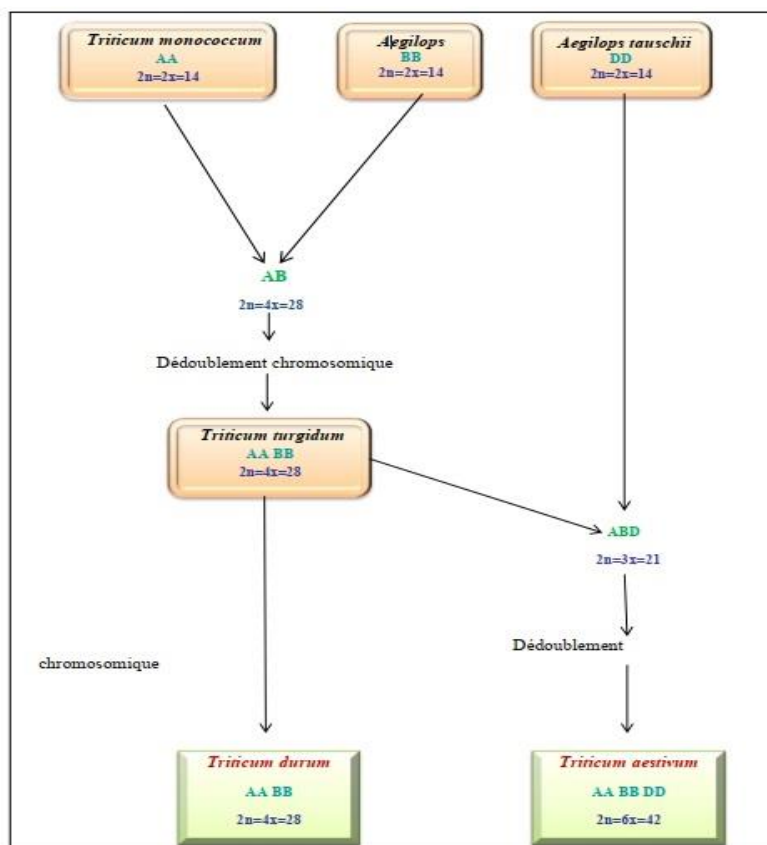


Fig. 05: Phylogénie schématique du blé dur (Chen et al., 1984)

9- MALADIES FONGIQUE DU BLE DUR

Selon Aouali et Douici-Khalfi (2009), Les maladies des céréales peuvent être regroupées selon les symptômes qu'elles induisent et les parties qu'elles affectent. De ce fait, on distingue :

*Maladies causant des symptômes localisés sur feuilles

*Maladies causant des symptômes racinaires.

*Maladies causant des symptômes sur les épis.

Le tableau cinq représente les maladies fongiques du blé dur.

Tableau 04 : les principales maladies fongiques du blé (Sayoud et al.,1999)

Nom de la maladie	L'agent causal
Rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i>
Rouille noire	<i>Puccinia graminis f.sp.tritici</i>
Rouille brune	<i>Puccinia triticina</i>
Oidium	<i>Erysiphe graminis f.sp.tritici</i>
Tache helminthosporienne	<i>Pyrenophora tritici –repentis</i>
Caries	<i>Tilletia caries et Tilletia foetida</i>
Charbon foliaire	<i>Urocystis agropyri</i>
Charbon nu	<i>Ustilago tritici</i>
Pourriture racinaire	<i>Cochliobolus sativus</i> <i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium graminearum</i> <i>Fusarium avenaceum</i>
Septoriose	<i>Septoria nodorum ou Stagnospora nodorum</i> <i>Septoria tritici ou Mycosphaerella graminico</i>

9-1-Maladies sur feuillage

9-1-1- Rouilles

• Rouille brune

Les symptômes causés par *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* se caractérisent par petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (urédospores), apparaissent sur la face supérieure des feuilles (Lamari et al., 1991 ; Sayoud et al., 1999 ; Ezzahiri, 2001) . Et parfois sur la face inférieure des feuilles. En fin de saison, ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores) (Aouali ; Douici-Khalfi, 2009; Ezzahiri, 2001). Selon Mohamed Jlibene (2011), les dégâts causés par cette maladie varient selon le niveau de résistance des variétés. De 5 à 4%. Les variétés sahariennes au Maroc sont sévèrement affectées par des pertes qui peuvent aller jusque 100 % et, selon Belaid (1996), la rouille brune est celle qui provoque le moins de dégâts en Algérie. Les variétés italiennes y sont sensibles. L'hôte alternatif, *Anchusa Azurea* anciennement appelé *Anchusa italica* ou Buglosse d'Italie ou fausse bourrache (Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

• Rouille jaune

Les symptômes de *Puccinia striiformis* se traduisent par des pustules de forme globuleuse et de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce. Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles sur les épis et les grains (Aouali et Douici-Khalfi, 2009; Ezzahiri, 2001; Jlibene, 2011). Elles peuvent engendrer des pertes de rendement pouvant atteindre 75 %. Selon Belaid (1996), l'aire de dispersion de la rouille jaune correspond aux zones littorales humides et tempérées. Les variétés Florence-Aurore et Sonora sont les plus sensibles.

• Rouille noire

Les symptômes de *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* se manifestent par des pustules plus longues que celles de la rouille brune, elles sont de couleur rouge-brique à marron foncé. Elles se développent sur les feuilles, les tiges et les épis (Aouali et Douici-Khalfi, 2009; Ezzahiri, 2001). Alternatif est *Berberis vulgaris* (Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

Les cycles des rouilles sont complexes et impliquent souvent un hôte principal et un hôte alternatif, seule la rouille jaune ne connaît pas d'hôtes alternatifs. Le développement des épidémies des rouilles est tributaire de la nature et de la qualité de l'inoculum primaire, de la sensibilité de la variété cultivée, du stade de développement du blé au moment de l'infection primaire et des conditions climatiques (Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

Les premières attaques de cette maladie se présentent souvent sous forme de foyers localisés. Les urédospores sont très sensibles aux rayons UV, ce qui réduit leur viabilité en temps clair. En temps couvert, la dissémination est très efficace. Les infections se font dans des journées caractérisées par une température moyenne supérieure à 4°C et des températures nocturnes entre 10 et 15°C avec une humidité relativement supérieure à 18 % pendant au moins 18 heures.

9-1-2- Septorioses

Deux espèces de septoriose s'attaquent au blé, à savoir la tache septorienne et la septoriose des feuilles et des épis (Belaid, 1996; Ezzahiri, 2001; Aouali et Douici-Khalfi, 2009 ; Jlibene, 2011). Le pathogène *Septoria tritici*, responsable de la septoriose des feuilles, connue sous le nom de la tache septorienne, et *Septoria nodorum* responsable de septoriose des feuilles et des épis. Les attaques sont surtout observées dans les zones humides. C'est surtout la septoriose des feuilles qui est la plus abondante sur les blés (Ezzahiri, 2001; Zahriet al., 2014 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009 ; Jlibene, 2011). Les pertes de rendement peuvent aller jusqu'à 40 % (Ezzahiri, 2001).

• Tache septorienne

Septoria tritici commencent par de petites taches de couleur brune rougeâtre irrégulières sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol. Les taches sont d'abord délimitées par les nervures pour ensuite s'étendre longitudinalement de 5 à 15 mm et prendre une couleur grise claire (Ezzahiri, 2001; Michel, 2002; Aouali et Douici-Khalfi, 2009). Après l'apparition des nécroses sur les feuillages, on observe des punctuations noires alignées parallèlement qu'on appelle pycnides (Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

Cette maladie est la deuxième maladie la plus répandue en Algérie après la tache auréolée. Elle est beaucoup plus importante dans les zones littorales. Elle a eu un impact important en 2006, aussi bien sur les blés durs que sur les blés tendres dans les wilayas de Skikda, Annaba, Constantine et Guelma (Anonyme, 2007).

• Septoriose des feuilles et épis

Les symptômes de *Septoria nodorum* se manifestent sur le feuillage et sur les glumes, la graine des feuilles et les nœuds, sur les feuilles, on peut observer des taches ovales ou lenticulaires brunes, elles peuvent être entourées d'une chlorose ou d'un jaunissement périphérique. Lorsqu'elles sont abondantes, elles se rejoignent et forment de grandes plages nécrotiques. Les pycnides sont de couleur brune claire moins apparente que celles provoquées par la septoriose des feuilles (Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

Plus tard, ces pycnides virent au gris foncé, et à ce moment-là, leur distinction de celles de *Septoria tritici* devient moins apparente et seul un examen microscopique les différencierait. Sur les glumes, la maladie se développe lorsque l'attaque est importante. Les symptômes se manifestent par des petites taches grises qui vont disparaître et présentent des colorations brunes ou des symptômes d'échaudage (Ezzahiri, 2001). Les variétés mexicaines sont sensibles à cette maladie (Belaid, 1996).

Pour la tache septorienne, les chaumes du précédent cultural constituent la source principale de l'inoculum. Les pycnides du champignon peuvent survivre sur les chaumes du blé jusqu'à 6 mois et induire les premières infections sur les jeunes plantules de blé précisément sur les premières feuilles en contact du sol. En présence d'eau libre, les pycnides gonflent et produisent une gelée sporifère 'cirrhe' incolore qui protège les pycnidiospores en conditions défavorables. Après germination le champignon colonise le tissu foliaire. L'humidité est indispensable pour tous les stades de l'infection (Ezzahiri, 2001).

• Helminthosporioses

La tache helminthosporienne est une grave maladie foliaire du blé causée par le champignon *Pyrenophora tritici-repentis* (Died ; Drechs ; Lamari et al., 1991, Sayoud et al., 1999 ; Lamari et al., 2005). Communément désignée par l'appellation anglo-saxonne 'Tan Spot', la maladie de la tache bronzée ou maladie de la tache jaune (Sayoud et al., 1999). Huit races de *P. tritici-repentis* ont été identifiées à ce jour, en se basant sur leur capacité à provoquer la nécrose ou la chlorose dans un groupe d'hôtes différentiels chez le blé (Benslimane et al., 2011 ; Aboukhaddour et al., 2013). Cette maladie s'attaque principalement au blé. Elle est répandue partout au Maroc avec des attaques importantes au Nord du pays (Saoud, 1994). En Algérie et en Tunisie, cette maladie est surtout répandue dans les zones du Nord. Dans des prospections réalisées durant quatre années consécutives en zones favorable et défavorable au Maroc, Nassrellah et Mergoum (1994) ont constaté que la tache helminthosporienne est la première maladie foliaire du blé dur.

L'agent pathogène se conserve sous forme de spores et de mycélium sur les résidus du blé infecté à la surface du sol. Sur les chaumes, les périthèces structures de reproduction sexuée et le mycélium constituent la principale source d'inoculum primaire. En présence d'humidité, les périthèces libèrent les ascospores et le mycélium produit des conidies. Les deux types de spores sont disséminés pour initier l'infection primaire sur les plantules de blé en début de saison. Au cours de la saison, l'infection secondaire est assurée par les conidies qui sont facilement disséminées par le vent. La germination des conidies et l'infection des tissus sont favorisées par une durée d'humectation du feuillage de 24 à 48h. Les températures

optimales pour l'infection se situent entre 18 et 28 °C. La sporulation au niveau des taches foliaires est favorisée par des conditions humides (Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

• Oïdium

Toutes les céréales peuvent être attaquées par l'oïdium. Plusieurs formes de la maladie sont cependant spécifiques à des cultures précises, et ne provoquent pas d'infections croisées (Anonyme a, 2014).

Les premiers symptômes d'*Erysiphe graminis f.sp.tritici* apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs (Ezzahiri, 2001 ; Anonyme, 2008 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009). En cas d'attaque sévère les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles et les glumes des épis (Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

Cette maladie du blé hiverne essentiellement sous forme de mycélium sur les repousses de céréales et les cultures à semis automnal. Les cléistothèces produits en fin d'été résistent aux faibles températures et à la sécheresse (Anonyme a, 2014).

En présence d'une forte hygrométrie, les cléistothèces libèrent les ascospores produites par voie sexuée, qui peuvent alors provoquer des infections automnales. On estime par ailleurs que les cléistothèces ont une importance secondaire pour le mycélium (Anonyme a, 2014). Au printemps, avec les montées de température, le mycélium en dormance commence à se développer, et des spores sont rapidement produites. Leur germination se produit dans une large fourchette de températures (5 °C à 30 °C), même si 15 °C, elle reste la température optimale, avec un taux d'humidité relativement supérieur à 95 %. L'eau libre inhibe la germination des spores. Dans des conditions de sécheresse, des spores fraîches peuvent se former au bout de sept jours (Anonyme a, 2014).

9-2-Maladies des pourritures racinaires

La pourriture racinaire ou la pourriture de pied ou encore la pourriture commune, sont des appellations décrivant une même maladie due à différents agents fongiques du genre *Fusarium* (*Fusarium culmorum* ; *Fusarium graminearum*, *Fusarium avenaceum*) et *cochliobolus* (*Cochliobolus sativus*). L'importance des dégâts est intimement liée au type de culture, à la région et surtout aux conditions climatiques (El hadj Hammiche, 2013).

Les symptômes de cette maladie se traduisent par un manque à la levée, fonte des semis, lésion au niveau du coléoptile, racines peu ou pas développées, déformation du germe, dessèchement brutal des jeunes plantes ; le symptôme le plus fréquemment observé est la coloration brune foncée des nœuds inférieurs ; sur les plantes âgées. Une infection par la

fusariose peut produire une vraie pourriture du pied, ou la base de la tige devient brune et pourrie, ce qui entraîne l'émergence d'épis blancs, ce symptôme est très observé dans les saisons très sèches (*El hadj Hammiche, 2013*).

- **Piétin - échaudage**

Ce champignon *Gaeumannomyces graminis* est surtout présent dans les sols cultivés blé et orge, plus particulièrement sur les parcelles de monoculture. Cette maladie est favorisée par les conditions humides du sol (*Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009*).

Le parasite peut attaquer les racines dès la germination. Après ce stade, la présence du champignon entraîne un arrêt de la montée de la sève brute et il s'ensuit une nécrose des racines, du pied et des tiges.

- **Piétin - vers**

Les symptômes d'*Oculimacula yallundae* ou *O. acuformis* sont le brunissement de la gaine, à la base de la tige et apparition de taches allongées, brunes en périphérie, des taches noires, visibles sur la face interne de la gaine, ou sur la deuxième gaine (*Zillinsky, 1983*).

Des Verses peuvent être provoquées par les lésions en fin de végétation. Et des épis blancs sont disséminés au hasard dans la culture (*Zillinsky, 1983*).

9-3-Maladies sur épi

9-3-1- Charbon nu

Cette maladie se développe aussi bien sur le blé tendre que sur le blé dur. Des attaques sporadiques du blé par ce champignon sont observées de temps en temps.

Les symptômes causés par *Ustilago tritici* sont visibles entre la floraison et la maturité. Au début, les épis infectés sont noircis, et apparaissent un peu plus vite que les épis sains. Les enveloppes de la graine, ainsi que leur contenu sont détruites et remplacés par une masse noirâtre, constituée de spores du champignon (*Belaid, 1996 ; Ezzahiri, 2001 ; Anonyme, 2008 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009*).

L'origine de l'infection du blé par le charbon se trouve dans la semence. En effet, le champignon responsable du charbon nu se conserve dans l'embryon du grain sous forme de mycélium dormant. Certains agriculteurs exposent les graines au soleil afin de détruire le mycélium (*Belaid, 1996*). Au moment de la germination de la semence, le mycélium est activé. L'agent pathogène infecte la jeune plantule du blé et poursuit son développement au niveau de l'apex. Au moment de l'épiaison, tout le tissu de l'épi, sauf le rachis, est transformé en une masse sporifère. Les spores produites sont libérées et infectent les fleurs des plantes voisines. Le mycélium issu des spores va infecter le jeune embryon du grain. Celui-ci ne montre aucun symptôme et évolue normalement. Pour détecter l'infection au niveau de

son embryon, il faut recourir aux techniques histologiques et microscopiques appropriées. Les conditions favorables à l'infection correspondent à un temps doux (entre 16 et 22 °C) (Ezzahiri, 2001).

9-3-2- Caries

Tillet, en (1875), a été le premier à démontrer que les spores de caries, remplaçant la masse amylacée du grain, étaient responsables de la maladie. En plus des pertes de rendement, les caries diminuent la qualité de la farine et celle des semences (Besri, 1989).

La carie commune du blé est causée par le champignon *Tilletia caries*, ou dans une moindre mesure par *Tilletia foetida* (Aouali ; Douici-Khalfi, 2009). La contamination se produit lors de la germination du blé ; cependant, les symptômes ne sont visibles que plus tardivement, au stade de remplissage des grains. Un épi contaminé s'identifie à l'ouverture des grains par la présence de spores noires très volatiles à odeur de poisson pourri. Cette poudre altère l'aspect et la saveur de la farine qui devient immangeable. Le vent peut transporter les spores sur plusieurs centaines de mètres (Belaid, 1996).

Des semences peuvent avoir une contamination sur la récolte suivante de plus de 60%. La maladie peut être identifiée par une observation attentive dès le remplissage des grains par la couleur verte olive des glumes et glumelles et l'aspect « ébouriffé » des épis, mais ces caractéristiques ne sont pas systématiques. À la récolte, les grains cariés émettent souvent une odeur rédhibitoire de poisson pourri, même à un taux très faible (Philippe du Cheyron et al., 2009).

L'agent responsable de la carie se conserve sous forme de téléospores sur la semence et dans le sol. L'infection des jeunes plantes du blé se fait à des températures de 5 à 15 °C. Le mycélium du champignon colonise le tissu méristématique et progresse vers l'épi, au fur et à mesure que la plante se

9-3-3- Fusariose de l'épi

La fusariose est une maladie fongique qu'on trouve sur toute une gamme d'hôtes, dont le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, le seigle et les herbages graminées (Richard, 2004 ; Wegulo et al., 2008 et Mathieu et al., 2012). L'importance économique de la fusariose est attribuée aux pertes de rendements considérables telles que l'avortement des fleurs, diminution du nombre et du poids des grains et à l'altération de la qualité des grains (Prescott et al., 1987 ; Pirgozliev et al., 2003 in Ballois., 2012) ; ce qui a des conséquences néfastes lors des processus de transformations industrielles des grains. En plus des pertes de production, certaines espèces de *Fusarium* présentes sur les céréales peuvent conduire à la contamination des grains par diverses mycotoxines (Prescott et al., 1987 ; Ballois, 2012).

