

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT MICROBIOLOGIE ET
BIOCHIMIE



DOMAINE: SCIENCE DE LA NATURE
ET DE LA VIE
FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES
OPTION : NUTRITION ET SCIENCES
DES ALIMENTS

N° :.....

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: NABI Amani

HADJAB Bouchra

Intitulé

**Analyse de la variabilité de la qualité
physicochimique du blé tendre et de la qualité
physicochimique et technologique de sa farine
panifiable des moulins HODNA-M'sila**

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. ARIECH Mounira	MCB	Présidente
Dr. BELBAHI Amine	MCB	Rapporteur
Dr. BOUAOUDIA MADI Nadia	MCB	Examinatrice

Année universitaire : 2018 /2019

Remerciement

Nous tenons à remercier le dieu tout puissant qui nous a accordé santé et courage pour ce travail jusqu'à son terme.

Nous tenons à remercier notre promotrice Docteur BELBAHI Amine qui a accepté de nous encadrer et qui nous a toujours guidé dans la réalisation de ce mémoire, pour sa présence, ses précieux conseils, sa gentillesse et sa disponibilité.

Nous remercions également la présidente Docteur ARIECH Mounira D'avoir présidé le jury, et l'examinatrice Docteur BOUAOUDIA MADI Nadia d'avoir accepté d'examiner notre mémoire.

Nous remercions également tout le personnel de l'entreprise « les moulins HODNA » en particulier le personnel de laboratoire de l'unité Mr HACHI Islam, M^{lle} BOUZROURA Meriem et M^{lle} DJAIDJA Bouchra pour la précieuse aide dans ce travail.

Nous remercions nos amis(es) pour leurs soutiens et aussi tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

A celles qui m'a comblées d'affection, d'amour et de tendresse, et qui a veillé à caler de mon berceau pour consoler mes cris de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le faire. Ma mère.

A mon père qui a toujours été là pour moi.

Mes beaux-parents.

A celui qui fait le plus brave des hommes, m'ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu moralement et matériellement Mon mari

MEZRAG Fares.

A celle qui attend mon retour a chaque jour, ma petite fille Rital.

A mes très chers frères (Hamza, Chirif)

A ma très chère sœur (Djamila)

A mon petit ange Louay.

Et sans oublier celle qui m'a été d'une aide précieuse

mes collègues, que je les respecte et à qui je les

souhaite une bonne réussite. A tous mes amies, son

nom en particulier.

NABI Amani

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes très chère parents ma mère et mon père, pour
leur aide et leur encouragement que Dieu les garde
pour nous.*

A mes frères Oussama et Waeil

A mes sœur Manel, Nour el Houda et Israa

A toute ma famille HADJAB

*A mon fiancé Rabeh BEYRAGUED qui m'aide et
soutenu moralement et toute sa famille*

A mon binôme NABI Amani et toute sa famille

*A toute la promotion du master 2 de l'année
2018/2019 surtout mes chères amies NSA.*

HADJAB Bouchra

SOMMAIRE

SOMMAIRE	IV
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
ABRÉVIATIONS	X
ملخص	XI
RÉSUMÉ	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Le blé.....	3
1.1. Description générale	3
1.2. Caractéristiques biochimiques et physicochimiques du blé	4
1.3. Production.....	6
1.3.1. Production mondiale	6
1.3.2. Production nationale.....	6
2. Farine de blé	7
2.1. Types de farines.....	7
2.1.1. Types de farines algériennes	8
2.2. Caractéristiques de la farine	8
2.3. Caractéristiques organoleptiques	10
3. Processus technologique de transformation de blé tendre	10
3.1. Nettoyage du blé.....	10
3.1.1. Le conditionnement.....	11
3.2. La mouture.....	11

3.2.1.	Broyage	11
3.2.2.	Claquage.....	11
3.2.3.	Convertissage	11
3.3.	Conditionnement des produits fini	12
CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....		13
1.	Lieu de stage.....	13
2.	Echantillonnages	13
3.	Paramètres d’appréciation de la qualité du blé.....	14
3.1.	Humidité	14
3.2.	L’indice de sédimentation (test de Zélény)	15
3.3.	Masse volumique ou poids spécifique (PS).....	15
3.4.	Masse 1000 grains	16
3.5.	Impuretés	16
4.	Paramètres d’appréciation de la qualité de farine	17
4.1.	Humidité	17
4.2.	Essai à l’alvéographe	17
4.3.	Amidon endommagé.....	18
4.4.	Gluten sec	18
4.5.	Capacité d’hydratation.....	19
4.6.	Indice de chute de HAGBERG.....	19
4.7.	Acidité grasse	20
4.8.	Cendres	20
4.9.	Taux d’affleurement	21
CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....		22
1.	Appréciation de la qualité du blé tendre.....	22
1.1.	Paramètres influençant le rendement en farine.....	22
1.2.	Paramètres influençant la qualité technologique du blé	23
1.3.	Impuretés	25

2.	Interprétation de l'analyse de la variance des paramètres physico-chimiques du blé tendre	27
3.	Interprétation de l'ACP des paramètres physico-chimiques du blé tendre	27
4.	Paramètres influençant la conservation de la farine panifiable.....	30
4.1.	Indice de chute et taux d'affleurement	32
4.2.	Taux de cendre.....	34
4.3.	Force boulangère et le rapport P/L	35
4.4.	Amidon endommagé.....	36
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	42
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	44
	ANNEXE	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Distribution histologique des principaux constituants des grains du blé	5
Tableau 2. Évolution de la production (millions de tonne) des blés en Algérie	6
Tableau 3. Les différents types de farines	7
Tableau 4. La composition biochimique de la farine du blé tendre	10
Tableau 5. Méthode de prélèvement des échantillons en sac.....	14
Tableau 6. Paramètres physico-chimiques de blé tendre mesurés sur une année.	26
Tableau 7. Valeurs des p-value obtenues pour les paramètres mesurés sur le blé, à partir des résultats des tests de Leven (test d'homogénéité des variances) et de l'ANOVA.	27
Tableau 8. Matrices des corrélations des paramètres physico-chimiques du blé tendre.....	28
Tableau 9. Variance totale expliquée selon les dix composantes pour les paramètres le blé tendre.....	28
Tableau 10. Paramètres physico-chimiques de la farine panifiable mesurés sur une année....	37
Tableau 11. Valeurs des p-value obtenues pour les paramètres mesurés sur la farine panifiable, à partir des résultats des tests de Leven (test d'homogénéité des variances) et de l'ANOVA.....	38
Tableau 12. Matrices des corrélations des caractéristiques technologiques de la farine panifiable.....	39
Tableau 13. Variance totale expliquée selon les dix composantes.	40

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Photographie de graines de blé tendre et de blé dure.....	3
Figure 2. Structure d'un grain de blé.....	4
Figure 3. Photographie de Sonde à blé.....	14
Figure 4. Photographie de Nilemalitre	15
Figure 5. Photographie de compteur de grain	16
Figure 6. Alvéogramme avec indication des différents paramètres mesurés.....	17
Figure 7. Photographie de l'Alvéographe	18
Figure 8. Photographie de FALLING NUMBER	20
Figure 9. Photo d'une micro burette avec un agitateur rotatif (A) ; et d'une centrifugeuse(B)20	
Figure 10. Photographie de Four à moufle.....	21
Figure 11. Photographie dePlansichter de laboratoire	21
Figure 12.Histogrammes des moyens de poids spécifique (A), du poids de mille grains de blé tendre (B).....	23
Figure13. Histogrammes des moyennes d'humidité (A) et les moyens de l'indice deZélény du blé tendre (B).....	24
Figure 14. Histogramme des taux d'impuretés de 1 ^{ère} catégorie (A) et de 2 ^{ème} catégorie (B)..	25
Figure 15. Tracé des deux composantes principales dans l'espace après rotation pour les paramètres du blé tendre.	29
Figure 16. Représentation graphique des moyennes d'humidité (A) et du taux de gluten sec (B).	31
Figure 17. Histogrammes des coefficients d'hydratations de la farine.	32
Figure 18. Histogrammes de l'acidité grasse de la farine.	32
Figure 19. Histogrammes de l'indice de chute (A) et du taux d'affleurement (B)	34

Figure 20. Histogrammes des moyennes du taux de cendre	34
Figure 21. Histogramme de la force boulangère (A) et du rapport P/L (B) de la farine.....	36
Figure 22. Histogramme du taux d'amidon endommagé de la farine.....	36
Figure 23. Tracé des deux composantes principales dans l'espace après rotation.....	41

ABRÉVIATIONS

MS	Matière Sèche
FAO	Food and Agriculture Organization
OAIC	Office Algérienne Interprofessionnelle des Céréales
P	Ténacité de la pâte
P/L	Rapport de plasticité /élasticité
PMG	Poids de Mille Grains
PS	Poids Spécifique
SNA	Séparateur Nettoyeur Aspirateur
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TA	Taux d'Affleurement
TAE	Taux d'Amidon Endommagé
TC	Taux de Cendre
TE	Taux d'Extraction
TH	Taux d'Humidité
UCD	Unité Chopin Dubois