• Symptômes

Les symptômes sont très visibles sur champ car ils se manifestent par un blanchiment prématuré d'une partie ou de la totalité de l'épi. Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas (Zillinsky, 1983 ; Wegulo et al., 2008).

La maladie se développe et se propage parfois très rapidement et peut affecter la totalité de l'épi. Une coloration allant de rose à orange saumoné peut apparaître sur les épillets infectés, surtout lors de périodes d'humidité prolongées (Mascher et al, 2005).

De petits organes de fructification noirs produits par le champignon peuvent apparaître tard dans la saison. Les grains mûrs peuvent être ratatinés, légers, blancs crayeux ou parfois roses, on parle alors de grains momifiés ou endommagés par le *Fusarium*. Les grains momifiés sont souvent plus lourdement contaminés par les mycotoxines (Richard, 2004 ; Wegulo et al., 2008 ; Mathieu et al., 2012).

• Caractéristiques du pathogène

Le *Fusarium graminearum* est un champignon cosmopolite, retrouvée en Asie, en Europe, en Afrique, en Amérique du Nord et du Sud et en Océanie (O'Donnell et al., 2004).

La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par Link en 1809. Il doit son nom du latin *fusus* (fuseau) en rapport à la forme de ses macroconidies fusiformes et cloisonnées. Il appartient à la division des Ascomycètes et à la famille des Nectriacées (Siou, 2013).

Le pathogène apparaisse sous le microscope sous forme des macroconidies qui mesurent généralement entre 25 - 50µm × 2.5 - 5.0 µm et comportent trois à sept cloisons. Le corps de la spore est généralement droit ou faiblement arqué, la cellule apicale est cour

10-L'IMPORTANCE DU BLE DUR

10-1-composition biochimique

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés (Cretois et al., 1985). Le grain est constitué d'amidon (environ 70%) de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%), les autres constituants pondéralement mineurs quelques % seulement sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Feillet, 2000). Cette composition joue un rôle déterminant dans la qualité des produits qui en dérivent. Elle est sous la dépendance d'un certain nombre de facteur tels que le climat, la variété, la nature du sol et les technique culturale (Boudreau et Menard, 1992 ; Amir et al. ; 2004).

10-1-1- Glucide

Présentent sous forme de sucres simples ou composés, ils sont d'une grande importance car ce sont des sucres fermentescibles et assimilables par les microorganismes tels que les levures.

Ils sont principalement constitués d'amidon, qui est un glucide complexe ; environ 70% (*Feillet, 2000*). C'est un polymère de glucose, il est constitué des chaînes non ramifiées amylose ; 25% et des chaînes ramifiées amylo-dextrines 75% La cellulose qui est un glucide complexe, difficilement digestible, rentre dans la composition du péricarpe (*Nique et Classeran, 1989*). On trouve également des glucides simples, environ 2% dont la majeure partie est localisée dans le germe et l'assise protéique (*Fredot, 2005*).

10-1-2- Protéines

Ailleurs Par, d'une part sur le plan quantitatif la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques, du développement de la plante et d'autre part sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines (*Jintet et al., 2006*). Ils ont la propriété de lever par fermentation et sont très sensible à la température (*Crus, 1989*). Elles sont constituées par plus d'une cinquantaine de constituants classées d'après leurs propriétés de solubilité en quatre fractions: Albumines hydrosolubles 9% et les globulines solubles dans les solutions salées diluées 6% prolamines et gliadines solubles dans les solutions alcooliques 45%, glutenines solubles dans les solutions acides diluées 40% (*Alais et al., 2003*). Le gluten représente 90% des protéines et permet la panification par son élasticité lorsqu'il est mélangé avec l'eau. Il est constitué de glutenines et surtout de gliadines qui est l'agent responsable de la maladie cœliaque chez les personnes sensibles (*Virling, 2008*).

10-1-3- Lipides

Les grains du blé sont naturellement pauvres en lipides, Ils en contiennent seulement 2%, essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique (*Fredot, 2012*). Cependant, leur composition qualitative est intéressante car plus de la moitié de ces lipides sont polaires. Ils vont ainsi se lier lors du pétrissage de la pâte aux protéines et aux glucides et permettre la rétention d'eau, l'extensibilité et l'élasticité de la pâte (*Fredot, 2005*). Certains types ont un pouvoir moussant et contribuent à la fabrication d'un pain bien enveloppé (*Patrick, 2006*).

10-1-4- Vitamines

Toutes les céréales ont des caractéristiques similaires : absence de vitamines A, C et D et présence des vitamines du groupe B : B1, B2, B3, B6, B9 (*Fredot, 2005*). Ce sont des éléments cliniques complexes jouant un rôle important dans la nutrition. Dans le grain, elles

sont concentrées au niveau du germe et des enveloppes (*Nadiaye, 1999*). Lors de la mouture, une partie des vitamines sera perdue dans les sons à cause de la forte concentration au niveau de germe et des enveloppes (*Cruz, 1989*).

10-1-5- Minéraux

Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3 % de matière sèche du grain (*Niquet et Lassernan, 1989*). Les céréales ont une teneur élevée en potassium (340mg/100g), en phosphore (400mg/100g) ; en magnésium et une faible teneur en fer, zinc, calcium (45mg/100g) et en sodium (8mg/100g) (*Fredot, 2005*). Ils sont souvent associés ou présents sous forme de sels tels que les phosphates, chlorures ou sulfates (*Berhaut et al. 2003*).

10-1-6- Enzymes

Ce sont des substances complexes présentés en quantité négligeable, mais dont le rôle est très important, elles sont responsables des transformations que subissent les autres substances. (*Niquet et Lassernan, 1989*). Les enzymes les plus importantes en technologie des céréales sont celles qui provoquent la dégradation des protéines, des lipides et des glucides (*Adrian ; Rebache, 1996*).

➤ Glucidases

β amylases qui transforment l'amidon en β - maltoses, c'est la plus importante des diastases du grain de blé. Elles se trouvent dans le grain sain, normal et inactivé par la chaleur. α amylases qui transforment l'amidon en dextrines, elles ne se rencontrent que dans le blé germé. Elles sont stables à la chaleur et peuvent survivre à des hautes températures atteignant 70 à 80°C (*Fredot, 2005*).

➤ 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 élevée. L'autre agit pré de l'extrémité de chaînes et libéré les acides aminés libres et les peptides.

➤ Lipases

Qui est une enzyme lipolytique trouve son activité concentre dans la couche à aleurone et Augmente au cours de la germination (*Potus et al., 1994*).

➤ Eau

Le grain du blé mûr est constitué de 13.5% d'eau (*Feillet, 2000*). Cette faible teneur lui permet d'être stocké longtemps en évitant ainsi le développement des micro- organismes en particulier les moisissures (*Fredot, 2005*).

L'eau est présente dans le grain sous des formes différentes (*Godon, 1989*) :

L'eau de dissolution dans les vacuoles des cellules; c'est une eau que l'on qualifie libre ; l'eau d'inhibition associée aux colloïdes et aussi l'eau de constitution très fortement fixée à la molécule.

11-VALEUR NUTRITIONNELLE

Les céréales constituent depuis l'antiquité la ressource alimentaire la plus importante à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail. Elles fournissent 50,0% de l'apport énergétique moyen pour l'être humain. Selon Troccoli et al. (2000).

Le grain de blé est riche en calories (149Cal/100g) car riche en amidon il est également riche en protéines, oligo-éléments et vitamine B1 (*passport santé, 2021*). Le grain du blé dur sert à la production des pâtes alimentaires, du couscous, et à bien d'autres aliments comme le pain, le frik, et divers gâteaux. Le grain de blé dur a une grande valeur nutritionnelle, suite à la richesse en protéine et la présence du gluten qui donne aux pâtes alimentaires une meilleure tenue à la cuisson (*Hebrard, 1996*). Le tableau suivant présente la composition qualitative pour 100 grammes (g) de grains entiers du blé dur.

Le tableau suivant représente la composition qualitative de grain du blé.

Tableau 05 : Composition qualitative pour 100 g de grains entiers du blé dur (*Hebrard, 1996*)

Constituants	Quantité	Constituants	Quantité
Eau (g)	13	Ca (mg)	35
Energie (kj)	1383	Mg (mg)	100
Energie (kcal)	331	P (mg)	390
Glucides (g)	63	Na (mg)	5
Lipides (g)	2,5	K (mg)	0
Protides (g)	14	Fe (mg)	4,5
Fibres	9,5	Vit B1 (mg)	0,5
Vit B2 (mg)	0,09	Vit PP (mg)	6
Vit E (mg)	03	Biotine (mg)	0,01
Acide folique (mg)	0,04	/	0

12- PRODUCTION ET IMPORTANCE ECONOMIQUE

12-1- Dans le monde

Le blé est l'une des grandes plantes nourricières de l'humanité et sa production a accompagné la croissance démographique, avec un triplement entre 1961 et 2014. Avec

environ 6 % de la production mondiale de blés, Selon Conseil International des Céréales, la production de blé dur atteint en moyenne 38 millions de tonnes par an, avec de grandes variations (*I.P.E.M.E.D, 2017*).

12-2- En Algérie

La consommation en Algérie augmente rapidement, principalement du fait de la croissance du nombre de consommateurs qui a doublé en vingt ans. La productivité nationale est assez faible puisqu'elle ne tourne qu'autour de 08 à 10 quintaux/ha(qx) et ceci se répercute sur l'écart qui s'est creusé entre l'offre et la demande qui est énorme (*Selmi, 2000*). L'Algérie importe annuellement entre 65 % et 70 % de ses besoins en céréales occupant de ce fait la première place en Afrique et le troisième importateur à l'échelle mondiale (*F.A.O, 2005*).

**CHAPITRE 02:
CHAINE DE
TRANSFORMATI
ON DU BLE DUR
EN SEMOULE**

1-L'INDUSTRIE DE LA SEMOULERIE

La semoulerie de blé dur. Elle appartient à la catégorie des industries de première transformation des céréales dans la mesure où elle utilise du blé dur provenant de l'agriculture pour la fabrication de la semoule. La semoule de blé dur est utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires sèches et du couscous (S.I.F.P.A.F, 2012).

Les procédés de semoulerie et de pastification doivent tendre à répondre aux souhaits du consommateur tout en permettant d'obtenir un produit bon marché (*Trentesaux, 1996*).

Le blé dur idéal pour un semoulier possède les caractéristiques suivantes ; il est gros et vitreux ; il a des enveloppes fines et une faible teneur en matières minérales ; riche en protéines ; possède un gluten ferme et élastique et contient beaucoup de caroténoïdes et peu d'activités lipoxygénasiques et peroxydasiques (*Abecassis et al., 1996*).

2-LA VALEUR SEMOULIERE

La valeur semoulière est définie comme l'aptitude d'un blé dur à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée. La semoule, qui est le produit noble de l'industrie de la semoulerie, correspond aux fragments de l'amande du grain dont la taille granulométrique est comprise entre 150 et 500 μm , tandis que la farine de blé dur (fragments de l'amande de taille inférieure à 150 μm) et le son (enveloppes du grain) constituent des sous-produits (*Abecassis et al., 1996*).

La valeur semoulière d'un blé dur dépend de trois groupes de facteurs (*Abecassis et al., 1996*) :

-Les uns sont très liés aux conditions de culture et de récolte qui sont la teneur en eau, taux d'impuretés, grains cassés. Leur influence sur la valeur semoulière est évidente. Il en est tenu compte dans les transactions commerciales.

-Le deuxième groupe de facteurs englobe des caractéristiques qui dépend davantage de la nature du blé lui-même et qui sont toutes influencées par des facteurs variétaux et agronomique :

*Le rapport pondéral entre l'albumen amylicé et les enveloppes du grain ;

*La friabilité de l'albumen ;

*L'adhérence entre l'albumen et les enveloppes.

Un indicateur de la valeur semoulière en relation avec le rapport enveloppes sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande serait faible et le rendement semoulier important. La valeur minimale pour la mise à l'intervention est de 78kg/hl. Néanmoins cette mesure peut être influencée par différents facteurs comme

l'importance de l'espace inter granulaire, le tassement des grains, la nature et la quantité des impuretés présentes dans le lot, la teneur en eau.

2-1-Recherche des impuretés

La seule méthode de recherche des impuretés existant pour le blé dur est la méthode communautaire, cette analyse revêt un caractère particulier dans le cas de blé dur, le produit transformé étant relativement peu élaboré, la présence de certains impuretés a une incidence directe sur la qualité de la semoule ou des pâtes, les impuretés sont classées en cinq catégories : les grains cassés , les impuretés constitués par des grains , les grains mouchetés et/ou fusariés , les grains germés et les impuretés diminuent le rendement semoulier et altèrent la qualité de la semoule. En outre la présence de blé tendre doit être très limitée du fait de la législation qui spécifie que les pâtes alimentaires doivent être uniquement composées de semoule de blé dur.

La recherche des **grains mouchetés** est spécifique au blé dur. La moucheture en entraînant la présence de piqures brunes dans les produit finis créé un préjudice commercial. Cette caractéristique essentiellement variétale peut être favorisée par des conditions climatiques au moment de la floraison. Le seuil maximal pour la mise à l'intervention est de 5% y compris un taux maximum de 1.5% de grains fusariés, la caractérisation des grains mouchetés reste la principale difficulté de l'analyse physique du blé dur, très subjective elle peut donner lieu à des différences d'appréciation très importantes. Aussi la stabilité du jugement d'opérateurs expérimentés est dans ce domaine primordiale. La figure six représente les types de grains.




Grain	sain	moucheté sillon	moucheté enveloppe	coloré du germe
				
Description		la coloration noire couvre plus du quart du sillon (norme européenne EN 15587) ou quelle que soit sa taille (norme internationale ISO 11051)	présence d'une coloration noire ailleurs que dans le sillon ou sur le germe.	seul le germe (extrémité au bas du grain) est noirci.

Fig.06 : Type de grain du blé dur (Institut de végétal,2021)

2-2-Mitadinage

L'objectif du semoulier est de fabriquer de la semoule et non la farine, le blé dur doit donc être peu mitadiné. La détermination de ce dommage s'effectue, à l'aide du farinotome de Pohl, par un comptage des grains sains non entièrement vitreux. Le taux de grains

mitadinés maximal admis pour l'intervention est de 40%, dans les contrats commerciaux, la qualité d'azote présent dans le grain et des conditions de récolte ; en effet plus la teneur en protéines d'un lot est élevé moins le métadinage est important, par ailleurs des conditions climatiques humides à la récolte favorisent son apparition.

3-TECHNOLOGIQUE DU BLE DUR

On regroupe sous le terme de « valeur industrielle » ou de « valeur technologique », l'ensemble des caractéristiques du blé dur dépendant d'une part, le rendement en semoule d'une pureté déterminée, c'est-à-dire le poids de semoules fabriquées rapporté au poids de blé mis en œuvre, on parle alors de valeur semoulière du blé dur. D'autre part, l'aptitude des semoules à être transformé en pâte alimentaires, dans l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs, on parle alors de valeur pastière (*Abecassis, 1997*).

3-1- CRITERES D'APPRECIATION DE LA QUALITE DU GRAIN DU BLE DUR

La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait, la presque unique destination du blé dur est l'obtention d'une semoule destinée elle-même à l'obtention de pain ou de galette, de couscous, et surtout de pâtes alimentaires (*Trentesaux, 1995*). Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur. Ils dépendent en partie de la variété et de techniques culturales.

3-1-1- L'agrèage

La fonction agrèage consiste à définir les caractéristiques des grains du blé qui nous renseignent sur la qualité technologique, c'est-à-dire leurs aptitudes à satisfaire les industries de première et de seconde transformation, Il nécessite l'intervention d'agréeurs portant de grande référence de moralité, de conscience et de compétences professionnelles d'une part et de moyen matériels d'autre part. L'appréciation de la valeur commerciale et marchande d'un lot de céréales se fait par agrèage effectué par un agréeur basé généralement sur l'analyse d'un échantillon prélevé sur le lot considéré (*Manuel de contrôle de qualité, 1984*).

Elle comporte essentiellement : Le prélèvement d'un échantillon moyen lequel doit représenter aussi fidèlement que possible la qualité du lot à agréer. L'échantillon pour laboratoire doit être représentatif que possible de l'analyse correcte et impartiale de l'échantillon prélevé (*Aissaoui et al, 2011*).

3-1-2-Recherche des impuretés

Un lot de blé n'est jamais pur. Il peut être contaminé par des matières inertes comme les pierres, sable-terre, objets métalliques ou des débris d'animaux et de végétaux. Elle peut aussi contenir des graines étrangères comme graines nuisibles tel que le mélilot, fenugrec,

nielle, avariés. Des légumineuses, des graminées fourragères, des grains de blé altérés ou mal venus et de l'ergot (*Fourar, 2011*). La présence de ces impuretés diminue la valeur marchande du lot. Leur exclusion ou leur limitation est l'objet d'accords contractuels entre vendeurs et l'acheteur (*Feuillet, 2000*).

3-1-3-Mesure de poids spécifique (PS)

La masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelé 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 présent dans les espaces inter-granulaires (*Aziez et al, 2003*).

L'intérêt de cette mesure ancienne qui date de l'époque où l'on mesurait le grain en volume est toujours utilisée dans les transactions sur les grains, à ce titre, elle est un élément important dans la fixation du prix marchand. Le PS est supposé de permettre la reconnaissance des blés anormaux (PS faible), et renseigner sur le rendement en farine d'un blé (*Aziez et al, 2003*).

3-1-4-Poids de mille grains

La masse de 1000 grains ou le poids de 1000 grains (PMG) présente deux intérêts principaux

-Intérêt agronomique est la taille d'un grain est une caractéristique essentiellement variétale, mais elle dépend également des conditions de culture. La masse de 1000 grains est une composante de rendement agronomique des céréales. Elle permet également aux agriculteurs de calculer les doses de semences pour répondre à un objectif de densité de semis. La détermination du poids de 1000 grains peut fournir une évaluation du degré d'échaudage d'une variété connue. Ce critère est fonction de la variété et des conditions de culture (*Anonyme, 2001*).

- Intérêt technologique qui est un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de première transformation comme le rendement semoulier, meunier ou brassicole. (*Anonyme, 2001*).

3-1-5- Taux d'humidité

On entend conventionnellement par la teneur en eau, la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit (*Aziez et al, 2003*). La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente autres intérêts

-D'un point de vue commerciale, une forte humidité du grain représente un manque à gagner : puisqu'on paye l'eau au prix du blé.

-D'un point de vue technologique, elle a également un intérêt pour la détermination et la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de

transformation industrielle. La teneur en eau des grains est également très importante pour leur conservation car elle est à la base de l'activité des insectes et de celle des innombrables microorganismes qui les couvrent. Il faut veiller à maintenir le stock de grains à une humidité inférieure à 14,0%, et si possible à 12,0% si le stockage doit se prolonger sur une longue durée ; la température, pour sa part, doit rester inférieure à 15-20°C. L'humidité élevée est sanctionnée par des réactions sur le prix de rétrocession du grain (Aziez *et al*, 2003).

3-1-6-Détermination du taux de mitadinage

Normalement translucide et de texture vitreuse, le grain de blé dur peut sous l'influence d'un accident appelé « mitadinage » prendre, en totalité ou en partie, une apparence opaque et farineuse qui le fait plus ou moins ressembler à un grain de blé tendre, il est dit alors mitadiné (Aziez *et al*, 2003). On entend par taux de mitadinage le pourcentage en nombre de grains de blé dur non entièrement vitreux. Les grains mitadinés (grains amylicés, ou amidonnés) constituent un des principaux facteurs de classement commercial du blé dur. Ces grains se forment lorsque la plante souffre d'une carence en nitrates pendant le développement du grain (Dexter *et al*, 1998). la figure sept représente un grain vitreux et un grain mitadiné.

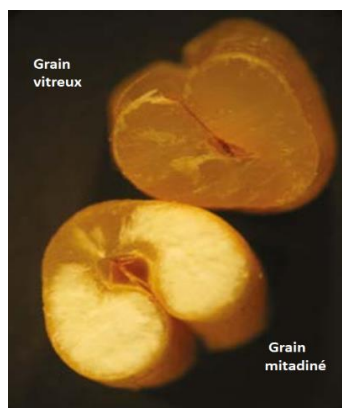


Fig. 07 : Coupe d'un grain vitreux et un grain mitadiné (anonymel ,2006)

4-TECHNOLOGIE DE TRANSFORMATION DU BLE DUR EN SEMOULE

En semoulerie la première opération consiste à mélanger plusieurs qualités ou variétés de blé dur, de façon à obtenir un produit fini de qualité déterminée et constante (Trentesaux, 1996). D'après Feilleit (2000), la transformation des blés en semoules se déroule en trois (03) étapes principales : nettoyage, conditionnement et mouture proprement dite.

4-1-Nettoyage

C'est une étape très importante en semoulerie qui doit être réalisée avec efficacité

(Abecassis, 1987). Les grains de blé doivent être débarrassés de toutes leurs impuretés avant d'être envoyés sur le premier broyeur (Feillet, 2000). Selon (S.I.F.P.A.F, 2012).

Les principaux objectifs de nettoyages sont :

- Éliminer les corps étrangers comme les pailles, pierres et les pièces métalliques ;
- Éliminer les grains contaminants comme les grains d'autres céréales l'avoine et maïs ;
- Décontamination microbiologique est un autre objectif parfois recherché.

Pour atteindre ces objectifs et éliminer les impuretés, il sera mis à profit toutes les différences existant entre le grain de blé dur (taille, forme, densité.) et les impuretés.

Le nettoyage des blés durs doit être effectué avec un soin tout particulier sous peine de voir apparaître des piqures colorées dans les semoules, très préjudiciables à la qualité des pâtes alimentaires. Le tableau 06 présente les principales machines de nettoyage.

Tableau 06: Principales machines de nettoyage des blés avant broyage (Feillet, 2000)

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

4-2-Conditionnement

En semoulerie, le conditionnement se base sur trois paramètres : la quantité d'eau ajoutée, la température de traitement et la durée de repos du blé, en tenant compte de la variété de blé utilisé et de son humidité initiale (Gerard et al., 1996).

Les grains de blé dur triés sont ensuite conditionnés (mouillage) afin de faciliter la séparation du son de l'amande et le broyage de celle-ci. Au départ, le grain de blé dur possède une teneur en eau égale à 11 ou 12% puis le grain est humidifié jusqu'à 16 ou 17%. L'humidification se fait de préférence en trois étapes avec des temps de repos courts (Jintet et al., 2007). D'après Feillet (2000) pour la fabrication de la semoule à partir de blé dur la durée de repos est de 9 à 10 heures mais ne doivent pas dépasser les 48 heures et de plus de ne pas ajouter plus de 4 à 5% d'eau en une seule fois. L'objectif du repos est de permettre au son de légèrement se décoller de l'amande, ce qui facilitera son élimination. Juste après le conditionnement et avant le broyage, le grain est brossé ce qui permet d'éliminer l'essentiel des poussières adhérentes aux enveloppes et des particules de son (E. Trentesaux, 1996).

4-3-Mouture

L'art de la mouture est d'isoler l'albumen amylicé du grain exempt des parties périphériques (enveloppes et couche à aleurone) et du germe avec le meilleur rendement possible et à moindre coût, tout en maîtrisant les propriétés des produits obtenus (Feillet, 2000). La figure huit représente le principe de la mouture.

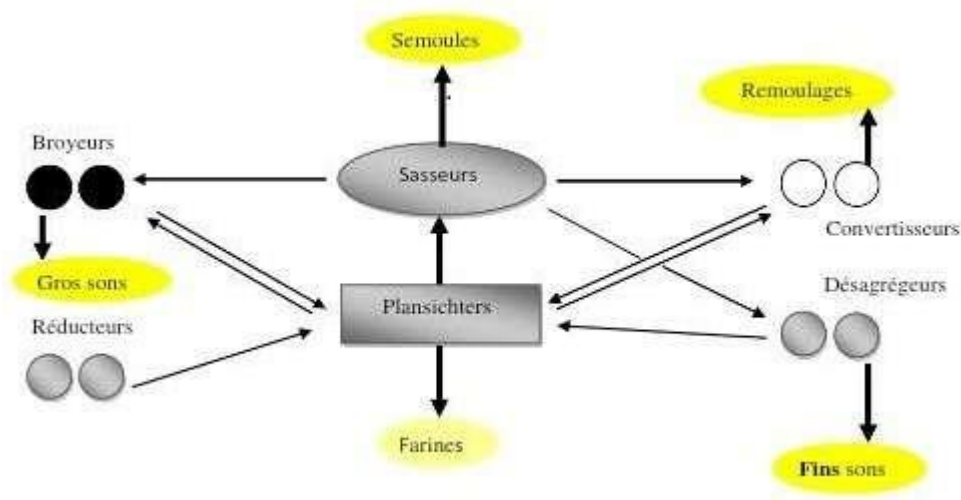


Fig.08: Principe de mouture de blé dur (feillet, 2000)

4-3-1-Principe de la mouture

La mouture est une opération centrale de la transformation des blés en semoule cette procédé consiste à séparer l'amande des enveloppes en commençant par isoler les parties les plus internes du grain et en se rapprochant progressivement de la périphérie, repose sur la mise en œuvre de deux opérations :

Une opération de transformation-dissociation des gains. Une opération de séparation des constituants. La première permet de dissocier l'amande et les enveloppes (broyage), de fractionner les semoules vêtus (désagrégage); la seconde assure la séparation des sons de produit sur la base de leur granulométrie (division par tamisage) et de leurs aérodynamiques; épuration par sassage (*Feillet, 2000*). la figure nef représente le diagramme type de nettoyage.

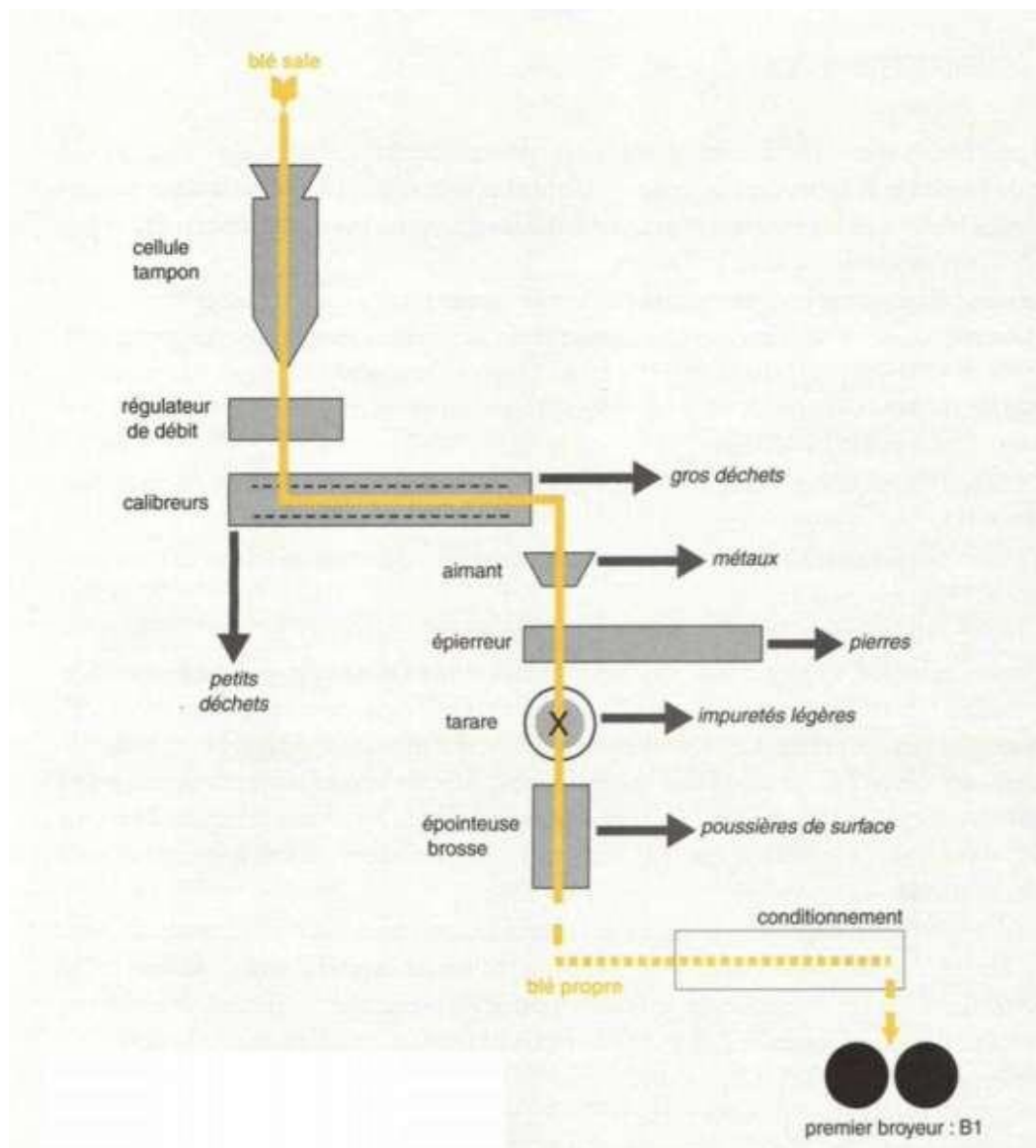


Fig.09: Diagramme type de nettoyage des blés avant leur envoi sur le premier broyeur (*Feillet, 2000*)

4-3-2-Différentes phases de la mouture

• Broyage

Le blé nettoyé passe tout d'abord dans des broyeurs à cylindres cannelés permettant un broyage progressif de façon à extraire la semoule en coupant l'enveloppe au minimum et en

produisant un minimum de farine, on rappelle qu'il s'agit d'éliminer au maximum les enveloppes et d'obtenir un produit grené ; la semoule et non un produit de structure farineuse (Trentesaux, 1996). La figure dix représente l'appareil à cylindres

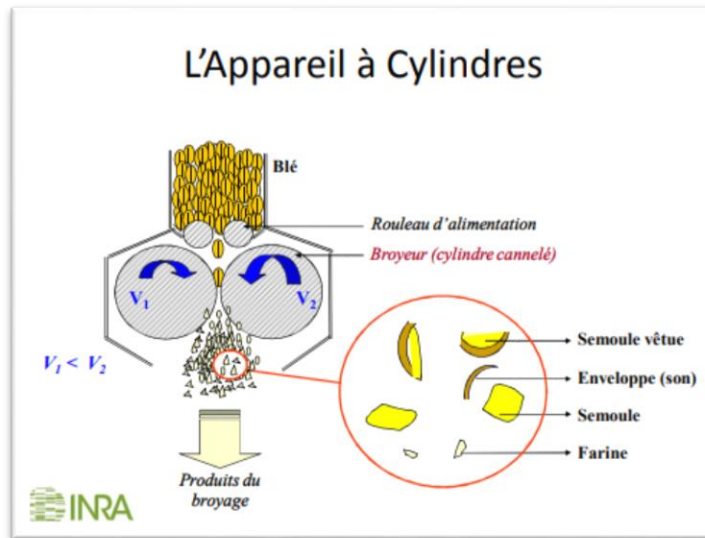


Fig.10: l'appareil à cylindres (INRA, 2005).

• Tamisage ou blutage

C'est une opération basée sur la séparation des produits selon leurs dimensions (Feillet, 2000). L'opération de blutage que l'on appelle division a pour fonction de subdiviser le mélange de semoules en des classes de granulométrie homogène (Abecassis, 1991). Cette opération s'effectue après chaque passage dans un appareil à cylindre (Doumandji et al., 2003), formé d'un assemblage de tamis superposés et soumis à un mouvement rotatif et de va et vient permanent sous l'action d'un moteur excentrique (Feillet, 2000). Elle permet le classement des produits en différentes tailles. Le passage des éléments à travers le tamis constitue l'extraction (les semoules), par contre ce qui reste sur le tamis c'est le refus (les sons) (Doumandji et al., 2003).

• Sassage

C'est une opération intermédiaire entre les broyages (Doumandji et al., 2003), son but est la séparation des produits de mouture sur la base de leur taille et de leur densité (double tri) (Jintet et al., 2007). Selon Feillet (2000), les semoules sont maintenues en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus de tamis dont la largeur de mailles diminue au fur et à mesure de la progression des semoules.

Celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va et vient des tamis.

- Désagrégage

C'est une opération qui consiste à fractionner les semoules vêtues (*Feillet, 2000*). Par désagrégeurs qui sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures (*Abecassis, 1991*), pour éliminer les fragments de son qui adhèrent à l'amande (les semoules refusées au niveau duasseur sont appelées semoules vêtues (*Doumandji et al, 2003*)).

5-PRODUITS FINIS

A l'issue de la mouture, trois principaux produits sont obtenus (*Feillet, 2000*) : Semoule: elle constitue environ 74% du poids du blé de départ (*S.I.F.P.A.F, 2012*) représente le produit noble d'une semoulerie, correspond aux fragments d'amande dont la granulométrie est supérieure à 150µm (*Feillet, 2000*) ;

Gruaux : ou la farine de blé dur (6%) (*S.I.F.P.A.F, 2012*) est considérée d'un point de vue réglementaire un sous-produit de mouture dont la granulométrie est inférieure à 150µm (*Abecassis, 1987*) ; Sons : il représente environ 20 % (*S.I.F.P.A. F, 2012*). La finesse des enveloppes de blé dur conduit à la formation de sons beaucoup moins larges que ceux de blé tendre. Les sons sont récupérés à la fin de broyage (gros sons ou à partir des désagrégeurs et parfois des sasseurs (fin sons) (*Abecassis, 1987*). Le tableau sept représente les principales opérations de la mouture.

Tableau 07 : Principales opérations effectuées dans un moulin (*Feillet, 2000*)

Blutage	Séparation des produits de mouture, semoule, farine, sons) sur la base de leurs dimension (granulométrie)
Broyage	Dissociation progressive de l'albumen et des parties périphériques (enveloppe et couche à aleurone) des grains par écrasement et cisaillement des produits entre des cylindres cannelés
Sassage	Séparation des produits de mouture sur la base de leur forme, de leur taille et de leur densité
Désagrégage	Rebroyés les semoules vêtues, et éliminer les fragments de son qui adhèrent à l'amande.

5-1-Définition de la semoule

La semoule est définie comme étant : le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par un procédé de mouture au cours duquel le son et le germe sont

essentiellement éliminés et le reste est broyé à un degré de finesse adéquat (*Codex Alimentarius, 2007*).

Elle est reconnue comme substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, sa flaveur et sa qualité de cuisson (*Petitot, 2009*). Le terme de semoule désigne à la fois le produit intermédiaire qui servira à la préparation des pâtes alimentaires mais aussi l'aliment consommable en l'état permettant notamment la préparation de potages ou d'entremets (*Abecassis, 1996*). La semoule -du latin simila fleur de farine est un produit alimentaire plus ou moins granuleux, de couleur ambrée, extrait exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite de "semoulerie" (*S.I.F.P.A.F, 2012*).

5-2-Classification de la semoule

Les semoules sont classées selon deux critères : la pureté et la granulation.

5-2-1-Pureté

Selon Apfelbau et al. (*1981*), on distingue deux types de semoules :

*Semoule supérieure : elle provient de la partie centrale de l'amande du grain de blé dur et contient un faible taux de matières minérales .Elle sert à fabriquer les pâtes alimentaires dites supérieures.

*Semoule courante : elle contient plus de parties périphériques et ayant un plus fort taux de matières minérales, sert à faire les pâtes dites courantes.

5-2-2-Granulation

Selon la granulométrie, il existe différentes catégories de semoule dont chacune est obtenue par une succession de plusieurs broyages (*Feillet, 2000*) :

❖ Semoules grosses (SG): la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 900 à 1100 μm , destinées aux usages domestiques (*Madani, 2009*) Cette semoule est destinée essentiellement à la fabrication du couscous de type gros (*Feillet, 2000*).

❖ Semoules grosses moyennes (SGM): la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 550 à 900 μm , elles sont vendues en l'état (*Feillet, 2000*). Elles sont destinées à la fabrication de la galette, le couscous (*Madani, 2009*).

❖ Semoule sassées super extra (SSSE): elles proviennent de la partie centrale de l'amande de grain de blé dur et elles ont un faible taux de matières minérales. La dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 180 à 500 μm , elles sont destinées à la fabrication des pâtes alimentaires de qualité supérieure (*Feillet, 2000*).