ملخص

يتم القيام بالعمل التالي بهدف تحليل التغير في نوعية القمح اللين المستورد، فضلا عن دراسة النوعية التكنولوجية للطحين المتحصل عليه من طحن القمح اللين بمطاحن "الحضنة المسيلة" على مدى سنة واحدة (2018). و بعد ذلك، أُجري تحليل إحصائي لتسليط الضوء على الروابط والعلاقات الممكنة بين مفاتيح النوعية بالنسبة للقمح والطحين على السواء. وتبين النتائج أن نوعية القمح اللين تعتبر مرضية. وعلى النقيض من ذلك، فإن إمدادات القمح كانت متغيرة إحصائيا (تحليل التباين). ومن حيث النوعية، كانت النوعية العامة للطحين مرضية، مع تقلب في مفاتيح نوعيتها. ويمكن تفسير هذا الأخير بتغير نوعية القمح المقدم. كما كشفت تحليل المكونات الرئيسية أن هناك عدة مفاتيح تؤثر على نوعية القمح والطحينة. مترابطة ومرتبطة فيما بينها. على سبيل المثال، يرتبط معدل الرطوبة سلبيا بكل المفاتيح تقريبا باستثناء معدل النشاء التالف الذي يرتبط به إيجابيا. هذا المعامل هو عامل رئيسي لكل من جودة وحفظ قمح اللين وطحين الخبز.

الكلمات الرئيسية: قمح لين; طحين; الجودة التكنولوجية; الجودة الفيزيائية الكيميائية; تحليل إحصائي.

RÉSUMÉ

Le présent travail est réalisé à l'objectif de l'analyse de la variabilité de qualité physico-chimique du blé tendre approvisionné et la variabilité de la qualité physico-chimique et technologique des farines produites au niveau des moulins « HODNA M'sila ». Une analyse globale des paramètres de qualité du blé approvisionné et la qualité de la farine issue de celui-ci sur une période d'un an (année 2018). Par la suite, une analyse statistique a été réalisée pour mettre en évidence d'éventuelles corrélations et de relation entre ces paramètres tant pour le blé et pour la farine. Les résultats des démontrent que la qualité du blé tendre est considérée satisfaisante. En revanche l'approvisionnement en blé a été statistiquement fluctuant (analyse de la variance). En termes de qualité, la farine a présenté une qualité globale satisfaisante, mais une fluctuation des paramètres a été observée. Cette dernière peut être expliquée par la variabilité du blé approvisionné. L'analyse en composante principale a révélé que plusieurs paramètres influençant la qualité du blé ou de la farine sont liés et/corrélé entre eux. Par exemple, le taux d'humidité est corrélé négativement par rapport à la quasi-totalité des paramètres à l'exception du taux d'amidon endommagé qui est corrélé positivement. Ce paramètre est un facteur clé pour, à la fois, la qualité et la conservation du blé destiné à la mouture et de sa farine panifiable.

Mots clés: Blé tendre; farine panifiable ; qualité technologique, qualité physico-chimique ; analyse statistique.

ABSTRACT

The present work is carried out with the aim of our work is to analyze the variability in the quality of the imported soft wheat, as well as the technological quality of the soft wheat flours produced in “HODNA M'sila” mills. An overall analysis of the quality parameters of the supplied wheat and the quality of the flour from it over a period of one year (2018). Subsequently, a statistical analysis was conducted to highlight possible correlations and relationships between these parameters for both wheat and flour. The results show that the quality of soft wheat is considered satisfactory. In contrast, the wheat supply has been statistically variable (variance analysis). In terms of quality, the overall quality of the flour was satisfactory, but a fluctuation in the parameters was observed. The latter can be explained by the variability of the wheat supplied. The main component analysis revealed that several parameters influencing the quality of wheat or flour are interrelated and correlated between them. For example, the humidity rate is negatively correlated with almost all parameters except for the rate of damaged starch which is positively correlated. This parameter is a key factor for both the quality and preservation of milling wheat and its bread flour.

Keywords: Soft wheat; bread flour; technological quality; physicochemical quality; statistical analysis.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama *et al.*, 2005). Selon FAO (2007) leur production arrive jusqu'à 2 Milliards de tonnes.

L'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) sur le marché mondial du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population. En effet, la production locale de céréales ne couvre qu'un peu plus de 30% des besoins du pays. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse et croissants devant une forte évolution démographique (Chellali, 2007). Les activités d'importation sont confiées à l'OAIC qui s'occupe de la quasi-totalité des importations (80%). Les importations réalisées par des acteurs privés ne représentent que (20%) des quantités totales importées. Pour approvisionner le marché national, l'OAIC achète des quantités considérables de blés et de céréales secondaires sur différentes places mondiales.

La qualité est une préoccupation permanente pour garantir la valeur commerciale des produits et la sécurité des consommateurs. L'industrie de transformation occupe une place « leader » dans le secteur des industries agroalimentaires (Djermoun, 2009). La minoterie moderne repose sur un procédé bien structuré, avec des machines très spécifiques, l'ensemble géré par des automates programmables et des ordinateurs (Bourson, 2009). Afin d'obtenir des produits de meilleure qualité, Il est nécessaire de suivre de près et avec vigilance toutes les étapes du processus de fabrication.

L'objectif de notre étude a été d'apprécier la qualité du blé tendre réceptionné par les moulins «HODNA M'sila» et les propriétés des farines panifiables produites par l'unité dans l'année précédant 2018.

Le présent travail comporte deux parties :

- Une partie bibliographique définie le blé tendre, la farine et la mouture du blé en farine.

- Une partie expérimentale où les différents paramètres de qualité des blés tendres réceptionnés et des farines panifiables issues des moulins « HODNA M'Sila» seront analysés; une analyse statistique pour déceler les liens entre ces différents paramètres.

1 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Le blé

1.1. Description générale

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est à la base de la nourriture de l'homme (Ruel, 2006). La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq et la bordure Ouest de l'Iran(Feldman and Sears, 1981).

Le mot blé a longtemps désigné toute une série de céréales, dont le seigle, le sorgho, et le mil. Le mot latin, plus précis, identifie dans le genre *Triticum* les espèces céréalières auxquelles il est légitime de donner le nom de blé. (Figure 1).



Figure 1. Photographie de graines de blé tendre et de blé dure(GERMON, 2012).

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant constitué d'une graine et de téguments(Feillet, 2000).Le grain de blé est de forme ovoïde plus ou moins allongée, avec une face dorsale plus ou moins bombée et une face ventrale comportant un sillon profond. Contient de courts poils (la brosse) sur la partie supérieure et un germe visible sur la face dorsale de la partie inférieure. La couleur varie du roux au blanc, en rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture et le climat(Calvel, 1980).

L'examen histologique du grain de blé permet de mieux comprendre la technique de transformation du blé, mais aussi de bien situer la répartition des différents éléments nutritionnels et leur devenir dans les opérations de mouture et de tamisage des farines(Feillet, 2000). Comme le décrit la (figure 02), le grain de blé présente une structure très hétérogène ; il est constitué de :

- a. **Enveloppe** : Elle est formée de six tissus différents : épiderme du nucelle, testa (enveloppe du grain), cellule tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et

épicarpe. Il est épais, sans transparence et représente 13-17 % du poids total du grain(Feillet, 2000). Cette partie de la graine est constituée de 45% d'arabinoxylane, 25% de glucose, 10% de lignine et 6-7% de protéines(Pomeranz Y., 1988; SURGET and BARRON, 2005).

- b. **Amande** : Elle représente 80-85% du poids total du grain. Il est constitué d'une couche à aleurone et d'un albumen amylicé au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulosesiques sont peu visibles (Feillet, 2000).
- c. **Germe** : Il représente environ 3 % du grain. Il est la partie où le taux d'humidité et la concentration en lipides sont les plus importantes(Pomeranz Y., 1988).