❖ Semoules sâssées super fines (SSSF): la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 140 à 250µm, elles servent à la fabrication des pâtes dites courantes (*Feillet, 2000*). Elles proviennent des couches périphériques du grain, comparée à la semoule 3SE, la semoule 3SF contient plus de parties périphériques et elle à un taux de cendres plus élevé (*Madani, 2009*).

5-3-Composition chimique de semoule et leurs rôles

La semoule est issue de l'endosperme amylicé (albumen) de grain de blé dur (*Boudreau et al., 1992*) donc sa composition chimique est étroitement liée à celle du blé dur et au diagramme de mouture (nombre de passages d'extraction) (*Christeleicard, 2000*).

5-3-1-Protéines

Les protéines sont le deuxième élément en importance dans la semoule de blé. Leur teneur varie de 8% à 16% selon l'espèce et le degré de maturité du grain (*Boudreau et al., 1992*). Les protéines de blé sont classées selon leurs caractères de solubilité. D'une part, les albumines et les globulines (15 à 20% des protéines totales) solubles dans les solutions salines diluées et d'autre part, les protéines du gluten (gliadines et gluténines) 80 à 85% restent insolubles (*Virling, 2008*). La teneur en protéines est la partie responsable de la qualité culinaire, plus le pourcentage des protéines est élevé meilleure pour la qualité des pâtes cuites (*Feillet, 1986*). Les gliadines sont des protéines monomériques associées par des liaisons hydrogène et des interactions hydrophobes. Ils apportent au gluten des caractéristiques visqueuses qui possèdent des propriétés plastifiantes qui confèrent à la pâte son extensibilité, sa viscosité et sa plasticité (*Jintet et al., 2007*). Les gluténines sont des agrégats de monomères de haut poids moléculaire, liés par des liaisons hydrogène, des interactions hydrophobes et des ponts disulfures intermoléculaires. La ténacité et l'élasticité de la pâte s'expliquent par les propriétés très particulières des gluténines pour maintenir les granules d'amidons gélatinisés emprisonnés au cours de la cuisson (*Wrigley et al., 2006*). La quantité de gluten et la qualité de ses protéines sont des facteurs déterminants de la valeur pastière de la semoule (*Feillet, 2000*) et de la texture de la pâte (*Sissons et al., 2007*).

5-3-2-Glucides

L'amande représente la majeure partie des glucides de l'albumen ; la zone centrale de l'amande en est plus riche que la partie périphérique (*Virling, 2003*), et peut atteindre 82% de la matière sèche de la semoule de blé (*Bornet, 1993*). C'est l'un des polymères fonctionnels les plus importants des aliments en raison de son pouvoir gélifiant, viscosifiant et fixateur d'eau, l'amidon absorbe environ 45 % de l'eau ajoutée à la semoule.

Par son pouvoir fixateur d'eau, variable selon le degré d'endommagement des granules, et sa capacité à former des liaisons non covalentes avec les protéines, l'amidon contribue de manière active à la formation de la pâte (*Feillet, 2000*). D'après (*Kiger, 1967*) du point de vue technologique, cette fraction glucidique joue un triple rôle puisque elle constitue la source d'aliments hydrocarbonés nécessaires à la levure, au cours de la fermentation et elle intervient, par sa réaction avec les protides, dans la formation de la couleur, de l'odeur, de la saveur des produits cuits; c'est l'un des éléments de la réaction de Maillard et aussi elle joue un rôle non négligeable dans les caractéristiques mécaniques et la texture des produits cuits.

5-3-3-Pentosanes

Sont souvent appelés gommés ou mucilages. Ce sont les molécules les plus hydrophiles de la pâte. Ils agissent par leur capacité de fixation d'eau, leurs propriétés viscosifiantes, tensioactives et leur aptitude à réagir avec d'autres constituants de la pâte, en particulier les protéines (*Feillet, 2000*). Ils possèdent des propriétés épaississantes et contribuent également à donner des gels assez résistants. Les caractéristiques visqueuses de ces gels interviennent sur la tenue, l'extensibilité et l'aptitude au développement des pâtes en stabilisant les alvéoles gazeuses (*Jeantet et al., 2007*).

5-3-4-Lipides

Les principales matières grasses de la semoule sont des acides gras (acide palmitique, stéarique, oléique, linoléique), des glycérides simples (principalement des triglycérides, mais également des mono et des diglycérides) et phospholipides (*Feillet, 2000*). Les lipides représentent environ 3,8% de la matière sèche de la semoule de blé (*Ounane et al., 2006*). Ils sont essentiellement localisés dans le germe de blés.

Selon *Feillet (2000)*, *Srivastava et al., (2007)* et *Kumar et al., (2011)*, Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et permettre d'augmenter la durée de conservation. Ils constituent un facteur déterminant de la couleur de la pâte. Cette dernière est due à l'oxydation des pigments jaunes sous l'action des lipoxygénases principalement au cours de l'hydratation et du malaxage (*Sissons, 2008*).

Les lipides libres ; lipides apolaires agissent principalement sur la viscosité des pâtes et sur leur temps de relaxation, ils affectent peu l'élasticité. Ce sont de très bons agents moussants (*Feillet, 2000*). Les lipides polaires (lipides liés) (glycolipides et phospholipides) jouent le rôle d'agents lubrifiant et tensioactif en association avec le gluten et l'amidon par des liaisons hydrogènes créées lors du pétrissage (*Vierling, 2003*). Ils stabilisent les alvéoles gazeuses de la pâte et améliorent le volume du produit (*Feillet, 2000*).

5-3-5-Enzymes

Les enzymes sont présents en petite quantité dans les semoules, les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases aussi la présence de phytases (une phosphatase), de peroxydase et de catalyses (*Boudreau et al., 1992*).

Les enzymes les plus importantes sont les amylases, qui permettent la transformation de l'amidon en sucres qui pourront servir de substances nutritives pour les levures lors de la fermentation (*Cherdouh, 1999*).

5-3-6-Vitamines

La semoule contient beaucoup de vitamines intéressantes, la composition de la semoule en vitamines est récapitulée dans le tableau huit.

Tableau 08 : Composition de la semoule en vitamines (*Viriling, 2003*)

Vitamines	E	B1	B2	B3	B6	B9	C
Quantités (mg/100g)	14	0,48	0,20	5,1	0,5	50 µg/100g	/

5-3-7-Minéraux

La semoule contient 20% de matière minérale totale du blé à savoir: le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium et le fer ; ce dernier est d'une certaine importance parce qu'il entre dans la composition de certains acides aminés comme la méthionine et la cystéine (*Doumandji et al, 2003*). La mouture permet donc d'éliminer une grande partie 2/3 environ (*Fredot, 2005*).

Le tableau neuf présente les compositions moyennes en minéraux.

Tableau 09 : composition moyenne en minéraux de la semoule en mg/100g de matières sèche (*Messaâdi et Samaï, 2016*)

Minéraux	Potassium	Phosphore	Fer	Calcium	Magnésium
Semoule	193	143	01	20	40

5-4-Critères de qualité de la semoule

Les qualités de la semoule peuvent être divisées en deux catégories : celles qui se révèlent sur la semoule même, comme, surtout, sa coloration et celles qui nécessitent sa transformation en pâte compacte, crue ou cuite, pour pouvoir être appréciées (*Ait Slimane, 2008*). Selon *Kellou (2008)*, toutes les entreprises transformatrices du blé dur en Algérie déclarent que:

❖ **L'indice de coloration jaune:** est le premier critère de choix et a une grande importance pour les utilisateurs (consommateurs) ; ils ont justifié ça par l'expérience et le savoir-faire des consommateurs ; plus la semoule est jaune et dorée plus sa qualité gustative et la couleur des produits finaux seront meilleures (*Benbelkacem et al., 1995*).

❖ **Le taux de gluten:** est le deuxième critère en termes d'importance lors de l'achat des semoules. En effet, plus la semoule a une forte teneur en gluten plus la qualité des produits finaux sera meilleure notamment dans la fabrication des pains traditionnels Algériens.

La teneur en protéines s'est donc révélée un facteur déterminant des propriétés rhéologique et culinaires des semoules (*Kellou, 2008*).

❖ **La teneur en cendre:** est le troisième critère (*Kellou, 2008*). En meunerie, la teneur en matières minérales varie dans le même sens que le taux d'extraction des semoules. La teneur en cendres de l'amande est d'environ dix (10) fois plus faible que celle des enveloppes, donc la teneur en cendres d'une semoule ne peut réellement servir de critère de sa pureté que dans la mesure où elle peut être ramenée à celle du grain entier par la détermination du rapport R (teneur en cendres des semoules/teneur en cendres des blés) et qui doit être inférieur à 0,5 (*Ait Slimane, 2008*). La figure 11 représente la transformation du blé dur en pain.



Fig.11 : le blé un incontournable de notre alimentation (passeport santé, 2022)

**CHAPITRE 03:
ANALYSES ET
CONTROLE DE
QUALITE**

1- EVALUATION DE LA QUALITE DU BLE DUR

La filière blé dur est dotée aujourd'hui de nombreux tests fiable d'appréciation de la qualité. Toutefois cet ensemble de mesures est évolutif ils sont enrichissement progressif viendra de la créativité des chercheurs et de nouveaux besoins exprimés par les industriels. Juger de l'aptitude d'un lot de blé dur à satisfaire le futur acheteur de peut paraître simple a priori portant d'un échantillon il suffit de fabriquer le produit finis et le soumettre à l'évaluation sensorielle d'un jury approprié (*Mahaut ,1996*).

A l'évidence une telle démarche systématique est irréaliste compte tenu des délais et coût de mise en œuvre en outre elle serait impraticable chez le sélectionneur qui ne disposent que d'une quantité limitée de matière première aux stade précoces de la création variétale. C'est la raison pour laquelle les partenaires de la filière se sont accordés sur différentes mesures, analyses et tests, chacun porteur d'informations partielles et relative sur la qualité mais leur confrontation permet une évaluation globale donnant généralement satisfaction.

Il existe deux catégories d'analyse: Les analyses physique sur grain et les analyses technologique (*Mahaut ,1996*).

1-1-Les analyses de la matière première le blé dur

1-1-2-Les analyses physico-chimiques

Ces mesures, communes à de nombreuses espèces, permettent d'apprécier si le lot de blé dur est sain, loyal et marchand: conditions nécessaires à sa mise en marché.

Réalisées au cœur le gréage, principalement lors de la réception du blé au silo, elles interviennent, pour la plupart d'entre elles, dans le contrat de commercialisation. Les analyses physiques mettent aussi en évidence certaines caractéristiques variétales du grain et sont donc, pour la plupart d'entre elles, utilisées au cours de la sélection génétique (*Mahaut ,1996*).

• Teneur en eau ou taux d'humidité (H%)

La connaissance de la teneur en eau de lot de blé dur est intéressante pour la détermination de la conduite des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformations industrielle. Cette mesure figure dans les contrats commerciaux et les normes réglementaire où sont fixés les Seuils à partir desquels sont appliquées des bonifications ou des réfections. Dans le cas du blé dur, la teneur en eau maximale tolérée de 14,5% (*Mahaut ,1996*).

• Poids en hectolitre

Ce critères commercial rapide et facile à mettre en œuvre est considéré comme un indicateur de la valeur semoulière en relation avec le rapport enveloppes sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande serait faible et le rendement

semoulier important. La valeur minimale pour la mise à l'intervention est de 78kg/hl. Néanmoins cette mesure peut être influencée par différents facteurs comme l'importance de l'espace inter granulaire, le tassement des grains, la nature et la quantité des impuretés présentes dans le lot, la teneur en eau (*Mahaut ,1996*).

• Recherche des impuretés

La seule méthode de recherche des impuretés existant pour le blé dur est la méthode communautaire. Cette analyse revêt un caractère particulier dans le cas du blé dur. Le produit transformé étant relativement peu élaboré, la présence de certaines impuretés à une incidence directe sur la qualité de la semoule ou des pâtes. Les impuretés sont classées en cinq catégories: les grains cassés, les impuretés constituées par grains, Les grains moucheté et /ou fusariés, Les grains germés et les impuretés déverser la plupart de ces impuretés diminuent le rendement semoulier et altèrent la qualité de la semoule. Un autre la présence de blé tendre doit être très limitée du fait de la législation qui spécifie que les pâtes alimentaires doivent être uniquement composée de la semoule de blé dur.

La recherche des grains mouchetés spécifique au blé dur. La Moucheture en entraînant la présence piqûre brunes dans les produits finis (semoule et pâtes) crée un préjudice commercial. Cette caractéristique essentiellement variétale peut être favoriser pour des conditions climatiques particulière monent de la floraison. Le seuil maximal pour la mise à l'intervention et de 5 %y compris un taux maximum de 1,5% de grains fusariés.

La caractérisation des mouchetés reste la principale difficulté de l'analyse physique du blé dur. Très subjectif elle peut donner lieu à des différences d'appréciation très importante. Aussi la stabilité du jugement opérateur expérimenter est dans ce domaine primordial (*Mahaut ,1996*).

• Poids de mille (1000) grains

C'est une des composantes du rendement agronomique et du rendement semoulier. Cette mesure et surtout effectuée lors de la sélection du blé dur, la taille du grain étant essentiellement génétique. La condition de culture peut néanmoins l'influencer (*Mahaut ,1996*).

• Identification variétale

Toutes les variétés de blé dur n'ont pas les mêmes caractéristiques technologiques. Certaines d'entre elles peuvent ainsi mieux répondre que d'autres à une spécificité recherchée par l'industriel. Les utilisateurs se sont donc intéressé à la notion variétale et à la connaissance de la composition d'un lot de blé dur. L'électrophorèse des gliadines permet de reconnaître

les variétés présentes dans un lot et par conséquent de s'assurer du respect du contrat (*Mahaut, 1996*).

- **Teneur en protéine**

Ce critère influe fortement la qualité du blé dur compte tenu de ses relations étroites avec le taux de grains mitadinés et avec la qualité culinaire. La teneur minimale pour la mise à l'invention est de 11,5%. En règle générale plus la teneur en eau protéines est élevée meilleur et la qualité du blé dur. Un seuil de 14 % et le plus souvent nécessaire à l'obtention d'un taux de vitrosité satisfaisant. Ce critère aujourd'hui facilement mesurable à l'aide de la spectromètre proche infrarouge, notamment au niveau de la collecte, sera de plus en plus prise en compte (*Mahaut, 1996*).

- **Indice de chute de Hagberg :**

Indice de chute de Hagberg mesure indirectement l'activité des amylases qui peut devenir excessif dans le cas de grains germés ou on voie de germination. Toutefois, l'incidence présente une forte activité (&-amylasique est moins marqué lors de la pacification que lors de la panification des blés tendres). Le semoulier s'intéresse davantage au dénombrement des grains germés qu'à cette mesure. Ce critère est, pour le blé dur, essentiellement réglementaire. Un seuil de 220 secondes minimum est requis pour sa mise à l'intervention (*Mahaut, 1996*).

1-2-Les analyses du produit fini la semoule

1-2-1-Les analyses physiques

- **Mitadinage**

L'objectif du semoulier est de fabriquer de la semoule et non de la farine, le blé dur doit donc être peu mitadiné. La détermination de ce dommage s'effectue, à l'aide du farinotome de pohl, par un comptage des grains sains non entièrement vitreux. Le taux de grains mitadiés maximal admis pour l'intervention est de 40 % contrats commerciaux, la qualité type fait référence taux de 20%. Le mitadinage est dépendant à la fois de la qualité d'azote présent dans le grain et de conditions de récolte. En effet, plus la teneur en protéine d'un lot est élevée, moins le mitadinage est important. Par ailleurs des conditions climatiques humide à la récolte favorisent son apparition (*Mahaut, 1996*).

- **Teneur en cendres**

Les matières minérales du blé sans principalement répartie dans les enveloppes et donne une indication sur le taux l'extraction en semoulerie au regard de la réglementation française qui associés la pureté des semoules à leur taux de cendres. En fait législation impose des taux de

cendres maximum à ne pas dépasser en fonction des catégories de semoules exemple:1,10% pour la semoule de qualité supérieure (*Mahaut ,1996*).

1-2-2- Les analyses biochimiques

• Teneur en gluten

Le gluten, fraction insoluble des protéines dans une solution saline, et le responsable majeur de la qualité rhéologique des pâtes. Sa mesure en assez peu utiliser en France, elle l'est davantage en Italie et en Grande-Bretagne où elle constitue le plus souvent le seul test technologique d'appréciation de la qualité des blés dur. La quantité de gluten est très liée à la teneur en protéines (*Mahaut ,1996*).

*Gluten humide : substance visco-élastique, composé principalement de deux fractions protéiques (gliadine et gluténine) sous forme hydratée (*ISO, 2006*)

*Gluten sec : résidu obtenu à partir du gluten humide sèche dans les conditions spécifiques.

1-3- Analyses organoleptique

1-1-3- Couleur

Ce caractère résulte d'une composante jaune, principalement génétique, qui doit être la plus élevée possible et d'une composante brune, qui d'avantages liée aux conditions de culture, qui doit être faible. Différentes méthodes permettent d'évaluer le potentiel couleur depuis le blé jusqu'aux semoule (*Mahaut ,1996*).

1-4- Analyses microbiologique

Selon le journal officiel (JO) de la république algérienne N°39 (*JO, 2017*), les critères microbiologiques applicables pour les analyses microbiologiques du blé dur sont faits comme dans le tableau suivant le tableau dix représente les critères microbiologiques applicables pour les analyses microbiologiques du blé dur.

Tableau 10: Les critères microbiologiques applicables pour les analyses microbiologiques du blé dur.

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'Echantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Semoules	Escherichia	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	Bacillus Cereus	5	2	10 ³	10 ⁴
	Moisissures	5	2	10 ³	10 ⁴
	Anaérobies sulfito- Réducteurs	5	2	10 ²	10 ³

Inter prestation des résultats d'analyse microbiologiques :**Technique de prélèvement et d'échantillonnage**

* Pour une denrée alimentaire de même nature, l'échantillon doit être réparti, au moins, en cinq (5) unités issues d'un même lot.

* Le laboratoire doit disposer d'environ 500g de produit, soit 5 fois 100g. Ces 100g peuvent être fournis par une ou plusieurs pièces. Ces prélèvements doivent, respecter les règles d'asepsie et les règles de représentativité.