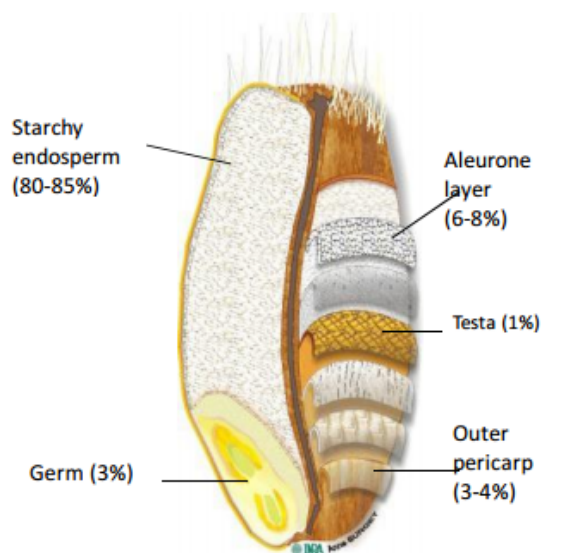


Figure 2. Structure d'un grain de blé(Abecassis, 2015)

1.2. Caractéristiques biochimiques et physicochimiques du blé

Le blé est un organe végétal particulièrement déshydraté sa teneur en eau est aux environs de 14 %(Godon and Willm, 1998). Un grain de blé est constitué principalement d'amidon (environ de 70%), de protéines (10 à 15%) et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants qui se trouvent en quantités faibles, sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Feillet, 2000).Le (tableau 01) illustre la répartition de la composition biochimique du grain de blé selon ses compartiments histologiques

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

Tableau 1. Distribution histologique des principaux constituants des grains du blé

	Grain (%)	Péricarpe (%)	Aleurone (%)	Albumen (%)	Germe (%)
Amidon	69	0	0	82	0
Protéines	13.7	10	30	12	31
Lipides	2.7	0	9	2	12
Sucres réducteurs	2.4	0	0	1.8	30
Pentosane	7.4	43	46	1.6	7
Cellulose	2.8	40	3	0.1	2
Minéraux	1.9	7	12	0.5	6

Les glucides sont les composants les plus importants au grain de blé représentant 80% de la matière sèche (poids de grain). Il se compose généralement de l'amidon et pentosanes(Bougrara, 2000).

Les protéines du blé sont divisées selon leurs caractéristiques biologiques et leur localisation dans le grain, on distingue ainsi deux classes de protéines : les protéines métaboliques avec les albumines et les globulines (15-20% des protéines) et les protéines de réserve avec les gliadines et les gluténines (80-85% des protéines) (Wrigley and Bietz, 1988).Ces protéines de réserve sont majoritairement localisées au sein de l'album en amylicé et elles sont également les principaux constituants du gluten(Simoes, 2011).

Le grain de blé comprend des matières minérales en faible proportion et inégalement réparties. Les minéraux sont concentrés dans le son. Ainsi 80% des cendres (matière minérales après incinération du produit) se trouvent dans les enveloppes contre 20% dans l'amande (Doumandji et al., 2003; Peterson and Fulcher, 2002).

Les enzymes les plus importantes en technologie des céréales sont celles qui provoquent la dégradation des protéines, des lipides et des glucides. Les plus importantes sont :

- a. **Les glucidases** : β -amylases (transforment l'amidon en β - maltoses)sensibles à la chaleur ; sa principale action a lieu pendant la fermentation(Niquet and Lasseran, 1989). α -amylases transforment l'amidon en dextrines, elles sont présentes que dans le

blé germé ; stables à la chaleur et peuvent résister à des hautes températures atteignant 70 à 80°C.

- b. **Les lipases et lipoxygénases** : elles agissent sur les lipides en entraînant la libération des acidesgras ; altérant ainsi le produit (Benhamimed and Chaoui, 2016).

1.3. Production

1.3.1. Production mondiale

Le blé vient en tête de classement des cultures stratégiques car il constitue une source alimentaire pour plus de 35% de la population humaine(Evans, 1996).La production du blé est la 3^{ème} production agricole mondiale et la 2^{ème} céréalière après le maïs et avant le riz. Les principaux pays producteurs sont l'Union européen, la Chine, l'Inde, la Russie, les Etats-Unis d'Amérique et le Canada. Selon la FAO (2017),l'Union Européen à lui-même produit plus 160 millions de tonnes en 2015, ce qui présente environ 22% de la production mondiale dont le blé tendre représente 95% des blés cultivés au niveau mondial(Shewry, 2009).

1.3.2. Production nationale

La filière céréalière représente une des principales filières de la production agricole en Algérie. La production céréalière en Algérie est extrêmement fluctuante et elle est caractérisée par l'extrême variabilité du volume des récoltes, car elle reste sous l'étroite dépendance des conditions climatiques mais cela démontre aussi, si besoin est, de l'insuffisante maîtrise de cette culture(Djaouti, 2010).

Les deux espèces les plus cultivées en Algérie sont le blé dur(*Triticumdurum*) et le blé tendre (*Triticumaestivum*) (Feillet, 2000).Leur production entre 2007et 2012a été estimée à 15.33 millions de tonnes ; réparti entre 70 % de blé dur et 30 % de blé tendre. Selon la FAO (2017), les besoins d'importations céréalières algériennes pour l'année 2017 sont estimés à 13,6 millions de tonnes, ce qui fait de l'Algérie l'un des premiers importateurs de blé au monde, spécialement le blé tendre (tableau 2).

Évolution de la production (millions de tonne) des blés en Algérie (ITGC, 2013).

Tableau 2. Évolution de la production (millions de tonne) des blés en Algérie

Spécifications	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Blé dur	1.5	0.8	2.0	1.8	2.2	2.4
Blé tendre	0.8	0.3	1.0	0.8	0.7	1.0
Total blé	2.3	1.1	3.0	2.6	2.9	3.4

2. Farine de blé

La dénomination de farine sans autre terme qualitatif désigne exclusivement le produit de la mouture de l'amande du grain de blé nettoyé et industriellement pur (Godon and Willm, 1998). La farine est un composé complexe, comportant différents constituants (protéines, lipides, sucres...), dont la taille des particules d'amande comprises entre 15 et 200 μm , son utilisation très répandue est liée à la capacité de la pâte à retenir le gaz permettant, ainsi, son expansion lors de la cuisson (Gan et al., 1995).

2.1. Types de farines

La classification générale des farines -comme montre le tableau 3- est basée sur la teneur en cendres ou matières minérales. Du type 45 à 150, on passe de la farine la plus blanche (faible taux d'extraction en farine) à la plus "piquée", riche en enveloppes du grain (taux d'extraction en farine élevé). Cette différenciation est basée principalement sur la notion de pureté ou de blancheur, et ne correspond pas à une notion de valeur technologique même si le travail des pâtes est plus aisé avec des farines blanches qu'avec des farines bises et complètes (Jeantet et al., 2007).

.Les différents types de farines (tableau 03) (Jeantet et al., 2007)

Tableau 3. Les différents types de farines

Type	Taux de cendre (% MS)	Humidité (%)	TE %
T45	≤ 0.50	15.5	67
T55	0.50 – 0.60	15.5	75
T65	0.62 – 0.75	15.5	78
T80	0.75 – 0.90	15.5	80-85
T110	1.00 – 1.20	15.5	85-90
T150	> 1.40	15.5	90-98

TE : Taux d'Extraction ; MS Matière Sèche

Les références indiquées dans le tableau 3, désignent le poids en gramme du résidu minéral contenu dans 100 grammes de farine :

- **T45** : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.
- **T55** : Farine utilisée pour le pain de campagne.

- **T65** : Farine blanche sert à faire le pain de compagne, ou tout autre pour des traditions généralement issues de l'agriculture biologique (enrichissement).
- **T80** : Farine bise ou semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologiques sert à faire le pain semi complet.
- **T110**: Farine complète.
- **T150** : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

2.1.1. Types de farines algériennes

La farine du broyeur au début de la mouture provient du cœur de l'albumen. Celle isolée en fin de mouture contient des proportions importantes de couche à aleurone et du péricarpe ; elle est plus riche en matières minérales(Adrian et al., 1995).Selon le journal officiel de la république algérienne № 2 du 08 janvier 1992, au niveau de l'article № 6 relatif à la farine de panification, les types de farines sont fixés selon le taux d'extraction en :

- *Farine de type courant*
 - minimum 1 point au-dessous du poids spécifique (PS-1).
 - maximum 2 points au-dessus du poids spécifique (PS+2).
- *Farine de type supérieur*
 - minimum : 8 points au-dessous du poids spécifique (PS-8).
 - maximum : 5 points au-dessous du poids spécifique (PS-5).

2.2. Caractéristiques de la farine

L'amidon et le gluten sont les principaux éléments de la farine de blé. C'est l'élasticité du gluten soumis à la pression du gaz carbonique, formé pendant la fermentation de la pâte, qui permet à cette pâte de lever, c'est-à-dire d'augmenter de volume par l'interposition du gaz au milieu de sa substance (Yves, 1986). L'amidon constitue environ 70 % du poids de la farine, il subit une certaine transformation au cours de processus de mouture au niveau de ses granules qui se voient endommagés. L'endommagement de l'amidon peut être bénéfique, aux possibilités d'absorption d'eau de la farine. Il absorbe son propre poids d'eau par contre l'amidon non endommagé absorbe 1/3 de son poids d'eau mais à partir d'un certain niveau, il rend la pâte plus grasse et plus collante jusqu' à la rendre non maniable. L'amidon endommagé facilite l'action des amylases, en particulier celle de β -amylase ce qui se traduit par une plus grande production de sucres et une augmentation progressive de la croûte(Feillet, 2000).

La teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication de produits de cuisson à base de céréales varie de 7 à 15 % environ. Elle est fonction de la teneur en protéines des blés mis en mouture, de la répartition de celles-ci dans le grain et du taux d'extraction de la farine par rapport au grain(Godon and Guinet, 1994).

La teneur en eau de la farine est un facteur important de conservation au cours du stockage(Benhania, 2013). La teneur en eau est importante en boulangerie puisqu'elle intervient dans le taux d'hydratation des pâtes, et donc dans leurs caractéristiques rhéologiques (Godon and Willm, 1998; Kiger and Kiger, 1967).Plus la teneur en eau de la farine est faible, et plus il est possible de lui ajouter de l'eau au pétrissage pour arriver à une consistance optimum de la pâte. Cette incorporation est d'autant plus aisée que la teneur en eau de la farine est plus faible(Grandvoinnet and Pratz, 1994).Une farine saine loyale et marchande ne doit contenir plus de 16% d'eau.

La farine panifiable comporte divers glucides (sucres réducteurs et non réducteurs, amidon, pentosanes, celluloses...)(Buré, 1979).Les sucres représentent environ 1.5 à 2 % de la farine par rapport à la matière sèche; parmi eux nous retrouvons le saccharose, le raffinose et le fructose. Ces constituants assimilés aux sucres fermentescibles sont assez rapidement utilisés par la levure en début de fermentation.

La présence des matières grasses influe sur les protéines mécaniques de la farine : plus une farine contient des matières grasses, moins sa force boulangère est importante. Un excès de matières grasses dans une farine peut avoir de sévères conséquences sur sa conservation, car la matière grasse ranci l'hydrolyse des lipides entraine l'acidification de la farine par la libération d'acides gras libres ce qui affecte négativement le gluten.

Les enzymes sont présentes en petite quantité dans la farine. Les plus importants sont les amylases, les lipases, les lipoxygénases et les protéases ; documentation rapporte aussi la présence de phytase (une phosphatase), de peroxydases et de catalases(Boudreau and Ménard, 1992).Les enzymes catalysent des réactions biochimiques faisant apparaître de nouvelles substances qui peuvent posséder des propriétés particulières sur les plans technologiques, organoleptiques et nutritionnels.

La composition biochimique de la farine de blé tendre(Tableau 04)(Atwell, 2001).**Tableau 4.** La composition biochimique de la farine de blé tendre

Constituants	% matières sèche de la farine
Amidon	63-72
Protéines	7-15
Eau	13-16
Sucres	4.5-5
Matières grasses	1-2
Matières minérales	0.4-0.5

2.3. Caractéristiques organoleptiques

Les spécifications techniques de la farine destinée à la panification s'inscrivent en matière d'hygiène alimentaire dans les pratiques internationales ; Odeur: normale fraîche (ni acide, ni ammoniac, ni moisie) ; Flaveur : doit être douce, sans amertume Touche : elle doit être sèche et ronde, couleur normale, absence de souillures, matières inertes d'insectes vivants, conformité sur le plan toxicologique, absence de contamination par les métaux lourds (Chabour, 1993 ; Moreau, 1990).

3. Processus technologique de transformation de blé tendre

La minoterie moderne repose sur un procédé bien structuré, avec des machines très spécifiques, l'ensemble géré par des automates programmables et des ordinateurs(Bourson, 2009).

Pour bien comprendre le processus de fabrication de farine ou de transformation du grain de blé en farine, il faut comprendre le parcours que le grain de blé effectue dès son arrivée aux moulins(Doumandji et al., 2003).

3.1. Nettoyage du blé

Dès son arrivée au moulin, le blé est stocké dans de grands silos puis transporté par des élévateurs ou des bandes transporteuses jusqu'à des réservoirs. Ensuite, il est déversé dans les nettoyeurs séparateurs lesquels éliminent les impuretés - terre, pierres, pailles, grains vides, poussières, autres graines... Après l'avoir nettoyé, des trieurs permettent de ne conserver que les grains de blé purs(Boukarboua and Boulkroun, 2016).

3.1.1. Le conditionnement

Les grains de blé sains sont humidifiés pour assouplir les enveloppes afin d'éviter leur fragmentation et faciliter leur séparation. Il réduit aussi la dureté de l'albumen pour favoriser sa réduction en farine sans endommager les granules d'amidon et conserver la valeur boulangère des farines (Feillet, 2000).

Le blé dite conditionner repose de 24 à 48 heures dans des boisseaux à blé propre avant d'être moulus.

3.2. La mouture

Après le nettoyage, la transformation du grain de blé s'opère en trois étapes : le broyage, le claquage, le convertissage. Chacune de ces étapes représente plusieurs passages de blé dans les machines. Le produit de chaque passage successif est tamisé selon sa taille. Chaque opération complémentaire permet d'extraire un peu plus de farine. Environ quatorze opérations sont nécessaires pour obtenir la farine qu'attend le boulanger.

Pour obtenir ce résultat, un diagramme de mouture est défini par le meunier permettant de régler les machines en fonction des variétés de blé reçues et la qualité de farine souhaitée.

À la fin des opérations, la farine contient encore un faible pourcentage de matières minérales issues de l'enveloppe et de débris du germe qui déterminent le taux de cendres réglementaire.

3.2.1. Broyage

C'est l'opération de réduction de la dimension par mise en jeu d'énergie mécanique (Bourson, 2009), ou le grain passe entre de gros cylindres métalliques, qui ont remplacés les meules d'autrefois. De multiples passages dans ces cylindres aux cannelures de plus en plus fines permettent de séparer l'enveloppe et l'amande. À chaque broyage, des tamis perfectionnés ou plansichters, séparent les produits et les classent selon leur taille.

3.2.2. Claquage

Il s'agit d'une réduction des semoules de froment opérée par des cylindres lisses pour broyer les particules encore plus finement (Bourson, 2009).

3.2.3. Convertissage

Ultime opération de plusieurs passages dans une série de cylindres lisses pour obtenir des produits fins jusqu'à la farine. C'est aussi le mélange des différentes farines obtenues à chaque étape de la mouture (farine de broyage, de claquage et de convertissage) qui donne la farine panifiable utilisée par le boulanger (Boukarboua and Boulkroun, 2016).

3.3. Conditionnement des produits fini

On entend par là, la masse en sac du produit de la mouture, son et farine, cette dernière est stockée dans des cellules du produit fini, puis diriger vers des cellules tampons qui précèdent la station d'ensachage ou s'effectue l'opération de mise en sac par pesage automatique et fermeture des sacs par des machines à fille ou à coudre(Doumandji et al., 2003).

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Lieu de stage

Le stage pratique a été effectué au niveau du laboratoire des moulins «HODNA» M'SILA (lieu de stage). Le complexe industriel commercial «HODNA M'SILA» groupe de transformation des céréales Agro-div, est constituée d'une minoterie et d'une semoulerie. Son activité principale est la transformation de blé tendre et dur respectivement en farines et en semoules.

2. Echantillonnages

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui consistent à passer d'un lot initial (Le lot est la quantité déterminée, présumée être de caractère uniforme, et permettant d'estimer la qualité du produit à échantillonné) à un échantillon de masse réduite à analyser au laboratoire. Il convient que le laboratoire reçoive, dans un emballage étanche, un échantillon réellement représentatif, non endommagé ou modifié lors du transport et de l'entreposage (NA737, 1990).

L'obtention de l'échantillon pour laboratoire en vue de l'analyse physico-chimique est possédée par réductions successives de l'échantillon global lequel est obtenu par mélange des prélèvements élémentaires.

Pour les blés arrivant au moulin dans des camions chargés, les prélèvements élémentaires (Prélèvement élémentaire est une petite quantité de produit prélevé en un point du lot) (NA737, 1990), doivent être réalisés sur toute la hauteur de la couche à l'aide d'une sonde cylindrique (Figure 03), selon les modèles suivants :

- a) Jusqu'à 15 tonnes : 05 points d'échantillonnage ;
- b) De 15 t à 30 tonnes : 08 points d'échantillonnage ;
- c) De 30 à 500 tonnes : 11 points d'échantillonnage au maximum (NA737, 1990).



Figure 3. Photographie de Sonde à blé

Dans le cas des produits finis en sac, le nombre des sacs à échantillonnés doit être pris au hasard (tableau 5).

Méthode de prélèvement des échantillons en sac (NA737, 1990).