* Dans le cas des examens microbiologiques effectués à la suite de toxi-infections alimentaires, il est nécessaire de pratiquer la recherche des germes pathogènes, toxinogènes et/ou de leurs toxines, aussi bien en surface qu'en profondeur.

Interprétation des résultats d'analyses microbiologie**Interprétation selon un plan à trois classes :**

L'interprétation des résultats s'effectue selon un plan à trois classes, dans le cas où la valeur "c" est différente de zéro (0).

Les résultats de l'analyse de la façon suivante :

* si le résultat de l'analyse est inférieur ou égal à " m ", le résultat du critère microbiologique est satisfaisant.

*si le résultat de l'analyse n'excède pas " M " et si le nombre d'unités de l'échantillon donnant un résultat supérieur à " m " et compris entre " l " et " c ", le résultat du critère microbiologique est acceptable.

*si le résultat de l'analyse excède " M " ou si le nombre d'unités de l'échantillon donnant un résultat compris entre " m " et " M " est supérieur à " c ", le résultat du critère microbiologique est non satisfaisant.

* **Cas particulier**

Pour l'histamine dans les produits de la pêche et de l'aquaculture provenant d'espèces de poissons associées à une grande quantité d'histidine, sauf dans la sauce de poisson produite par fermentation de produits de la pêche et de l'aquaculture.

Les résultats s'expriment de la façon suivante :

*Le résultat du critère microbiologique est satisfaisant lorsque les exigences suivantes sont remplies :

1. la valeur moyenne observée est inférieure ou égale à " m ".
2. un maximum de c/n valeurs observées se situent entre " m " et " M "
3. Aucune valeur observée ne dépasse la limite " M ".

* Le résultat du critère microbiologique est non satisfaisant lorsque la valeur moyenne observée dépasse " m ", lorsque plus de c/n valeurs se situent entre " m " et " M " ou lorsqu'une ou plusieurs valeurs observées sont supérieures à " M "

Interprétation selon un plan à deux classes :

L'interprétation des résultats s'effectue selon un plan à deux classes, dans le cas où la valeur " c " est égale à zéro (0).

*Les résultats s'expriment de la façon suivante :

*Pour l'expression "absence dans" :

-le résultat du critère microbiologique est satisfaisant lorsqu'il y a absence du micro-organisme dans toutes les unités de l'Echantillon ;

- le résultat du critère microbiologique est non satisfaisant, lorsque la présence du micro-organisme est détectée dans, au moins, une unité de l'Echantillon.

Dans le cas des micro-organismes suivants :

Listeria monocytogenes, Salmonella, Campylobacter spp (thermotolérants), le résultat révèle que le lot contrôle est impropre à la consommation.

Pour la valeur limite "m=M" : Si le résultat de l'analyse est inférieur ou égal à " m ", le résultat du critère microbiologique est satisfaisant ; *Si le résultat de l'analyse excède " m ", le résultat du critère microbiologique est non satisfaisant.

Dans le cas de *Listeria monocytogenes*, le résultat révèle que le lot contrôlé est impropre à la consommation.

***Cas particulier :**

L'échantillon est considéré toxique si la limite est supérieure ou égale à 10^5 pour les bactéries : Anaérobies sulfite-réducteurs, staphylocoques à coagulase + et *Bacillus cereus*.

Evaluation de la qualité microbiologique du lot contrôlé :

Les résultats des analyses microbiologiques de l'échantillon révèlent la qualité microbiologique du lot :

*Qualité non satisfaisante si, au minimum, un résultat sur un des critères microbiologiques est non satisfaisant ;

*Qualité satisfaisante, si les résultats de tous les critères microbiologiques sont satisfaisants;

* Qualité acceptable si, au minimum, un résultat sur un des critères est acceptable, aucun résultat n'étant par ailleurs, non satisfaisant ;

* Le lot est considéré toxique si la limite est supérieure ou égale à 10^5 pour les bactéries : Anaérobies sulfite-réducteurs, staphylocoques à coagulase + et *Bacillus cereus*.

**MATERIELS EST
METHODE**

Notre travail a pour but d'évaluer et contrôler la qualité de la semoule produite à partir de la chaîne de transformation technologique du blé dur au sein du complexe industriel et commercial "AGRO-DIV" à -El-harrouche la wilaya de Skikda, passant par les différents tests et analyses qui sont faites au niveau du laboratoire de la même unité.

1- PRESENTATION DU LIEU DE STAGE

Le complexe industriel et commercial d'El Harrouche et une entreprise étatique dans la production agroalimentaire, c'est un opérateur publique active depuis 1981 présent sur tout le territoire algérien et il assure une large couverture en produits agroalimentaire en Algérie.

*AGRO-DIV slogan: un goût authentique, une qualité unique

* Activité principale: transformation des céréales, production commercialisation de semoule

*Dénomination: filiale céréales Skikda

*Forme juridique : EPE (entreprise publique industrielle ou commerciale) SPA (société par actions). Le tableau 11 Représente les données générales sur le complexe industriel et commercial d'El-Harrouche (CIC).

Tableau 11: données générales sur le CIC de Skikda

Capacité de stockage de la matière première		Capacité de production		Capacité de production		Main d'œuvre
Blé dur	3000Quintaux	Semoulerie	700Quintaux/jour	Total	117101 hectare	200
Blé tondre	2000Quintaux	Minoterie	800Quintaux/jour	Couverte	28825 m ²	



Fig:12. La localisation du complexe industrielle commerciale de El Harrouche (Google earth,2022)

2- CHAINE DE TRANSFORMATION DU BLE DUR EN SEMOULE

Elle est constituée des étapes suivantes :

2-1- Transport et réception de la matière première

Les camions chargés avec un mille quintaux de blé dur par jour de la part de la coopérative des céréales et légumes secs (CCLS); le distributeur officiel du blé dur dans le pays sont arrivés au complexe industriel et commercial d'El Harrouche. Le blé dur réceptionné peut être d'une variété locale ou importée. Le blé a été ensuite déchargé dans des grands silos de stockage.

Pour assurer une bonne qualité de semoule, il est recommandé de mélanger deux variétés ensemble locale et importé.

2-2- Pré- nettoyage

C'est l'élimination des grands déchets par un séparateur de grande capacité. Le séparateur est composé de deux tamis.

2-3- Premier nettoyage

Les appareils utilisés sont :

- Doseurs:** leur fonctionnement se base sur deux opérations de mesure ; assurer par la forme de l'entrée le contrôle de l'écoulement du blé dur et déterminer la quantité du blé à nettoyer ;
- Elévateurs:** sont considéré comme moyen de transport ;
- Balance:** il pèse les quantités de blé dur ;
- Canal d'aspiration:** c'est un équipement qui aspire les particules légères comme la poussière ;
- Séparateur:** cet équipement est utilisé pour séparer et éliminer les impuretés légères et les particules étrangères mélangées comme le maïs. La figure représente un séparateur



Fig:13. Vibro separateur

-Séparateur avec canal d'aspiration: c'est l'ensemble du canal d'aspiration et le séparateur

-Epieur : par principe de densité cet équipement est utilisé pour la séparation des impuretés lourdes telles que les pierres, les sables, les métaux, le verre et les boues dans le grain. Permettant de diminuer le taux de cendres, par une bonne séparation lors du nettoyage

*Contrôler Pression D'Air

*Contrôler Serrage Boulons Moteur

*Contrôler La Rotation Du Moteur

*Contrôler Réglage De Niveau

*nettoyer à l'air comprime les plaques de contrôler visuel.

La figure 14 représente un epieur à sec.



Fig:14. Épieur à sec.

-Concentrateur: permet le classement du blé dur en trois fractions ; lourde, moyenne et légère, pour faciliter l'opération du triage.

2-4-Triage du blé dur

-Première triage: trieur des grains ronds (TGR) pour l'élimination des grains ronds trouvés dans le mix ;

-Deuxième triage: trieur des grains longs (TGL) pour l'élimination des grains longs comme l'orge et l'avoine ;

-Trieur de reprise: il utilise pour récupérer les grains tombés avec le mélange ronds et longs. La quantité du blé dur récupérée représente 4% de la quantité totale reçue.

-Trieur optique: il représente la phase finale du nettoyage du blé dur, c'est un appareil équipé par des lentilles numériques, fonctionnant par principe de détection de la couleur.

La couleur différente sera éliminée par impulsion d'air. Ensuite le blé est dirigé vers l'étape suivante.

La figure 15 représente un trieur alvéolaire.



Fig:15. Trieur alvéolaire.

2-5- Mouillage

C'est le processus d'ajout d'eau au blé dur pour augmenter la teneur en eau (humidité) aux normes au bout de 14,5 et 15,5 %. Ceci afin de faciliter le processus de broyage et l'extraction de la pulpe. Cette opération est faite par un appareil de mouillage qui fonctionne en ajoutant la quantité d'eau nécessaire après l'enregistrement de l'humidité initiale du blé dur. La quantité d'eau est ajoutée selon la formule suivante :

$$\text{Quantité d'eau ajoutée à la première fois} = (\text{Humidité finale} - \text{Humidité initiale}) \times \text{Densité}$$

Le mouillage est fait à travers les deux phases :

- Premier mouillage:** addition de deux-tiers (2/3) de la quantité d'eau nécessaire.
- Deuxième mouillage:** c'est un mouillage de correction dont le reste de la quantité d'eau est ajoutée pour fixer le taux d'humidité. Les normes d'humidité doivent être entre 15 et 16%. Après chaque mouillage, il y a un temps de repos c'est le temps nécessaire pour permettre au blé dur d'absorber de l'eau.

- Le premier temps de repos :** est entre 16 à 20 heures

- Le deuxième temps de repos:** est entre 4 à 8 heures

Cette opération est faite dans des silos de mouillage.

2-6- Deuxième nettoyage

Le blé passe à travers un appareil appelé brosse de blé, cet appareil épiluche les grains de blé et retire une partie de l'enveloppe extérieur. Cette machine se compose des pièces rondes

qui sont placées les unes sur les autres et tournent avec une vitesse forte à l'intérieur d'un cylindre métallique, ensuite le blé dur est dirigé directement vers le processus de broyage.

2-7- Broyage

Le processus de broyage est effectué avec des appareils appelés appareils de broyage. Ils sont constitués de deux cylindres les uns sur les autres, ils tournent à des vitesses différentes dans le sens opposé pour permettre l'ouverture et la fissuration du grain de blé dur, les grains de blé sont transportés par le transportateur aérien directement au tamis, ces tamis sont composés d'un ensemble de pièces placées les unes sur les autres. Des ouvertures larges aux ouvertures fermées permettent le tamisage, la quantité du produit qui ne passe pas par les trous du tamis et reste au-dessus représente le premier groupe qui est dirigé directement vers le dispositif de broyage, le produit qui passe par les ouvertures représente le deuxième groupe qui est dirigé vers d'autres appareils appelés les sasseurs.

Principe de fonctionnement de Broyeur :

Utilisé pour moulin et écraser le grain dans les Semouleries. Rouleaux d'alimentation à vitesse ajustable automatiquement. L'arrêt d'alimentation, du produit désengage le contact entre les rouleaux et les empêche de se toucher pour les préserver de l'usure et de l'échauffement. Dispositif d'écartement à ressorts protégeant les surfaces des cylindres des corps étrangers. L'écartement entre cylindres est commandé par pistons et vannes pneumatiques. Supportés par des roulements à rouleaux radiaux, l'entraînement des cylindres se fait par courroies, fonctionnant chacun avec deux moteurs de différentes puissances. Le corps du châssis principal est en matériaux composites renforcés. la figure représente l'appareil de broyage –Broyeur-.

La figure 16 représente un appareil à cylindres (broyeur)



Fig.16: Appareil à cylindres (broyeur)

Plansichter :

Utilisé pour tamiser les grains cassés et les produits farineux en fonction de leurs tailles granulométriques, permettant de classifier les blés moulus en farines, semoules et son. Les Caisses des tamis sont en contreplaqué de hêtres, leurs surfaces en plaques formica et les

fonds en inox. Les portes de compartiments sont étanches et assurent une isolation renforcée, permettant un tamisage et un calibrage aux normes.

La figure représente un plansichter

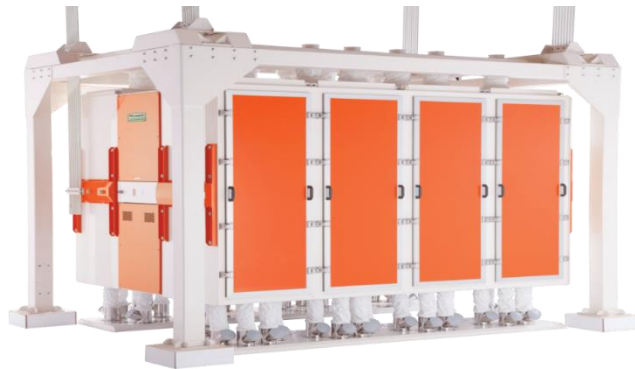


Fig.17: Plansichter

-Sasseurs

Il se compose d'un ensemble de tamis placés les uns sur les autres, équipé d'un canal d'air, il purifie le produit des particules de son et extraire le produit finis la semoule, il travaille également sur la classification du produit en fonction de la taille granulométrique et les grains de semoule. La quantité de la semoule dont les grains sont de grande taille sont envoyés directement aux autres appareils de broyage appelés réducteur

Principe de fonctionnement du Sasseur :

Utilisé pour nettoyer et classer les semoules en minimisant leur teneur en cendres et en farines. Le produit s'étale uniformément sur le tamis filtrant, le son de blés et les farines attachés à la semoule sont séparés par aspiration d'air. La semoule nettoyée et séparée, est alors classée par différents étages de tamis en fonction de sa granulométrie, puis renvoyée vers l'appareil à cylindre pour être écrasée.

La figure représente un sasseur.



Fig.18: Sasseur

-**Réducteur** : il agit sur le broyage des grains de blé dur et la réduction de sa taille granulométrique

- Désagrégeurs

Les granulés de semoule dans les, quels des parties du son reste attaché sans dirigé vers cet appareil.

2-8-Autres appareils utilisés dans le processus de transformation

En trouve déautres appareils utilisées dans la chaine de transformation, parmi ces équipements en site :

Ventilateur pour circuit pneumatique

Utilisé pour l'aspiration des produits granuleux et farineux par air sous haute pression des appareils à cylindres, avec son rotor équilibré et un accouplement directe à l'axe d'entraînement du moteur permettant un très bon équilibrage statique et dynamique pour un fonctionnement à vibrations très réduites. La figure représente un ventilateur pour circuit pneumatique.



Fig.19: Ventilateur pour circuit pneumatique

Filtre électronique a manches

Construction métallique renforcée, à Fond conique et une chambre cylindrique équipée d'un ensemble de Manches filtrantes, dont la décantation est assurée par injection électro-réglée d'air comprimé à travers ses électrovalves. La figure représente un filtre électronique a manches.



Fig.20: Filtre électronique a manches

Ensuite chaque produit est transporté par des transportateurs aériens au processus de tamisage et d'extraction des produits finis.

Les produits qui sont obtenus après le tamisage finale sont :

- Semoule extra grosse et moyen **SGM**
- Semoule super sassé extra **3SE** qui est utilisé pour la fabrication des pâtes alimentaires.
- semoule sassé super fine **3SF**
- Farine du blé : elle est envoyée au chambres de stockage à revendre aux magasins et boulangeries.
- Son : vendu pour nourrir le bétail

2-9- Conditionnement et stockage

La semoule est pesée puis mise dans des sacs de :1kg, 5kg, 10kg et 25kg pour la distribution et la commercialisation. Le diagramme suivant représente les étapes de la chaine de transformation du blé dur en semoule qui sont suivis au complexe d'El-Harrouche.

La figure représente un Transport et réception de la matière première

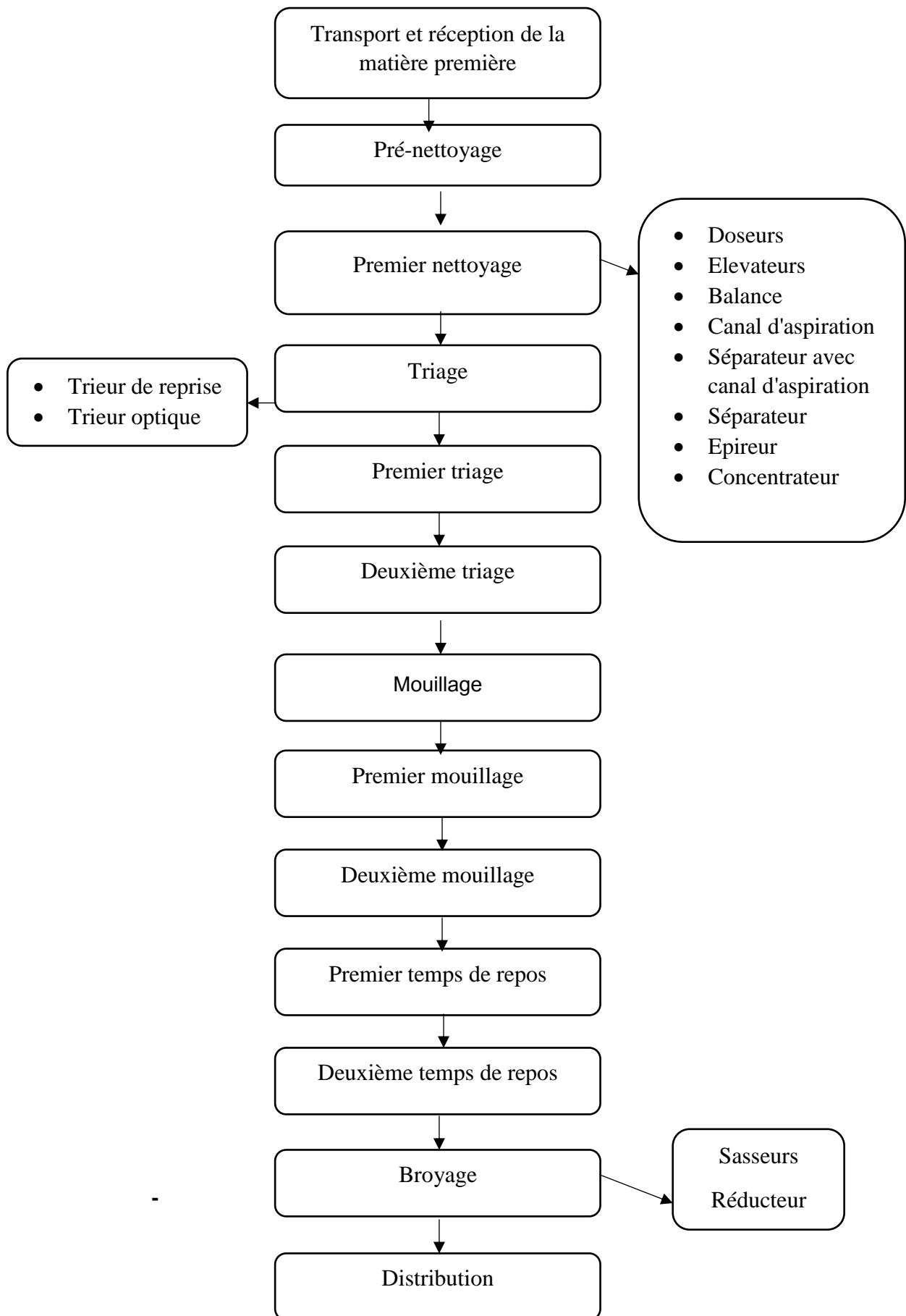


Fig.21: digramme représente la chaîne de transformation du blé dur en semoule au niveau du CIC.

3-CONTROLE DE QUALITE

3-1-Analyses de la matière première blé dur

Toutes les analyses qui sont faites dans le complexe industriel et commercial d'El Harrouche sont basées sur les normes apparues dans le journal officiel algérien 1988 et le guide de contrôle de qualité 1984.

3-1-1-Les analyses physico-chimiques

• Poids à l'hectolitre

Définition

La masse à l'hectolitre correspond à la masse du blé contenu dans un hectolitre rempli de grains, d'impuretés et d'air interstitiel (*J.O, 1988*).

Principe

-Ecoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient d'un litre et pesée

Appareillage

-Balance de précision Type Nilimalitre

-Une trémie cylindrique

-Un cylindre mesureur d'une capacité d'un litre.

-Un couteau raseur pouvant coulisser dans glissière située à la partie supérieure du cylindre mesureur mesure.

Expression des normes Pour une même catégorie de blé, l'humidité exagérée a baissé notablement le P.HL. En règle générale, le blé est plus lourd après nettoyage.

Le tableau 12 représente les normes de la mesure du poids à l'hectolitre.

Tableau 12 : Les normes de la mesure du poids à l'hectolitre

BLE DUR PHL	Qualité du blé
82 à 85 kgs	Première qualité
79 à 81.90 kgs	Seconde qualité
En dessous de 79 kgs	Troisième qualité

• Poids de mille grains (*guide manuel de contrôle, 1984*)

Définition

La détermination du poids de 1000 grains exprimée en matière sèche fournit une bonne évaluation du degré d'échaudage d'un blé à condition de connaître la grosseur moyenne de la variété étudiée. (*Guide manuel de contrôle, 1984*)

Principe : On détermine en gramme la masse de 1000 grains entiers par comptage de 30 gramme de blé

Appareillage

- Compte grains Numigral
- Balance de précision 0.01g

Mode opératoire

- Peser environ 30 gramme de blé
- Eliminer exactement (tout ce qui n'est pas grain entier)
- Peser exactement le poids $p(g)$ de grains entiers.
- Compter le nombre N de grains entiers à l'aide de l'appareil Automatique NUMIGRAL.
- Déterminer l'humidité H de l'échantillon.

Classification

Tableau 13 : Les normes de poids de mille grains

De 80 à 60 g	gros blés
De 55 à 35 g	blés moyens
De 30 g en dessous	petits blés

- **Taux d'impureté**

Définition

Le taux d'impuretés est déterminé au 0.1%, les impuretés sont définies comme matières qui dans un lot de grains, ne correspondent pas à une norme de qualité fixée sous le régime de la présente loi pour un grade donné de ces grains. Les impuretés sont extraites en suivant la procédure de nettoyage et l'échantillon est désigné comme un échantillon non nettoyé ou sale. Les échantillons officiels devraient peser au moins 1 kg (*J.O, 1988*).

Appareillage

- Tamis Acier INOX



Fig.22: Tamis Acier INOX

Mode opératoire

-En ajoute les grains de blé dur dans le tamis dans le sens d'un mouvement circulaire pendant 30 secondes, les impuretés sont séparées du blé. Après en pèsent les impuretés, le résultat est exprimé en gramme.

3-2-Analyses du produit fini la semoule

3-2-1-Les analyses biochimiques

• Dosage du gluten

Réactifs et appareillage

Solution de chlorure de sodium à 2.5%

Tamis en nylon

Spatule

Mode opératoire

-Introduire dans le mortier 10g de farine, ajouter 5.5ml d'eau sal

-Pétrir au bout de 2 à 3 mn, de façon à obtenir une pate homogène

-Laisser reposer pendant 10 mn

-Malaxer le pâton sous un mince filet d'eau, en le plaçant au- dessus du tamis destiné retenir les fragments du gluten e entraînés.

-L'amidon est éliminé le gluten se soude lui-même.

-Récupérer le gluten tombé sur le tamis.

-Essorer le gluten en le comprimant fortement, entre les paumes de la main.

-Peser le gluten humide, place le dans l'étuve.

3-2-2-Les analyses physico-chimiques

• Granulométrie taux d'affleurement

Définition

On l'appelle " taux d'affleurement la quantité de semoule extraite ou refusée par un tamis dont les ouvertures des mailles est choisie en fonction de la finesse du produit considéré (J.O,1988).

Appareillage

-Plansichter de laboratoire

-Balance de précision

-Tamis: Deux modes de numérisation du tissu blutan sont utiliser:

-Le premier tamis est basé sur le nombre de mailles en pouces français (27.7mm pour la soie) de (27.77 mm pour le métal) ; Exemple: tamis 44 ; tamis 90 ; tamis 120 etc.

MATERIELS ET METHODE

-Le deuxième tamis est basé sur une désignation arbitraire par numéro

Exemple :5.70 - 10 -14 etc.

Cette numérisation est d'origine Suisse et surtout utilisée pour les tamis à farine

Exemple : 10X ;10XX ;10 XXX .

Mode opératoire

-Introduire dans un tamis 100g de produit.

-Fermer par le couvercle et une boîte réceptrice inférieure, imprimer au tamis un mouvement oscillatoire pendant 10mn.

-en fin d'opération, ouvrir les tamis et procéder au pesage des refus de chaque tamis.

• Dosage de l'humidité (J.O, 1988)

Définition

L'humidité représente la quantité d'eau en grammes perdue par 100 grammes de produit dans les conditions particulières et sous transformation chimique de ce produit. Cette eau se compose de : L'eau libre ; l'eau d'absorption ; l'eau de composition

Principe

La détermination se fait par séchage à 130° à pression atmosphérique normale.

Appareillage

-Etuve HERAEUS avec vases en métal non attaquable muni d'un couvercle

-Balance de précision (0.1 mg)

-Broyeur

-Dessinateur à plaque métallique ou en porcelaine contenant de L'anhydride phosphorique (p2 o5) ou autre déshydratant.



Fig.23 balance analytique



Fig.24 dessiccation

Mode opératoire

Les essais doivent être fait en double.

- Prendre le nombre nécessaire de capsules et faire leur Dessiccation à l'étuve)15 min à la température de 130°).
- Refroidir ces capsules dans un dessiccateur (20 mn à peu Près).
- Peser le vase vide poser sur son couvercle soit p1 son poids (Le vase doit être manipulé avec une pince et non avec les doigts)
- Peser alors 5 grammes de produit broyer à 0.2 mg après soit p2 = poids du vase vide + 5gr.
- Introduire le vase placé sur son couvercle dans l'étuve (température comprise entre 130 et 133° C.
- Il faut manipuler les capsules à l'aide de la pince et non avec les doigts Le temps d'étuvage écoulé, retirer la capsule et la placer le dessiccateur ou elle restera jusqu'à la température du laboratoire (environ 30 min). La peser ensuite.

• Taux De cendres

Définition

Les cendres constituent le résidu obtenu après incinération à 900°C. Exprimé en pourcentage en masse (*J.O, 1988*).

Principe

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de 900 +25 C jusqu'à combustion complète de la matière organique et pesée du résidu obtenu.

Réactifs

- Ethanol,solution à 95%

Appareillage

Broyeur

- Balance analytique
- Dessiccateur
- Creusets en porcelaine, silice ou quartz
- Four électrique muni d'un dispositif de contrôle de la température.
- Pince en acier inoxydable.

Mode opératoire

- Afin d'obtenir une incinération Uniform, humecter la prise d'essai (5g) dans le creuset avant la préinciération, au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.
- Placer le creuset à l'entrée du four jusqu'à ce que matière s'enflamme.

-Poursuivre l'incinération jusqu'à disparition des particules charbonneuses et obtention d'une couleur gris clair ou blanchâtre.

• Taux de mitadinage

Définition

Le taux de mitadinage (exprimé en %) indique le nombre de grains partiellement ou totalement farineux dans un lot de grains .la détermination du taux de mitadinage s'effectue manuellement.

Mode opératoire

-L'expérience consiste à déterminer le taux de mitadinage d'un échantillon de 50 grains, chaque grains est coupée en deux parties grâce au Farinotome de Phol, la présence de la moindre tache farineuse entraine le classement des grains en mitadinés . La figure représente une



Fig.25: Farinotome de POHL

3-3- Analyses organoleptique

Les résultats de cet examen peuvent être :

- **Au toucher** : sec, lisse, coulant, lourd, ou au contraire humide.
- **A la vue** : coloration homogène, claire, blanc jaunâtre, jaune rougeâtre, aspect, bombé ; rempli, brillant ; sillon peu profond (ou allongé, ridé, terne, accusé, surface ponctuée, trouée, grain vidé etc...)
- **A l'odorat** ; odeur fraîche (ou désagréable, de moisi, ded'agents conservateurs etc...)

- **Au gout** : agréage avec cassure farineuse pour le blé tendre ou cornée et vitreuse pour le blé dur (ou désagréable parfois douceâtre dans les blés germés, consistance molle ou pâteuse dans les blés très humides etc...)
- Entraînant la conclusion de blé sain ou humide (parfois moisi, mycélium blanchâtre ou verdâtre), moucheté (bouté, avechoupes noircies, cliques de caries), germés (pointe lancéolée du côté opposé à la brosse), : échaudé (grains petits à cassure vitreuse ou vidés ayant subi une chaleur intense : sèche prématuré) : échauffé (en sacs ou en magasin avec odeur alcoolique) : graissé
- (Grains lisses, luisants, tachant le papier buvard) : attaqué par les rongeurs
- (Grains rongés, salis, malodorants), par l'insecte en magasin (charançons et teignes) ou dans les champs : alucite (blé piqué) et anguille (blé nielle), par les champignons (ergot, rouille, charbon, charbon carié).
- Les avaries et les altérations ressortent dans le pourcentage des éléments d'appréciation de la netteté du blé.

- **Netteté** :

Evaluer la netteté (charges, avaries et altérations du blé) par passage au crible à céréales (N°9 et 12) triage à la main.

Les résultats obtenus sont différenciés en :

-Nutritives (céréales : orge, seigle avoine, légumineuses : vesces et gesses comestibles)

-Inertes (coquelicot, pied d'alouette, renoncule, moutarde, lin, peigne de vénus)

-Nuisibles (ivrais ; nielle, mélampyre, ravenelle, gratteron, fenugrec, ali, ergot)

-Criblures nettoyés ou petit blé (grains petits, sains et brisures) Déchets divers ou criblures sans valeur.

(Grains avariés : boutés, piqués, germés, moisiss).

(Glumelles, pailles, débris généraux, animaux et minéraux)

RESULTAT ET DISCUSSION

RESULTAT ET DISCUSSION

Notre travail a pour but d'évaluer la qualité du produit fini la semoule de blé fabriqué au sein du complexe industriel et semoule El Harrouche dans la Willaya de Skikda. en le passant aux différents analyses physico chimique et technologique au la boratoire du contrôle de qualité d'El Harrouche et aussi suivre la chaine de transformation technologique du blé dur en semoule les résultats des tests sont comparés aux normes recommandés pour déduire la qualité.

1-CHAINE DE TRANSFORMATION DU BLE DUR EN SEMOULE AU NIVEAU DU CIC D'EL-HARROUCHE

La chaine de la fabrication de la semoule du blé dur dans le complexe industriel et commercial d'El-Harrouche est présentée comme suite

1-La section de la réception du blé dur



2-La section de nettoyage du blé dur



3-la section du conditionnement du blé dur



4-La section de production du blé dur



5-La section du broyage du blé dur



6-La section du tamisage du blé dur



7-La section du sassage du blé dur



8-La section du stockage du produit fini**Fig. 26: Caine de fabrication du blé dur****2-CONTROLE DE QUALITE****2-1-Analyses physico-chimiques****2-1-1- Analyses, du produit finis la semoule****• Teneur en eau (humidité)**

Prélèvement des échantillons

Sachons que l'humidité initiale du blé dur est déjà connue car elle arrive avec les données en relation avec le blé dur dans l'étape de la réception de" la matière première , alors dans le laboratoire du complexe d'El-Harrouche , on mesure seulement l'humidité de la semoule pour la connaitre et la régler si nécessaire .

Les échantillons sont pretes deux fois : durant le processus de la mouture dans le point avant le premier broyage et avant le stockage 1kg de semoule est pris comme une échantillon, en utilise 5g chaque fois pour la mesure de l'humidité de la semoule.

Le tableau 14 représente le résumé des résultats de la mesure de l'humidité pour le blé dur.

Tableau 14: Résumé des résultats de la mesure de l'humidé

Normes d'essais	1 ^{er} essai	2eme essai	3eme essai	Les normes selon (J.O.1988)
Teneur en eau (%) du semoule	14,3%	14,8%	15%	Entre 14,5% ET 15,5%

Pour la semoule du blé dur selon les normes l'humidité doit etre comprise entre 14.5% et 15,5%

- Les résultats present dans la durée de trois jours sont conforment aux normes.

• Granulométrie (taux d'affleurement)

Chaque tamis nous donne un type de semoule

On a obtenu trois catégorie de semoule classés par la forme

SGM : semoule gros moyen

RESULTAT ET DISCUSSION

3SF : semoule sassy super fine

3SE : semoule sassy super extra

Son du blé dur et farine du blé dur



Fig. 27: Granulométrie et classement du blé dur

• Taux de gluten

Les analyses du taux de gluten sont exprimées selon les normes du journal officiel ,1988.

Tableau 15 : les analyses du taux de gluten

semoule	1 ere essai	2 eme essai	3eme essai	Les normes selon le J.O (1988)
Gluten sec	8,2	9,5	8	Entre 8 et 14

On déduire que les résultats sont conformes aux normes recommandé.

2-1-2- Analyses de la matière première le blé dur

• Masse à l'hectolitre

La masse à l'hectolitre est égale à : $PS = m + 100/1000$

- Le tableau suivant représente le résumé des résultats de la mesure du poids à l'hectolitre du blé dur.

Tableau16 : Les résultats de la mesure du poids à l'hectolitre

	Mesure de la masse à l'hectolitre	Masse à l'hectolitre du blé dur selon (J.O.1988°)
1 er jour	80,40 kg/hl	Seconde qualité
2eme jours	79,40kg/hl	Seconde qualité
3eme jours	80,30kg	Seconde qualité

- On peut remarquer d'après les résultats que les mesures faites dans le laboratoire dans trois jours d'essais font partir de l'intervalle de la deuxième qualité du blé dur

RESULTAT ET DISCUSSION

c'est-à-dire entre 79 et 81,90kg/hl donc le poids spécifique selon les normes est de seconde qualité.

• Poids de mille grains(PMG)

On classifie le blé dur selon le poids de 100 grains en trois catégories, le tableau résume les intervalles de classification selon les normes.

Tableau 17 : Classification du blé dur selon le poids de 1000 grain

PMG (grammes)	Type du blé
60-80	Gros blés
35-55	Blés moyens
En dessous de 30	Petits blé

Le tableau suivant résume les résultats de la mesure du poids de 1000 grains en laboratoire du complexe, on a pris trois essais.

1 ^{er} essai	2eme essai	3eme essai	Moyenne
49,82	50,45	54	60.50

- On a trouvé pour le poids de mille grains une moyenne de 60,5 grammes donc l'échantillon est classée sous la catégorie Gros blé

• Taux de mitadinage

Tableau 18 : Les normes du taux de mitadinage

De 0 à 10	Vitreux
De 10à 20	Semi vitreux
Plus de 35	mitadiné

Selo les normes du guide de contrôle de qualité On a fait trois essais pour une quantité de grains de blé différents à chaque fois, les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau suivant

1ere essai	2eme essai	3eme essai
11,51%	12,3%	15,2%

On remarque que les échantillons prêtent sont classées dans la catégorie des blés semi vitreux selon les normes apparus dans le guide de contrôle.



**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE:

Dans notre travail nous avons essayés d'évaluer la qualité du produit finis la semoule de blé dur fabriqué au sein du complexe industriel et commercial El-Harrouch willaya de Skikda en le passant aux différents analyses physico-chimique et technologique au laboratoire du contrôle de qualité d'El-Harrouche et aussi suivre la chaine de transformation technologique du blé dur en semoule.

Pour cela nous avons déplacés au CIC d'El-HARROUCHE pour évaluer la qualité et nous avons déplacé an CIC d'El Harrouche pour suivre la chaine de transformation du blé dur en semoule à partir des analyses qui ont été fait au cours du processus de fabrication de la semoule de blé dur les analyses physico chimiques ont été effectués sur ces derniers dans le laboratoire les résultats obtenus sont les suivants : le ph dans les trois essais est de 14,3% et 14.8% et 15% donc ils sont conformement aux normes ; le taux de mitadinage dont les résultats a montés que tous les échantillons sont classées dans la catécogie des blés semi vitreux selon les normes;le PMG trouvé est de 60,5 grammes donc il est classé sous la catégorie des gros blés et le pods spécifique selon les normes est de seconde qualité .