Tableau 5. Méthode de prélèvement des échantillons en sac

Effectif du lot en sac	Nombre de sac à échantillonner
≤ 10	Tout le lot
11 - 100	10
101 - 500	23
501 - 1000	33
≥ 1000	La racine cubique

3. Paramètres d'appréciation de la qualité du blé

3.1. Humidité

l'humidité du blé est la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions spécifiées dans la méthode de référence pratique (NA1132, 1990) qui nécessite un broyage éventuel d'un échantillon dans un broyeur (**BUHLER MLI 204, made in Suisse**), et un séchage d'une prise d'essai à une température entre 130 °C et 133 °C dans une étuve isotherme (**BRABENDER OHG DUISBURG 990100, made in Germany**). Utilisant une balance analytique avec une précision de 0,001g (**KERN 824-24, made in Germany**), et un dessiccateur, contenant un agent déshydratant efficace.

3.2. L'indice de sédimentation (test de Zélény)

Selon la norme algérienne (NA 1184, 2008) l'indice de sédimentation est un Nombre indiquant le volume, exprimé en millilitres, du dépôt obtenu, après la mise en suspension dans une solution d'acide Lactique, en présence de bleu de bromophénol, d'une farine expérimentale préparée à partir de blé tendre, dans des conditions spécifiées- dans de broyage et de tamisage dans un moulin de laboratoire (**BRABENDER 880508, Germany**). Après des temps d'agitation avec un agitateur pour éprouvette munie d'un chronomètre (**BRABENDER 342, Germany**) et de repos bien définis.

3.3. Masse volumique ou poids spécifique (PS)

Selon la norme (NA1613, 1990), la masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée communément poids spécifique (PS), est la masse d'un hectolitre de grains exprimée en kilogrammes. Le PS est réalisé par l'écoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient de un litre de pesée utilisant NILMA litre (Figure 04)(**BUHLER MLD 100, Suisse**) ; l'ensemble d'une trémie cylindrique, un cylindre mesureur d'une capacité de Un (01) litre auquel s'adapte, à sa partie supérieure, la trémie cylindrique. La partie inférieure du cylindre mesureur est perforée pour permettre l'évacuation de l'air refoulé au cours du remplissage, un couteau araseur pouvant coulisser dans une glissière située à la partie supérieure du cylindre mesureur, et une masse cylindrique en cuivre à disposer sur le couteau araseur lorsque celui-ci se trouve en place dans le cylindre mesureur, ainsi un cylindre de remplissage servant à contenir un volume déterminé de grains destinés à l'essai, et finalement une balance précise à un (01) gramme. Le poids mesuré en gramme, converti par suite à l'aide d'une tablette officielle en kg/hl.



Figure 4. Photographie de Nilmalitre (BUHLER MLD 100, Suisse).

3.4. Masse 1000 grains

Selon la norme (NA 731.2013) la masse de 1000 grains C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomiques (Scotti *et al.* 1997), est mesurée par la pesée et le comptage du nombre de grains entiers par un compteur de grains (Figure 05) (NUMIGRAL1 2407CHOPIN, France), contenus d'une prise d'essai de masse connue dans une balance de précision 0.001g (KERN 824-24 Germany).



Figure 5. Photographie de compteur de grain (NUMIGRAL1 2407CHOPIN, France).

3.5. Impuretés

La détermination des impuretés des grains de blé tendre selon (NA15213, 2013), est la séparation, le classement et la pesée des impuretés des différentes catégories contenues dans l'échantillon pour essai et définie chacune. Afin de définir le taux et la nature des impuretés contenues dans un lot de blé destiné à la meunerie. Ces impuretés sont classés en impuretés de 1^{ère} catégorie ;

- **Matières inertes** Cette catégorie comprend les débris végétaux secs (glumes, pailles...) les éléments minéraux (terre, sable, pierres, éléments métalliques...), les insectes et les acariens morts et les débris d'animaux nuisibles aux céréales (débris d'insectes, soies, déjections animales, poils de rongeurs...).

Et en impuretés de 2^{ème} catégorie ;

- **Grains cassés ou brisés** On considère seulement comme grains cassés les morceaux de grain plus petit que les trois quarts du grain entier avant cassure.
- **Grains mouchetés** Sont considérés comme grains mouchetés, les grains présentant, à d'autres endroits que le germe même, des colorations situées entre le brun et le noir brunâtre.
- **Grains germes** Sont ceux dont on voit nettement à l'œil nu, la radicule ou la plumule.

- **Grains échaudés ou maigres** Sont considérés comme grains échaudés les grains qui passent à travers un tamis à fentes de 1,9 mm. Ce sont des grains desséchés avant maturation à la suite d'un défaut d'alimentation en eau.
- **Grains d'autres céréales** Ce sont les grains et fragments de grains de céréales n'appartenant pas à l'espèce du lot examiné, ainsi que les graines et les fragments de graines de protéagineux et d'oléagineux.

4. Paramètres d'appréciation de la qualité de farine

4.1. Humidité

La même méthode appliquée aux grains et aux farines.

4.2. Essai à l'alvéographe

Selon(NA1188, 1990),ce test permet de déterminer, au moyen de l'alvéographe (Figure 07) (**ALVEO NG, ALVEOLINK NG, PETRIN NG, France**), certaines caractéristiques rhéologiques des pâtes obtenues à partir de la farine de blé tendre constituant un facteur important de leur valeur d'utilisation (valeur boulangère, biscottière, biscuitière).

Le comportement d'une pâte formée à partir d'un mélange de farine et d'eau salée est évalué pendant la déformation. Un disque de pâte est soumis à un débit d'air constant; dans un premier temps il résiste à la pression, puis il gonfle sous la forme d'une bulle, selon son extensibilité, et éclate. Cette évolution est mesurée et reportée sous forme de courbe appelée alvéogramme (Figure 06).

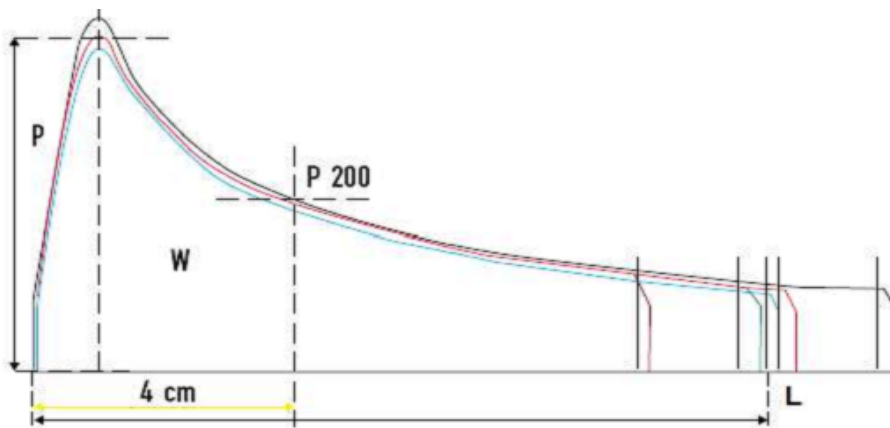


Figure 6. Alvéogramme avec indication des différents paramètres mesurés(**Roussel, 1991**)

- Le "W" : Il vient du mot anglais "Work" et désigne le travail au sens physique du terme. Sa valeur est proportionnelle à la Surface (S) de la courbe.

- Le "P" : Correspond à la pression maximale d'air insufflée nécessaire à la déformation et donc à l'obtention de la bulle de pâte. Il exprime la ténacité de celle-ci et est donné en mm sur l'axe des ordonnées de l'alvéogramme.
- Le "L" : Ce paramètre correspond à l'extensibilité de la pâte depuis le début du gonflement jusqu'à éclatement de la bulle. Il indique l'élasticité de la pâte et l'allongement au façonnage. Il est donné en mm sur l'axe des abscisses de l'alvéogramme.
- Le "P/L" : Ce rapport appelé "rapport de configuration de la courbe" ou "rapport de ténacité au gonflement", représente l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de la pâte.



Figure 7. Photographie de l'Alvéographe (ALVEO NG, ALVEOLINK NG, PETRIN NG, France).

4.3. Amidon endommagé

La teneur en amidon endommagé constitue un critère important d'appréciation de la qualité des farines (capacité d'absorption d'eau, coloration de la croute...). Le principe appliqué est basé sur la méthode ampérométrique, il mesure l'absorption d'iode par une suspension diluée de farine. L'iode est absorbé par l'amidon d'autant plus que celui-ci est endommagé.

L'échantillon de farine est mis en contact avec une solution iodée dont l'appareil (**SDmatic 676, CHOPIN, France**) mesure l'intensité électrique proportionnelle à la quantité d'iode libre en solution. Plus l'endommagement de l'amidon est important, plus la quantité d'iode fixée sera importante (Dubat, 2010).

4.4. Gluten sec

Selon (NA736, 1991), le gluten sec a été extrait par un séchage à 160° c pendant 4 minutes dans un **Glutamic (GLUTORK 2020, PERTEN instrument, France)** d'une boule

de gluten humide (préparée par un malaxage et un lavage d'un mélange de farine avec une solution salée), à la fin de la phase de séchage, le gluten sec est récupéré et pesé.

4.5. Capacité d'hydratation

La capacité d'hydratation CH du gluten correspond au pourcentage d'eau contenue dans le gluten humide, celui-ci est fonction de la quantité et de la qualité du gluten. CH est calculée selon l'équation suivante :

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

GH : Gluten humide

GS : Gluten sec

4.6. Indice de chute de HAGBERG

L'indice de chute de HAGBERG mesure indirectement l'activité des amylases qui peut devenir excessive dans le cas de présence de grains germés.

Certaines enzymes sont responsables de la dégradation de l'amidon et sont directement impliqués dans le processus de fermentation. Il est donc utile de pouvoir disposer d'information, quant à leur activité enzymatique. La méthode la plus courante s'appelle le temps de chute de HAGBERG (NA1176, 2008). Dont l'estimation de l'activité α -amylasique se fait en utilisant l'amidon présent dans l'échantillon comme substrat. La détermination est basée sur la capacité de gélatinisation rapide d'une suspension aqueuse de farine, dans un bain d'eau bouillante, et sur la mesure de la liquéfaction de l'empois d'amidon par l' α -amylase présente dans l'échantillon.

La liquéfaction affecte la consistance de l'empois d'amidon et, par conséquent, la résistance à l'agitateur viscosimétrique et le temps qu'il met à chuter d'une distance définie à l'aide d'un appareil dite FALLING NUMBER (Figure 08) (**FALLING NUMBER 1400, PERTEN instrument, France**), comprenant un bain-marie, compte-secondes électronique, agitateur viscosimétrique, tubes viscosimétriques et un bouchon en caoutchouc, adaptables aux tubes viscosimétriques.



Figure 8. Photographie de FALLING NUMBER (FALLING NUMBER 1400, PERTEN instrument, France)

4.7. Acidité grasse

Selon la norme (NA 1182, 2009). L'acidité grasse est l'expression conventionnelle des acides, essentiellement des acides gras libres, extraits dans les conditions qui suivront. Elle est exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche.

La teneur en acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation des farines. En effet, au cours de la conservation, les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acides gras libres. (Beaux *et al*, 2001). La détermination de l'acidité fait par la mise en solution des acides dans l'éthanol à 95% (v/v) à la température du laboratoire, suivie de centrifugation par une centrifugeuse (**Hettich ZENTRIFUGEN D78532, Germany**) et titrage (Figure 09), d'une partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium.

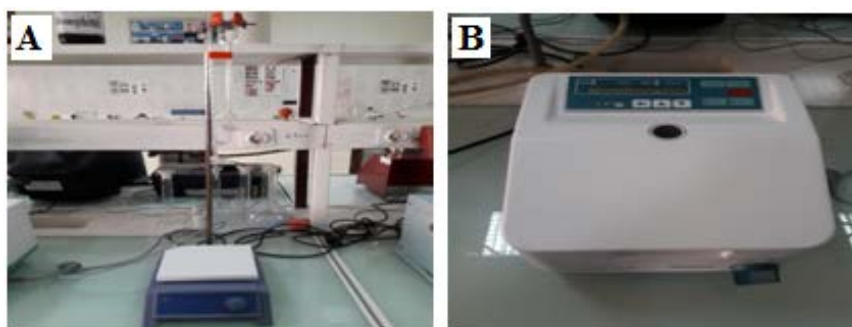


Figure 9. Photo d'une micro burette avec un agitateur rotatif (A) ; et d'une centrifugeuse (B). (Hettich ZENTRIFUGEN D78532, Germany)

4.8. Cendres

Selon la norme (NA 733, 1990) la détermination du taux de matières minérales, principalement réparties dans l'enveloppe et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en meunerie et sur la pureté des farines. Qui fait Par l'incinération à $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, jusqu'à combustion complète de la matière organique dans un four à moufle (Figure 10) (**Nabertherm GmbH 28865, Germany**), puis la pesée du résidu obtenu à l'aide d'une balance analytique de précision (0.0001g près) (**KERN 824-24, Germany**).

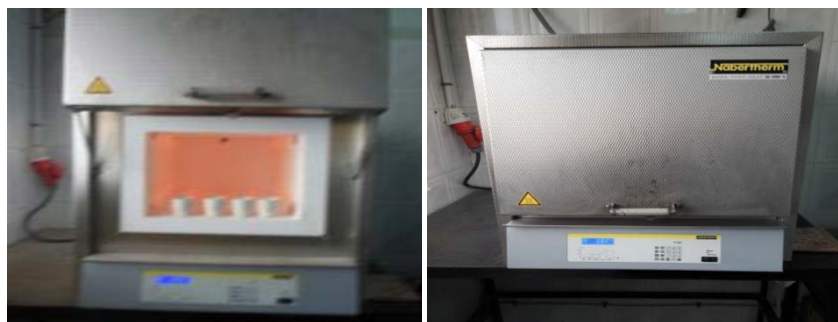


Figure 10. Photographie de Four à moufle (Nabertherm GmbH 28865, Germany).

4.9. Taux d'affleurement

Le taux d'affleurement est la quantité de farine extraite ou refusée par un tamis dont la garniture à une ouverture de maille qui est choisie en fonction de la finesse et de la granulométrie désirées.

La détermination du taux d'affleurement est appliquée par la méthode (NA20801, 1992), à l'aide d'un planschichter (Figure 11) (**Rüetschi, EL-Motoren CH5034, Germany**) doté d'un tamis dont la garniture à une ouverture de maille égale à 200 microns pour les farines panifiables.



Figure 11. Photographie de Planschichter de laboratoire (Ruetschi, EL-Motoren CH5034, Germany).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Appréciation de la qualité du blé tendre

1.1. Paramètres influençant le rendement en farine

D'après (la figure12A), les valeurs du poids spécifique moyen (PS) varient entre $78.8 \pm 0.7 \text{ kg/hl}$ et $80.3 \pm 0.8 \text{ kg/hl}$. A l'ITCF (2001) les blés ayant un PS de 77 à 80 kg/hl sont des blés de masse élevée, dite lourd et de bonne valeur meunière. On peut constater que d'après le paramètre PS, le blé approvisionné est de bonne valeur meunière. Ce paramètre est largement reconnu comme facteur de classement de première importance, parce qu'il est relié à la condition plus ou moins saine du grain de blé. Des études ont mis en évidence les imperfections de cette mesure ; elle est influencée par différents facteurs comme l'espace vide intercalaire, la densité, la teneur en eau du grain, la nature et la quantité des impuretés présentes dans l'échantillon et le calibrage des grains. Néanmoins, le PS est toujours pris en compte dans les contrats commerciaux et dans les règlements communautaires (Godon and Willm, 1998; Kleijer et al., 2007).

D'après (la figure12B) , les valeurs du poids mille grains (PMG) varient entre $38.1 \pm 0.5 \text{ g}$ et $31.7 \pm 1.5 \text{ g}$. Selon Godon and Willm (1998), un blé ayant un PMG situé entre 24 et 34g est composé de petits grains et entre 35 et 45g, il renferme des grains moyens. On peut constater que d'après le paramètre PMG, le blé approvisionné est dans la plupart des grains moyens. Le PMG est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après floraison combiné aux températures élevées entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage ce qui se traduit par l'échaudage des grains (Royo et al., 2000).

Ces deux paramètres PS et PMG sont corrélé positivement au taux d'extraction de la farine. Ils sont considérés comme un indicateur de la valeur meunière en relation avec le rapport enveloppe sur amande. Par exemple, plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande est faible et le rendement meunier important.