D'après les résultats d'analyses obtenues le produit finis est conforme aux normes internationales donc il est jugé de bonne qualité

Prespectives :

-Malgré que l'industrie de transformation sert à avoir le produit finis la semoule mais cette dernière est carrencée en vue de l'élimination du son de blé dur lors de la chaine de transformation et ceci est parmi les inconvinients du raffinage.

-La relation entre la variété et le produit fini la semoule est une vue très importante aux industrie pour la considérée.

A

1. **ABECASSIS J. (1987)**. La mouture d'essai du blé dur : Recherche et applications industrielles. Mémoire d'ingénieur. Ed. Ecole nationale supérieure de meunerie et des industries céréalières. 158p.
2. **ABECASSIS J., (1991)**. La mouture du blé dur. In, les industries de première transformation des céréales. (in *GODON B. et WILLM C.*).Ed. Tec et Doc- Apria .362-393p.
3. **ABECASSIS J., (1997)**: Appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et pastification ; in : « Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales ». éd. Tec & Doc LAVOISIER. Paris, p. 746-748, 765-773.
4. **Aboukhadour R T., Kelly T. Et Stephen E., Strelkov., 2013**. Race structure of *Pyrenophara tritici-repentis* (tan spot of wheat) in Alberta, Canada Canadian Journal of plant pathology.(35).256-268.
5. **ADRIAN L., et REBACHE H., (1996)**. Caractéristiques et intérêt des enzymes. Revue de l'apic, industries des céréales.
6. **AIT-SLIMANE S., (2008)**. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat Option : Biologie végétale et Amélioration des Plantes, Université de Annaba. 151 p.
7. **ALAIS C., LINDEN G., et MICLOT L., (2003)**. Biochimie alimentaire.Ed. MASSON. 245p.
8. **AMIR Y., DJABRI D., GUELLIL H., YOUYOU A., (2004)**. Influence of environmental factors on the quality of wheat grown in north Algeria, JFAE (Finland). 2(2) .315-319 p.
9. **Anonyme,2005**.Profil de la culture du blé au Canada .Centre pour la lutte anti parasitaire .Programme de réduction des risques liée aux pesticides .Agriculture et agroalimentaire Canada 36 p
<http://www5.âge.GC.Ca/ressources /prod/doc/prog/prrp/pdf/wheat-f.pdf>
10. **Anonyme,2007**. La gestion des principales maladies foliaires des blés. Syngenta. Notice technique 5,4 p.
11. **Anonyme, 2008**. Maladies et insectes des céréales en Algérie syngenta. Guide de champion.
12. **Anonyme b, 2012**. Protection intégrée du blé une stratégie gagnant 1-7.
<http://www.agriculturen.pdf.Fm/fileadmin/document/publication/prod végetales/protection-intégrée.pdf>.
13. **Anonyme, 2014**.Problématique de la fusariose des céréales en Algérie identification des espèces et leur répartition dans les zones potentiellement céréalières.Bulletin d'information phytosanitaires N 33. Infos phyto. INPN.3p.
14. **Aouali. S et Douici-Khalfi A,2009**. Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie: symptômes' développement et moyens de lutte : ITGC, El Harrach, Alger .56p.

15. **APFELBAU M., APERTMULER L., FORAT G., BEGON M., et NILLUS P.,** (1981). Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition. Ed. Masson, Paris. 615 p.
16. **Auberet C,1977.** L'agriculture biologique pourquoi et comment la pratique.4 ème Ed. Agridéasion. Paris, 383p.

B

17. **Ballios N., 2012.** Caractérisation de la diversité des espèces de fusarium et de leur potentiel mycotoxinogène sur céréales français Master fage biologie et écologie pour la forêt, L'agronomie et l'environnement spécialité. BIPE.36p.
18. **Belaid DJ., 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne offices de publication universitaires. 203p.
19. **BENBELKACEM A., BRINIS L., et SADLI F., (1995).** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. (Options Méditerranéennes CIHEAM, Série A, Séminaires Méditerranéen. 61-65 p.
20. **Benslimane H., Lamari L., Benbelkacem A., Sayoud R. Et Bouznad Z., 2011.** Distribution of races of *Pyrenophora tritici-repentis* in Algeria and identification of a new virulence type. *Phytopathol. Mediter.* 1-9.
21. **BERHAUT P., BRAS A., NIQUET G., et GRIAUD P., (2003).** Stockage et conservation des grains à la ferme, ARVALIS, Institut du végétale, Ed. Tec et Doc, Paris. 108 p.
22. **Besri M, 1989.** Etat sanitaire des semences de blé et d'orge utilisées au Maroc, céréales en régions chaudes AUPELF- UREF, Ed John le bbeuy Euro texte. Paris.85-94.
23. **Bonjean AP, Angus, Ginkel M.Van ,2016-the world book :A history of wheat Breeding ,Paris :Lav ,vol 30 .**
24. **BOUDREAU A ET MENARD G., (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et. Éd. Les presses de l'université de LAVAL. Québec, p 29, 32, 34, 101, 102, 131, 173, 197.
25. **Boulal.H,Zaghouane ,El mourid Met Rezguis.2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, et Tunisie). Co édition ITGC/INRA/ICARDA.176p.
26. **BOULLARD B., (1997).** Dictionnaire : Plantes et champignons. Éd. ESTEM, paris, p.151.
27. **Brigitte Mahaut,** institut technique des céréales et des fourrages in :blé dur objectif qualité ,analyse p 28-31.

C

28. **CALVEL R., (1984).** La boulangerie moderne. Ed. EYROLLES. Paris. 460 p.
29. **CHERDOUH A., (1999).** Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés durs Algériens (*Triticum durum* Desf.) : relation avec la qualité. Thèse de magistère, Université de Constantine, Algérie. 73 p.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- 30. CHRISTELE-ICARD V., (2000).** De la semoule du blé dur aux pâtes alimentaires : évènements physiques et biochimiques. Industries Agricoles et Alimentaires. 117
- 31. G.et Prats J 1970.**les céréales. Collection d'enseignement agricole .2ème Ed 351 p.
- 31. Clement -Grand court M. Et prats 1971.** Les céréales collection d'enseignement agricole 2ème Ed,Ballier France .351p.
- 32. CODEX ALIMENTARUS., (2007).** Commission du Codex Alimentarius et le programme FAO et OMS sur les normes alimentaires : Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales, norme codex pour la semoule et la farine de blé dur. Codex stan 178-1991 (rév. 1-1995).65 p.
- 33. Codon et willn, les industries de première transformation des céréales 1998 –** édition Lavoisier. P 58-61-63.
- 34. CRETOIS A., (1985).** Valeur technologique de quelques variétés de blé. Industries des céréales. 26(20). 32 p.
- 35. CRUZ J.F., (1989).** Conservation des grains en région chaudes. 2ème edition.5-13 p.

D

- 36. DACOSTA Y.,(1986) :** Le gluten de blé et ses applications. Ed : APRIA, Paris. p. 3, 20, 21, 33, 34, 56, 75.
- 37. De.B. (1989) :** Guide Pratique des analyses dans les industries des céréales, Ed Tac & Doc Lavoisier, Paris.
- 38. DEXTER et EDWARDS NM., (1998):** les incidences des facteurs de classement fréquemment détecté sur l'aptitude technologique de blé dur. Association of operative MillersBulletin. Commission canadienne des grains, p.12.
- 39. Diamond J.(2002).**Évolution ,conséquences and futur of plant and animal domestication nature 418(6898) :700-707.
- 40. Djennadi f., 2013.**Blé fractionnement de la fertilisation azotée.Bulletin des grandes culture 2.2-3.
- 41. DOUMANDJI A., DOUMANDJI B., et DOUMANDJI S., (2003).** Technologie de transformation de blé et problèmes dus aux stocks, Ed : Ophice des publications universitaires. Alger. 65 p.

E

- 42. El hadj Hammiche F., 2013.** Problématique. 1ér work shop international sur la fusariose des céréales en Algérie. INPV Institut National de la Protection des Végétaux SYNGNTA.
- 43. Eliard JL,1979.** Manuel d'agriculture générale.Bases de la production végétale. Ed J.B Baillière 344p.
- 44. E. trentaseur,** directeur du CRCERPAL groupe DANONE,du blé dur pâtes ,1996 p20.

45. **E-trentesaux .C Recrpal**, technologie du blé dur aux pâtes in :ITCF 1996 :blé dur objectif qualité p 19.
46. **Ezzaliri B.,2001**. Les maladies du blé identification, facteurs DZ développement et méthodes de lutte. Transfert de technologie en Agriculture Bulletin mensuel d'information et de liaison du PWTA77.4p.

F

47. **FAO ., (2005)**. Site des données statistiques de la FAO: www.faostat.fao.org.
48. **FEILLET P., (1986)**. L'industrie des pâtes alimentaires : Technologies de fabrication, Qualité des produits finis et des matières premières. Ind. Agric. Aliment. (103). 979-98 p.
49. **FEILLET P., (2000)**. Le grain de blé : composition et utilisation. Ed .INRA. 57-281-303-308 p.
50. **FOURAR R., (2011)**. Cours « Agréage et contrôle de qualité » 3eme année technologie des céréales. Département Agronomie, Université Saad Dahlab, Blida.
51. **FRANCONIE H., (2010)**: Couscous, boulgour et polenta : Transformer et consommer les céréales dans le monde. Edition Karthala, paris, p.427.
52. **FREDOT E., (2005)**. Connaissance des aliments. Ed. TEC et DOC. Lavoisier-Paris. 157-199 -397 p.
53. **FREDOT E., (2012)**. Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3ème édition, Lavoisier, Tec & Doc, Paris. 613 p.

G

54. **Gate Cp., Jezequel S., Chastillon P., Braunp. Et Là on de Jp., 1996**. Pour garantir la production bien remplir le grain et limiter le mitadinage In :Braunp.et Hébrard J.P (Eds).Blé dur objectif qualité. Ed.ITCF.Paris .36-34.
55. **Gate P .Et GimbanM .2003**. Stades du blé.Édition ITCF,Paris 68p.
56. **GERRARD M., BOUDREAU A., BOULET M., GOULET J., MARTEL R., POULIOT Y., et SIMARD R., (1996)**. L'homme et ses aliments. Initiation à la science des aliments. Les presses de l'université Laval. 2ème edition.250p.
57. **Guide de bonnes pratiques d'hygiène**, industrie de la semoulerie de blé dur : chapitre 1 le blé dur une matière première stratégique éditions du journaux officiel, version 2012 édité par DILA N 5912.

H

- 58. HEBRARD J.P., (1996).** Blé dur: objectif qualité, nutrition des pâtes épatantes.
Document édité à l'occasion du colloque: perspectives blé dur, Toulouse, Labège,
organisé par: ITCF-ONIC-INRA- ITCF. 6-7 p.
- 59. Hébrard JP.nutrition des pâtes épatantes ITCF 1996.**Blé dur objectif qualité France p 6-51.

I

- 60. International des céréales :** marché du blé dur France union européenne, monde édition janvier (2020).
- 61. I.P.M.E.D, (2017).** Institut de Prospective Economique du Monde méditerranéen. Blé dur : De l'organisation des filières à la structuration d'un réseau méditerranéen. (18).
4 p.

J

- 62. Jlibene M., 2011.** Option génétiques d'adaptation du blé tendre au changement climatique que.Variété à résistance multiples : sécheresse cécidomyie, septoriose, rouilles Brune et Jaune. Institut National de la recherche agronomique édition. Dic63p.
- 63. JINTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P., et BRULE G., (2006).**
Science des aliments biochimie, microbiologie, procédés et produits, Ed .Tec et Doc Lavoisier.Paris. volume(1). 381 p.
- 64. JINTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P., et BRULE G., (2007).**
Science des aliments biochimie, microbiologie, procédés et produits, Ed .Tec et Doc Lavoisier,
Paris, volume(2),383 p.

K

- 65. KELLOU R., (2008).** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité qualité-méditerranéen le cas coopérative sud céréales, groupe coopératif accitan et Auecoop, Thèse de master en science IAAMM .université de Montpellier. 160 p.
- 66. KIGER J.G., (1967).** Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime. Ed .DUNO, Paris. 676 p.
- 67. Kislev M.(1984).** Emergence of wheat agriculture paléorient 10(2) :61-70.

- 68. KUMAR P., YADAVA R.K., GOLLEN B., KUMAR S., VERMA R.K., et YADAV S., (2011).** Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat. Life Sciences and Medicine Research, LSMR-22.

L

- 69. Lamari L., Bernier CC. Et Smith RB., 1991.** Wheat génotypes that develop both tan necrosis and extensive chlorosis in response to isolates of *pyrenophora tritici* in the countries of the silk road, Canadian Journal of plant pathologie.27(3).383-388.
- 70. Lamari L., Strelkov SE., Yahyaoui A., AmedovM., Saidov M., Djunusova M. And Koichi byev M., 2005.** Virulence of *pyrenophara tritici-repentis* in the contries of the silk Road.Canadian Journal of plant pathologie.27(3),283-194.
- 71. LECOQ R .,(1965):** manuel d'analyses et d'expertises usuelles. Doin, Paris, tome 1 et 2
- 72. LOUEA,1982.**la poutassuim et les céréales .

M

- 73. MADANI M., (2009).** Qualité technologique de quelques céréales (blé tendre, blé dur, orge et triticale) C/S du laboratoire de technologie de l'ITGC. 20p.
- 74. MANUEL DE CONTROLE DE QUALITE., (1984).** Entreprise régionale Constantine des industries alimentaires céréalières et dérivées.
- 75. Masale MJ.1980.**l'élaboration Et les céréales. Chez le blé d'hiver .Influences de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote Et de la lumière .thèse doctorat .ING.INA,Paris Grignon 274p.
- 76. Mascher F., Michel V. Et Browne RA., 2005.** Sélection de variétés de blé de triticale résistance à la fusariose sur épi. Revue suisse Agric. 189-194.
- 77. Mathieu CB., Nathalie S., Denis Page au MSC. Et Sylvie R., 2012.** Pour en savoir plus sur la fusariose.7p.
- 78. MESSAADI H., et SAMAÏ S., (2016).** Etude comparative des paramètres physicochimiques, technologiques, rhéologiques et microbiologiques des différentes marques de semoule mises sur le marché de la commune de Tébessa. Mémoire de Master. Spécialité qualité des produits et sécurité alimentaire. Domaine Science de la nature et de la vie. 12 p.
- 79. Michel L., 2002.** Maladies des céréales et de la luzerne. Diagnostics, dépistage et prévention. Ministère de l'agriculture, des pêches et de l'alimentation Québec. 68 :1525-1580.
- 80. Ministère de l'agriculture et de développement rural (2018).**
- 81. Moul C,1980.** Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N 35 .«la mécanisation de l'irrigation par aspersion »,p91-92.

N

- 82. NADIAYE D.S.B., (1999).** Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux, Coopérative Autrichienne pour le développement. 61p.
- 83. NIQUE G., et LASSERAN J.C., (1989).** Stockage et conservation des grains à la ferme Guides pratiques. 50 .

O

- 84. O'Donnell K.J WARDTJ., CEIS ERDM., CORBY KISTLERH. ET AOKIT., 2004.** Genealogical concordance between the mating type locus and seven other nuclear genes supports formal recognition of nine phylogenetically distinct species with the fusarium graminearum clade. Fungal genetics and biology .41.(6).600-623.
- 85. Ounane G., Cuq B., Abecassis J., Yesli A et Ounane S.M., (2006):** Effects of physicochemical characteristics and lipid distribution in Algerian durum wheat semolina's on the technological quality of couscous. Cereal chem. Vol. 83. P: 377-384.

P

- 86. PATRICK J.F., (2006).** Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de doctorat en sciences et Technologie des Aliments. Université Laval-Québec. 293p.
- 87. PETITOT M., (2009).** Pâtes alimentaires enrichies en légumineuse. Structuration des constituants au cours du procédé : impact sur la qualité culinaire et les propriétés nutritionnelles des pâtes. Thèse de doctorat en sciences agronomiques de Montpellier. 246 p.
- 88. Philippe DC., Laurence ITAB.P., Marand S. Et skiker 2009.** Agriculture biologique. Les résistances variétales pour lutte contre la carie du blé in perspectives agricoles,50-53.
- 89. Picard E.(1988).**Sélection du blé.L'intégration des biotechnologies 48-58p.
- 90. Pirgozliev SR ., Edwards SG., Hare Mc. Et Jenkinson P., 2003.** Stratégie for the control of fusarium head blight in cereals/Europeau Journal of plant pathology. 109.731-742.
- 91. POMERANZ Y., (1988).** Chemical composition of kernel structures. Wheat : chemistry and technologi, I. 97-158 p.
- 92. POTUS J., (1994).** Les enzymes in la panification françaises. Ed .Tec et doc Lavoisier .Paris. 300 p.

93. Prescott JM., Burnett PA., Saadi EE., Ransom J., Bowman Jw., Milliano do., Singh RP. Et Bakele G., 1987. Maladies at ravageurs du blé: guide d'identification au champ. CIMMYT. Mexico., D.F., Mexico .135p.
94. Prévost P.,1990.Des bases de l'agriculture moderne.Ed la voisier Tec et Doc .Paris 262p.

R

95. Richard M., 2004. La fusariose chez les céréales dans le Canada atlantique. 1-3. http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/departments/10/pdf_agriculture/field_crops-Grandes_Cultures/FUSARI/20F3.Pdf.
96. RUEL T., (2006). Document sur la culture du blé, Ed .Educagri.18p.

S

97. Sayoud R., Ezzahiri B. Et Bouznad Z., 1999. Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb, Guide pratique. Projet Maghrébin sur la développement de Germoplasme Résistant des céréales et des légumineuses alimentaire. PNUD RAB/91/007 Maroc-Algerie Meknès Maroc.
98. SELMI R., (2000). Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. Revue Afrique Agriculture. (280) .30-23 p.
99. Shewry p (2009).what journal of expérimentale botany 60(6) :1537.
100. S.I.F.P.A.F, (2012). Syndicat des Industriels Fabricants de Pâtes Alimentaire de France.Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP dans l'industrie de la semoulerie de blé dur.(5912). 34-35 p.
101. SISSONS M.J., SOH H.N., et TURNER M.A., (2007). Role of gluten and its components in influencing durum wheat dough properties and spaghetti cooking quality. Journal of the Science of Food and Agriculture. (87)1874-1885 p.
102. SISSONS M.J., (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. Food Global Science Books.2 (2). 75- 90 p.
103. Sisou D., 2013. Développement épidémique épidémique que de la fusariose des épis de blé et conséquences des interaction entre espèces du complexe fusarien. Thèse doctorat en biologie université de Paris sud. 198p.
104. Soltner ,1980.Les grandes productions végétales collections de service des techniques agricoles. Syndicat des industriels fabrication de pâtes alimentaire de France,comité français de la semoulerie industrielle.
105. Soltner,2005.Les bases de la production végétale la plante et son amélioration.4ème Ed .collection Et techniques agricoles .248p.
106. SRIVASTAVA A.K., SUDHA M.L., BASKRAN V.K., et LEELAVATHI K. (2007). Studies on heat stabilized wheat germ and its

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

influence on rheological characteristics of dough. Eur Food Res Technol. Springer-Verlag Edition. (224). 365– 372 p.