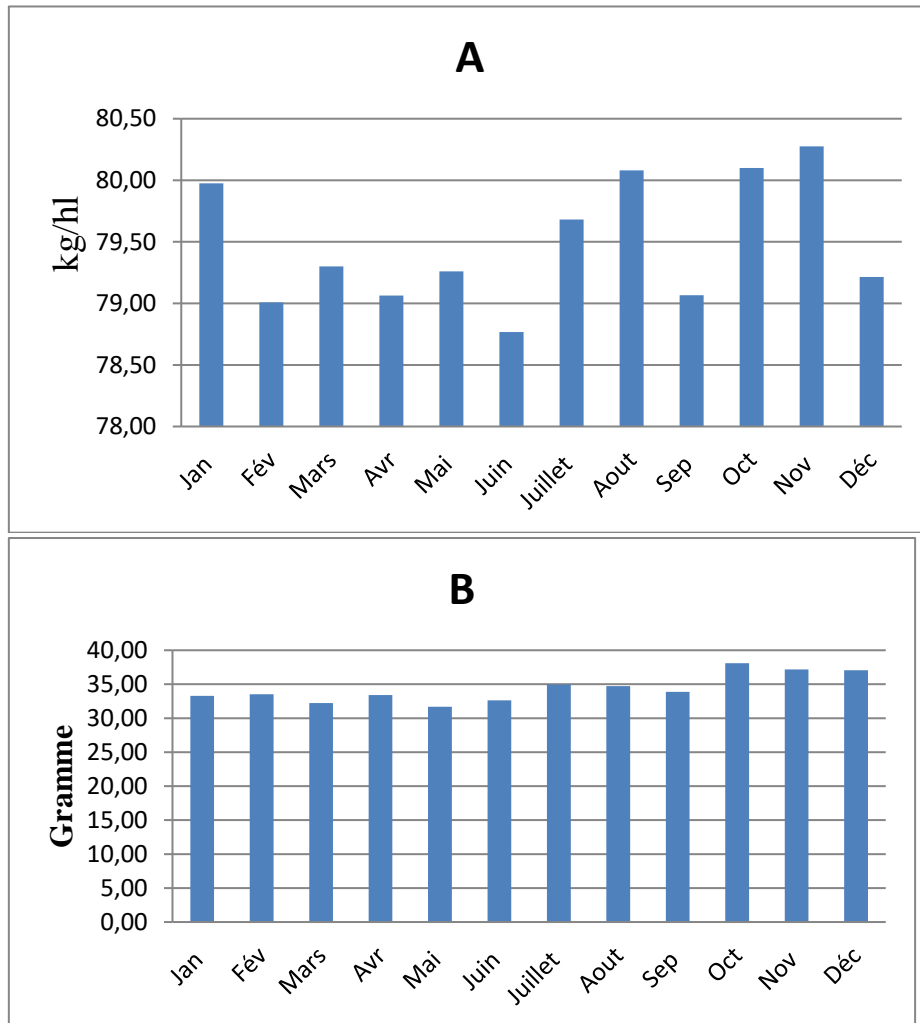


Figure 12. Histogrammes des moyens de poids spécifique (A), du poids de mille grains de blé tendre (B).

1.2. Paramètres influençant la qualité technologique du blé

En meunerie la détermination de l'humidité des grains est une opération capitale qui permet une humidification des grains de blé et qui est indispensable avant la mise en mouture pour faciliter la séparation du son et de l'amande. Les résultats de l'humidité du blé tendre pendant tous les mois de l'année 2018 sont représentés dans (la figure 13 A). Les valeurs de l'humidité varient de $11.5 \pm 0.6\%$ à $13.0 \pm 0.3\%$; ces valeurs sont conformes à la norme algérienne qui préconise un pourcentage de 14.50 % au maximum. D'après Dubois and Leyens (1994), l'humidité des grains est généralement comprise entre 12 à 14% si ces derniers ont été cultivés dans de bonnes conditions agro-climatiques avant leur stockage en silos. La différence d'humidité d'un échantillon à un autre peut être attribuée aux conditions climatiques, à la région de culture, et aux conditions de stockage. En effet, l'humidité du blé analysés trouvent une augmentation pendant les mois froids et une diminution pendant les

mois d'été, suivant aux changements de climat de notre région M'sila, ce qui est jugé par le stockage du blé dans des silos métalliques.

Les moyennes de valeurs de Zélény obtenues comprises entre 30.7 ± 2.3 mm en janvier et 26.8 ± 2.6 mm en juin représentées dans (la figure 13 B). Une fluctuation du Zélény du blé entre les mois est très remarquable, ce qui est revenu à la qualité intrinsèque du blé importé. Selon (NA572, 1991), exige que l'indice de Zélény doive être de 22 à 30. Nous constatons que ces valeurs obtenues sont à la norme. En effet, cet indice donne une indication globale sur la qualité du gluten, en mesurant l'aptitude des protéines de farine à gonfler en milieu acide. Bien qu'ayant une faible valeur prédictive en panification, il permet de classer les blés suivant leur qualité globale (Dubois and Leyens, 1994).

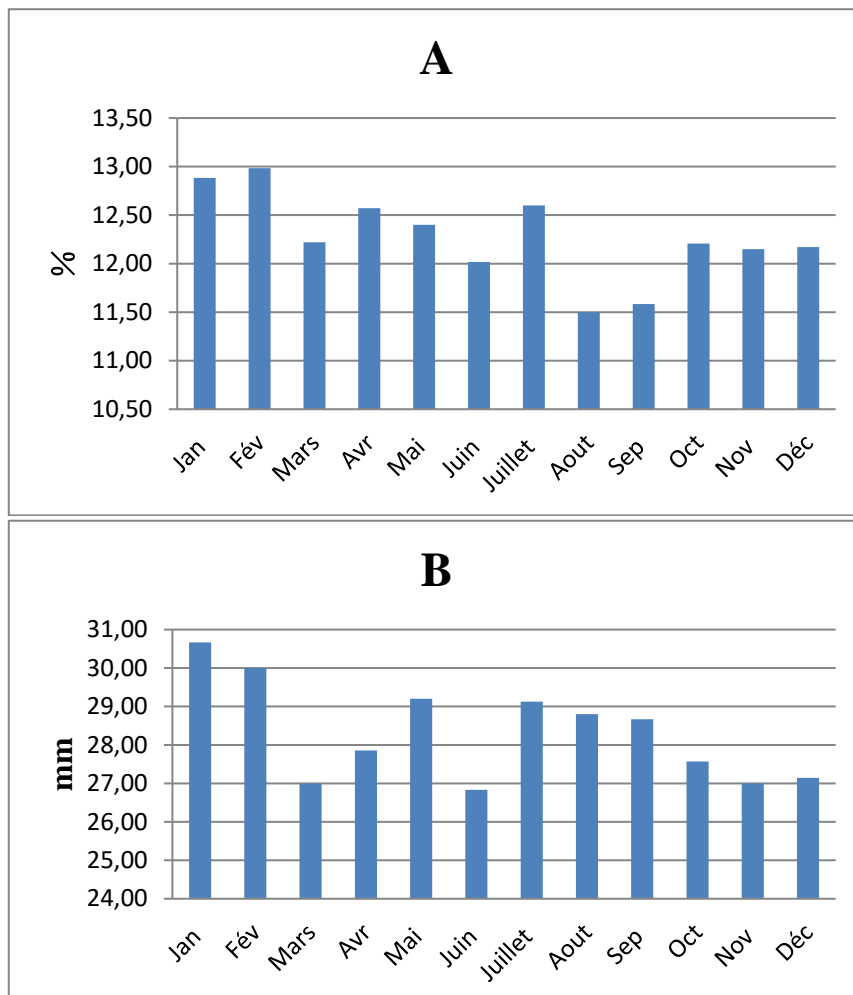


Figure13. Histogrammes des moyennes d'humidité (A) et les moyens de l'indice deZélény du blé tendre (B).

1.3. Impuretés

La connaissance du taux d'impuretés et leur nature est intéressante, car elles provoquent un réel risque pour la minoterie et le produit fini. La nature des impuretés varie avec les lots de blé et leurs origines. Un lot de blé idéal pour la meunerie ne devrait être constitué que de grains de l'espèce, propres, sains et secs. D'après (la figure 14A), les moyennes des valeurs d'impuretés de 1^{ème} catégorie varient entre $0.2 \pm 0.09\text{g}$ et $0.8 \pm 0.43\text{g}$, ces résultats sont conformes à la norme. (La figure 14B) montre les moyenne des valeurs des impuretés de 2^{ème} catégorie varient entre $9.1 \pm 1.8\text{g}$ et $11.6 \pm 2.8\text{g}$, ces résultats présentent presque le double de la valeur maximale autorisée. Ce qui influe sur le rendement de la production négativement. Selon Bar (2001), le taux des impuretés influe sur le rendement des productions, qualité technologique des lots de blé et l'aspect du produit fini (farines), c'est pourquoi le nettoyage doit être effectué avec beaucoup de soin.

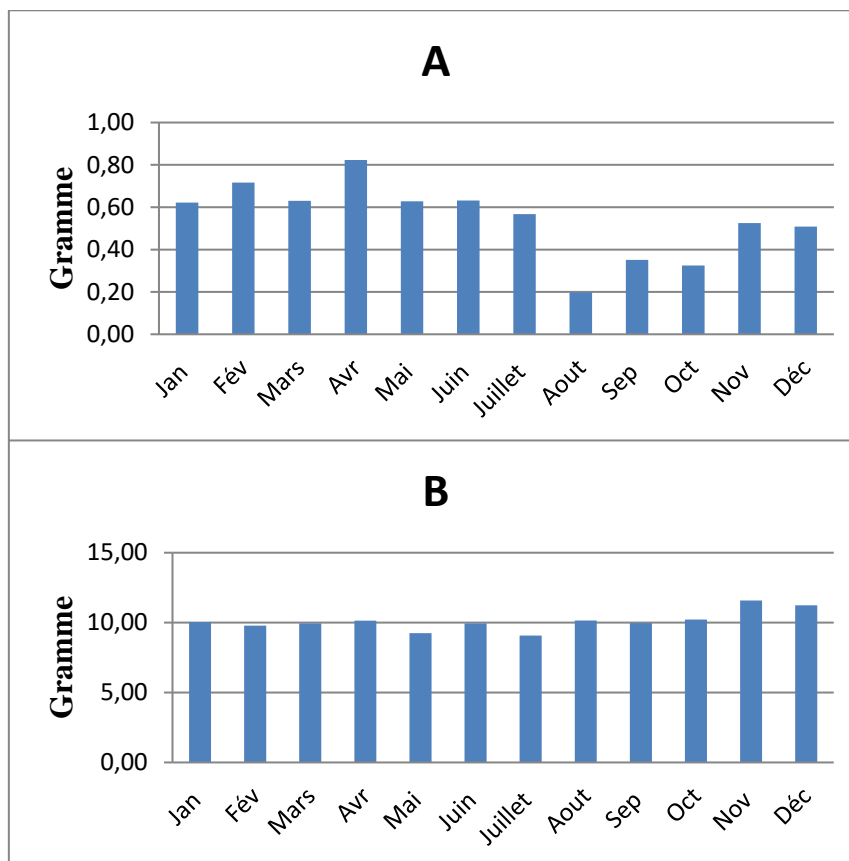


Figure 14. Histogramme des taux d'impuretés de 1^{ère} catégorie (A) et de 2^{ème} catégorie (B).