T

107. **TALEB B., (2017).** Fabrication des pâtes alimentaires courtes au niveau de moulin AMOR BEN AMOR. Rapport de stage. 20 p.
108. **Trentesaux E., (1995).** Evaluation de la qualité du blé dur. *In : Di Fonzo N. (ed.) , Kaan F. (ed.) , Nachit M. (ed.) . Durum wheat quality in the Mediterranean region.*
109. **E.Trentesaux(1996) .C Recrpal , technologie du blé dur aux pates, In: BL2 DUR OBJECTIF QUALIT2 P.19.**
Options Méditerranéennes :Série A. Séminaires Méditerranéens. (22). 53- 59 p
110. **TROCCOLI, A., (2000)** Mini review : durum wheat quality : à multidisciplinary concept. Jour. Of Cereal Science N° 32, p. 99 - 113.

V

111. **Viaux P., 1999.** Une 3ème voie en grande culture. Environnement qualité rentabilités. Ed. Agridécisions. Paris.211p.
112. **VIERLING E., (2003).** Aliments et boissons : filières et produits. Série dirigée par GUY Leyral, 2ème édition, France. 270p.
113. **VIRLING E., (2003) .Aliment et boisson, Filières et produits, 2ème Edition. Doin .270 p.**
114. **VIRLING V., (2008).** Aliments et boissons, filières et produits, Ed. Doin. 277 p.

W

115. **Wegulo S., Jackson TA., Baen Ziger S., Carlson M. Et Hernandez J., 2008.** Fusarium head blight of wheat. 8p.
116. **WRIGLEY C., BRKES F., et BUSHUK W., (2006).** Gliadin and Glutenin: The unique balance of wheat quality (1st Edn), AACC International, MN. 3-32 p.

Y

117. **YVES H., et BUYER J., (2000).** L'origine des blés. Pour les sciences hors-série (26).
60-62 p.
118. **YVES C., (2011).** Biodiversité des céréales Origine et évolution.5 p.

Z

119. **Zahri S., Farih A., badoc A. et Douria A., 2014.** Statut les principales maladies cryptogamiques foliaires du blé au Maroc en 2013. *Journal of Applied Bio sciences* 77.6543-6549
120. **Zillinsky FJ., 1983.** Maladies communes des céréales à paille : guide d'identification. Mexico, CIMMYT. 141p.

Nom et prenom:

MEZEDJRI Djouda - MEDROUA Nouha

Thème: L'importance du blé dur dans la fabrication de la semoule**Résumé**

Notre travail consiste à évaluer la qualité du produit fins et faire les analyses du contrôle de qualité de la matière première le blé dur et le produit finis la semoule et suivre la chaîne de transformation technologique du blé dur en semoule dans le complexe industriel et commercial d'El Harrouche selon les normes internationales recommandés.

Les résultats d'analyses physico-chimiques et technologiques obtenus sont les suivants.

Le PH est de 14,5 ;14,8 et 15 dans les trois essais, alors que le taux de mitadinage donne le résultat du catégorie blé semi-vitreux ; la mesure du poids spécifique du blé dur fait partir du catégorie blé de seconde qualité :et le poids de mille grains en moyenne est de 60,5 gramme sous la catégorie de blé gros ; tous les mesures sont calculées selon les normes apparus dans le journal officiel 1988 et le guide de contrôle de qualité en 1984.

Le produit fins la semoule de blé dur dans le laboratoire du complexe jugé d'avoir de bonne qualité selon les paramètres physico-chimiques organoleptique parce que il est conforme aux normes internationales recommandés et peut se vendre au marché pour destination consommateur.

Mots clés:

Blé dur, semoule, complexe industriel et commercial EL-HAROOCHÉ, contrôle de qualité, analyse physico-chimique, technologique.

ملخص:

يتمثل عملنا في تقييم جودة المنتج الجيد وإجراء تحليلات مراقبة الجودة للمادة الأولية من القمح الصلب والسميد والمنتج النهائي ومتابعة سلسلة التحول التكنولوجي للقمح الصلب إلى سميد في المجمع الصناعي والتجاري بالحروش وفقاً للمعايير الدولية الموصى بها. نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية التي تم الحصول عليها هي كما يلي. درجة الحموضة هي 14.5 و 14.8 و 15 في الاختبارات الثلاثة، في حين أن نسبة البرينة في القمح الصلب يعطي نتيجة فئة القمح شبه الزجاجي. يتم قياس الوزن النوعي للقمح الصلب من فئة القمح ذو الجودة الثانية: ويبلغ وزن ألف حبة في المتوسط 60.5 غرام تحت فئة القمح الخشن؛ يتم حساب جميع القياسات وفقاً للمعايير التي ظهرت في الجريدة الرسمية 1988 ودليل ضبط الجودة عام 1984.

المنتج الجيد سميد القمح الصلب في مختبر المجمع الذي تم الحكم عليه بجودة جيدة وفقاً للمعايير الفيزيائية والكيميائية النظرية لأنه يتوافق مع المعايير الدولية الموصى بها ويمكن بيعه في السوق لصالح المستهلك.

الكلمات المفتاحية:

القمح الصلب، السميد، المركب الصناعي والتجاري الحروش، مراقبة النوعية، التحاليل الفيزيوكيميائية والتكنولوجية.

Groupe Industriel Agro-Industrie  EPE/SPA Filiale Céréales Constantine Complexe Industriel et Commercial El-Harrouch	BULLETIN D'ANALYSE BLE DUR	SCE agréage et pesage
		DATE : 12/04/2022
		PAGE : 1/1

BULLETIN D'ANALYSE BLE DUR LOCAL

Fournisseur : Origine : CCLS SKIKDA (silos stratégiques EL HARROUCH)

Analyse Physico-chimique	Résultat		Critère d'acceptabilité
	BDI	BDL	
Poids spécifique	/	78.000 Kg/Hl	74 – 83 Kg/HL
Poids de 1000 grains	/	40.6 g	35 – 80 g
Humidité	/	9 %	8 % - 14 %
Taux d'impuretés	/	5%	10 %
Mitadinage	/	12.54%	35 %

FICHE TECHNIQUE DE LA MATIERE PREMIERE

Journée du : 12/04/2022

Type de blé : DUR LOCAL

Période de réception : 12/04/2022

INDICATIONS DE QUALITÉ

Pourcentage d'impuretés(%): 5 %

Poids Spécifique (KG/hl) : 78.000 Kg/Hl

Poids mille grains (g): 40.6 g

Humidité (%): 9 %

	MOULIN 01		M-D-N		U: QTX
	BDI	BDL	BDI	BDL	
QUANTITE PAR JOUR	0,00	900,00	0,00	483,20	1383,20
TOTAL	0,00	7200,00	0,00	1870,80	
TOTAL BDI MOULIN+MDN	0,00				
TOTAL BDL MOULIN+MDN	9070,80				
CUMULE DU MOIS	7200,00		1870,80		
	9070,80				

Copie :

- DG
- D/exploitation
- DFC
- L'unité MOB1
- SCE Statistique

Analyse Physico-chimique	Résultat		Critère d'acceptabilité
	BDI	BDL	
Poids spécifique	/	79.800 Kg/Hl	74 – 83 Kg/HL
Poids de 1000 grains	/	41.8 g	35 – 80 g
Humidité	/	8.3 %	8 % - 14 %
Taux d'impuretés	/	4.3 %	10 %
Mitadinage	/	12.53%	35 %

03/04/2022

Analyse Physico-chimique	Résultat		Critère d'acceptabilité
	BDI	BDL	
Poids spécifique	/	78.800 Kg/Hl	74 – 83 Kg/HL
Poids de 1000 grains	/	41 g	35 – 80 g
Humidité	/	8.3 %	8 % - 14 %
Taux d'impuretés	/	4.8 %	10 %
Mitadinage	/	13.47%	35 %

05/04/2022

Analyse Physico-chimique	Résultat		Critère d'acceptabilité
	BDI	BDL	
Poids spécifique	/	80.400 Kg/Hl	74 – 83 Kg/HL
Poids de 1000 grains	/	41.7 g	35 – 80 g
Humidité	/	8 %	8 % - 14 %
Taux d'impuretés	/	4.5 %	10 %
Mitadinage	/	13.24 %	35 %

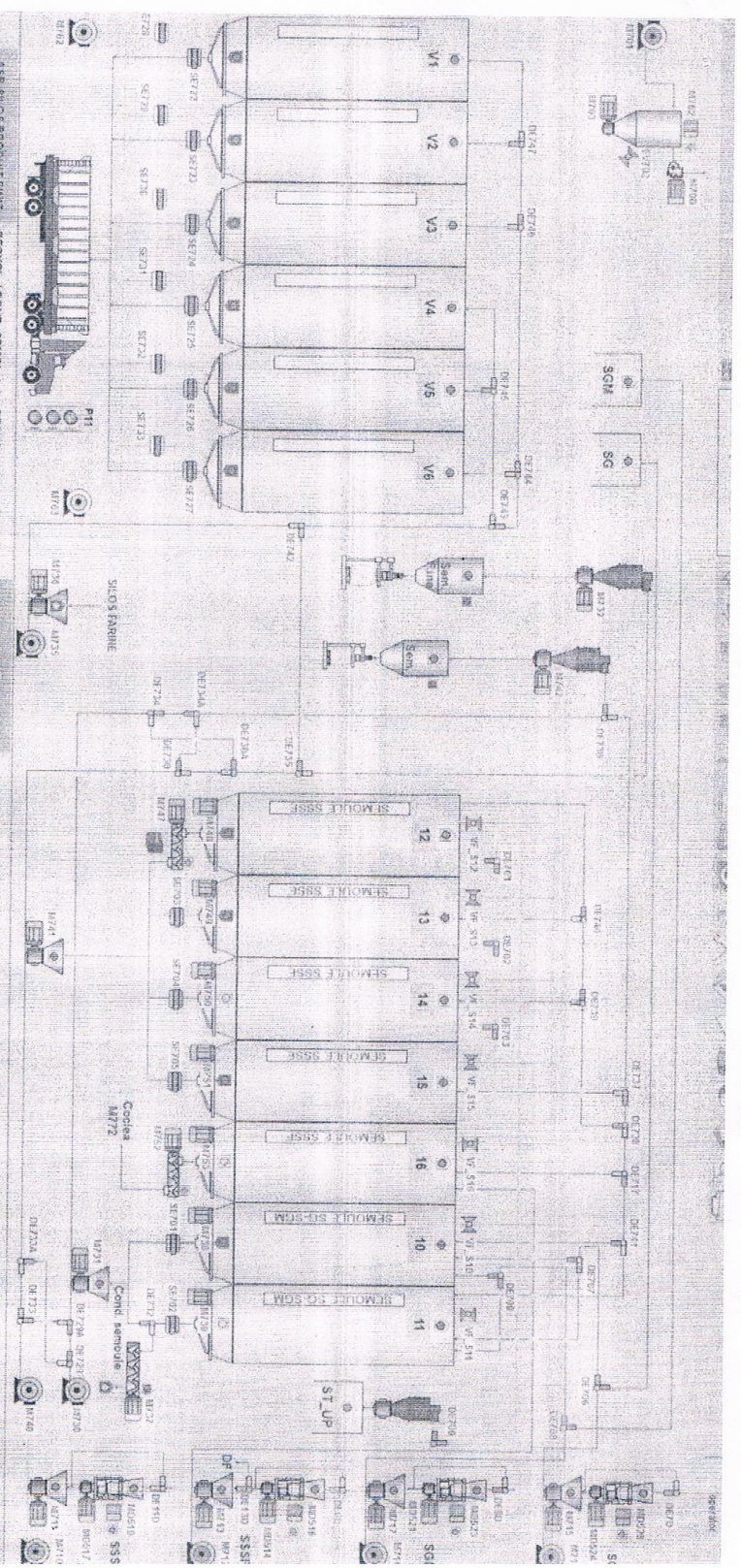
06/04/2022

Analyse Physico-chimique	Résultat		Critère d'acceptabilité
	BDI	BDL	
Poids spécifique	/	80.300 Kg/Hl	74 – 83 Kg/HL
Poids de 1000 grains	/	41.6 g	35 – 80 g
Humidité	/	8.3 %	8 % - 14 %
Taux d'impuretés	/	4.6 %	10 %
Mitadinage	/	13.76 %	35 %

10/04/2022

Analyse Physico-chimique	Résultat		Critère d'acceptabilité
	BDI	BDL	
Poids spécifique	/	79.200 Kg/Hl	74 – 83 Kg/HL
Poids de 1000 grains	/	41.1 g	35 – 80 g
Humidité	/	8.5 %	8 % - 14 %
Taux d'impuretés	/	4.8 %	10 %
Mitadinage	/	11.51%	35 %

11/04/2022



ASPI SILOS SOUS-PRODUITS **REC. / COND. SEMOL. L.1** **REC. / COND. SEMOL. L.2** **REC. / COND. FARINE L.1** **REC. / COND. SOUS-PROD. L.1** **VAD REMOULE**

07/11/16 13:51:16 07/11/16 13:51:16 07/11/16 13:51:16 07/11/16 13:51:16 07/11/16 13:51:16 07/11/16 13:51:16

ALL 0035 - farine remoulue de crasse de nettoyage s/s a 24 heures, 02/10/16, 02/03/16, 04/03/16
 C15 ALTAIR - plan de montage s/s et sur en farine au premier niveau 05/11/16

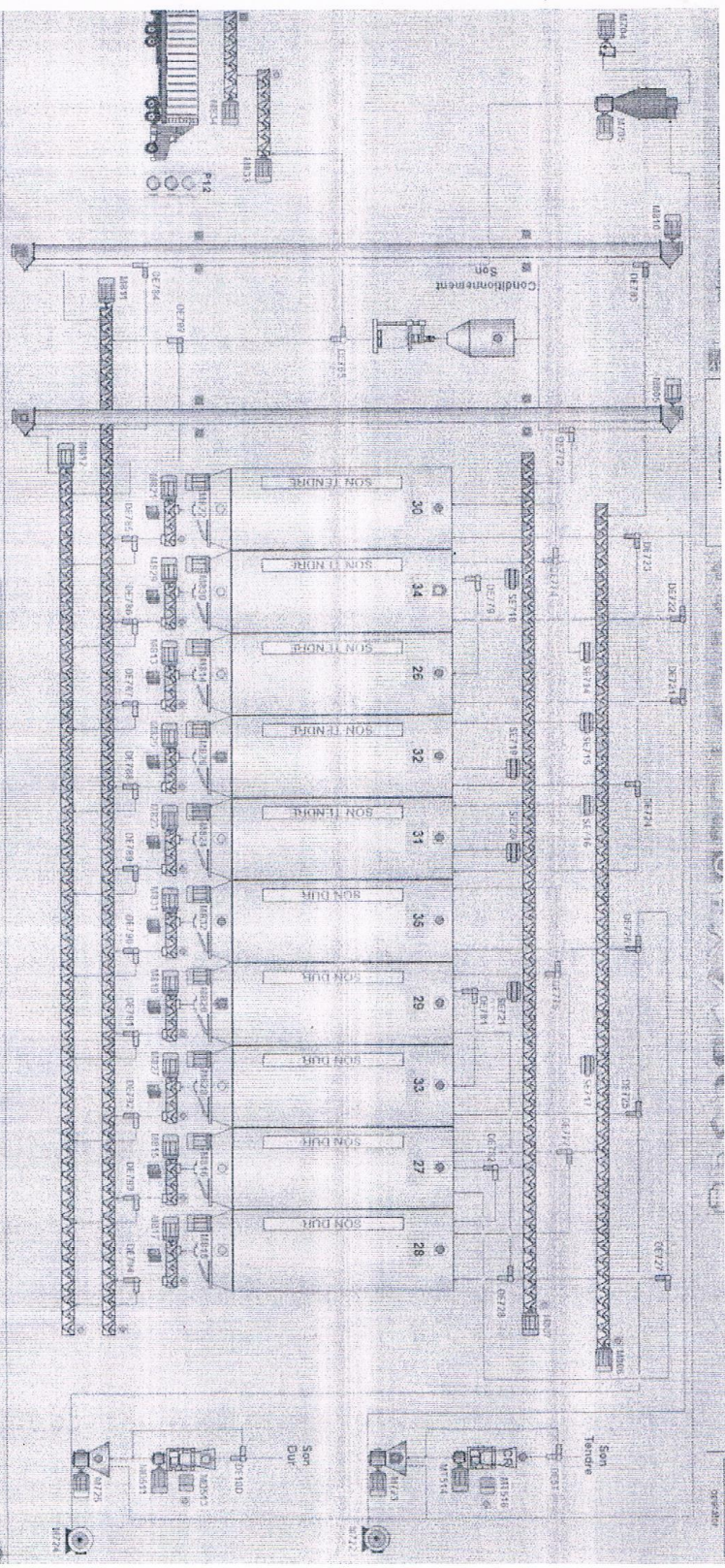
RAM
 07/11/16 13:51:16

ASP SICS PRODUIT FINI
 ASP SICS SOUS-PRODUITS

REC/VAL / COND. SEMOL. L.1
 REC/VAL / COND. SEMOL. L.2
 REC/VAL / COND. FARINE L.2
 REC/COND. SOUS-PROD. L.1

REC/COND. SOUS-PROD. L.2
 REC/COND. SOUS-PROD. L.2
 REC/COND. SOUS-PROD. L.2

RAM
 07/12/15 13:57:00
 07/12/16 13:57:43
 07/12/16 13:57:52



RAM
 07/12/15 13:57:00
 07/12/16 13:57:43
 07/12/16 13:57:52