Tableau 6. Paramètres physico-chimiques de blé tendre mesurés sur une année.

Date	Poids spécifique	Taux d'humidité	Masse de mille grains	Zélény	Impuretés catégorie 1	Impuretés catégorie 2
Janvier	80,0 ± 1,6	12,9 ± 0,6	33,3 ± 3,5	30,7 ± 2,3	0,62 ± 0,21	10,0 ± 1,6
Février	79,0 ± 1,5	13,0 ± 0,3	33,5 ± 2,9	30,0 ± 3,8	0,72 ± 0,22	9,8 ± 1,2
Mars	79,3 ± 1,4	12,2 ± 0,6	32,2 ± 2,4	27,0 ± 2,7	0,63 ± 0,16	9,9 ± 1,1
Avril	79,1 ± 1,9	12,6 ± 0,4	33,4 ± 3,2	27,9 ± 3,7	0,82 ± 0,43	10,1 ± 1,8
Mai	79,3 ± 1,0	12,4 ± 0,4	31,7 ± 1,5	29,2 ± 0,8	0,63 ± 0,09	9,2 ± 0,8
Juin	78,8 ± 0,7	12,0 ± 0,7	32,6 ± 1,7	26,8 ± 2,6	0,63 ± 0,19	9,9 ± 1,1
Juillet	79,7 ± 1,0	12,6 ± 0,6	35,0 ± 1,2	29,1 ± 2,2	0,57 ± 0,14	9,1 ± 1,8
Août	80,1 ± 0,8	11,5 ± 0,6	34,7 ± 1,4	28,8 ± 1,3	0,20 ± 0,09	10,1 ± 2,4
Septembre	79,1 ± 0,6	11,6 ± 0,9	33,8 ± 1,0	28,7 ± 0,8	0,35 ± 0,30	10,0 ± 1,2
Octobre	80,1 ± 1,0	12,2 ± 0,36	38,1 ± 0,5	27,6 ± 0,9	0,33 ± 0,17	10,2 ± 1,3
Novembre	80,3 ± 0,8	12,1 ± 0,2	37,2 ± 2,0	27,0 ± 1,4	0,53 ± 0,28	11,6 ± 2,8
Décembre	79,2 ± 0,6	12,2 ± 0,4	37,1 ± 2,1	27,1 ± 1,3	0,51 ± 0,20	11,2 ± 2,0

Moyenne ± écart type avec un n allant de 5 à 15.

2. Interprétation de l'analyse de la variance des paramètres physico-chimiques du blé tendre

D'après le test de Leven (Tableau7), les variances des paramètres impuretés catégorie 1 et impuretés catégorie 2 ne sont pas significativement différentes ; leurs p -value est supérieur à 0.05 %. Cela signifie qu'il n'y a pas de différence entre les variabilités de ces paramètres selon les différents mois. Contrairement aux paramètres poids spécifique, taux d'humidité, masse de mille grains et indice de Zélény, poids spécifique, taux d'humidité, masse de mille grains et indice de Zélény, leurs variabilités sont différentes. D'après les p -value du test ANOVA indiquées dans le (tableau 7), la période d'approvisionnement en blé tendre n'affecte pas significativement ($p > 0.05$) les paramètres poids spécifique, taux d'humidité et impuretés catégorie 2. Le contraire a été constaté pour la masse de mille grains et Indice de Zélény ainsi que les impuretés catégorie 1 ; la période d'approvisionnement en blé tendre affecte significativement ses paramètres ($p < 0.05$).

Tableau 7. Valeurs des p -value obtenues pour les paramètres mesurées sur le blé, à partir des résultats des tests de Leven (test d'homogénéité des variances) et de l'ANOVA.

Test	Poids Spécifique	Taux humidité	Masse de mille grains	Indice de Zélény	Impuretés catégorie 1	Impuretés catégorie 2
Leven	0.020	0.003	0.000	0.000	0.141	0.123
ANOVA	0.296	0.530	0.000	0.048	0.000	0.471

3. Interprétation de l'ACP des paramètres physico-chimiques du blé tendre

L'analyse en composante principales a été réalisée avec le logiciel SPSS version 24. (Le tableau 8) est une matrice des corrélations qui donne les coefficients de corrélation linéaire des variables (paramètres physico-chimiques du blé tendre) prises deux à deux. C'est une succession d'analyses bivariées, constituant un premier pas vers l'analyse multivariée. L'examen de cette matrice montre qu'il existe des corrélations positives et négatives et globalement sont des corrélations moyennes ; la valeur la plus grande a été observée pour le taux d'humidité et les impuretés catégorie 1 ; la plus faible a été observée pour l'indice de Zélény et les impuretés catégorie 1.

Tableau 8. Matrices des corrélations des paramètres physico-chimiques du blé tendre.

	Poids spécifique	Taux d'humidité	Masse de mille grains	Indice de Zélény	Impuretés catégorie 1	Impuretés catégorie 2
Poids spécifique	1					
Taux d'humidité	-0.085	1				
Masse de mille grains	0.585	-0.187	1			
Indice de Zélény	-0.441	0.154	-0.449	1		
Impuretés catégorie 1	-0.523	0.756	-0.506	0.043	1	
Impuretés catégorie 2	0.314	-0.257	0.642	-0.699	-0.188	1

La première et la deuxième composante principale prend en compte 49.69 et % 24.11 de la variabilité totale ; elles sont les plus importantes, puisque les deux expliquent 73.81% de celle-ci. À partir de la deuxième, les composantes sont nettement moins utiles car leurs valeurs propres sont inférieure à l'unité (<1). Donc, l'analyse sera limitée aux deux premières composantes car elles expliquent la majorité de la variabilité. (Tableau 09).

Tableau 9. Variance totale expliquée selon les dix composantes pour les paramètres le blé tendre

Composante	Valeurs propres initiales			Sommes extraites du carré des chargements		
	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé
1	2.98	49.70	49.69	2.98	49.69	49.69
2	1.45	24.10	73.81	1.45	24.11	73.81
3	0.87	14.58	88.39			
4	0.49	8.13	96.52			
5	0.17	2.86	99.38			
6	0.04	0.62	100.00			

(La figure 15) représente la distribution des paramètres selon leurs corrélations et la corrélation avec les deux axes (composantes), ainsi que le lien qu'ils partagent. Elle s'agit en réalité d'une représentation déformée, car on a projeté, dans un espace à deux dimensions, six points qui se situent dans un espace à 6 dimensions. Pour ce présent cas, la déformation n'est

pas du tout importante car les informations concernant les inerties sont concentrées à 73.81% dans les deux premiers axes, comme il a été démontré précédemment.

D'un côté, l'examen des paramètres poids spécifique, masse de mille grain et impuretés catégorie 2 montrent qu'ils sont corrélés positivement avec la première composante ; regroupés ensemble sur la partie droite de l'axe. D'un autre côté, le taux d'humidité et les impuretés catégorie 1 sont regroupés ensemble et corrélés positivement avec la deuxième composante. Cet axe peut s'interpréter comme un axe de qualité de blé réceptionné caractéristiques influençant le taux d'extraction pour la composante 1 et pour la composante 2 peut s'interpréter comme un axe de paramètres influençant la qualité de farine produite ci-après.

La proximité des paramètres poids spécifique, masse de mille grain et impuretés catégorie 2 d'un côté, et le taux d'humidité et les impuretés catégorie 1 d'un autre côté, permet de conclure qu'il existe un lien fort entre ces variables. Mais cette interprétation ne vaut que parce ces variables sont bien représentées dans un plan à deux dimensions. Cette démarche est appuyée par le fait que ce plan est défini par les deux composantes 1 et 2 qui expliquent 73.81% de l'information.

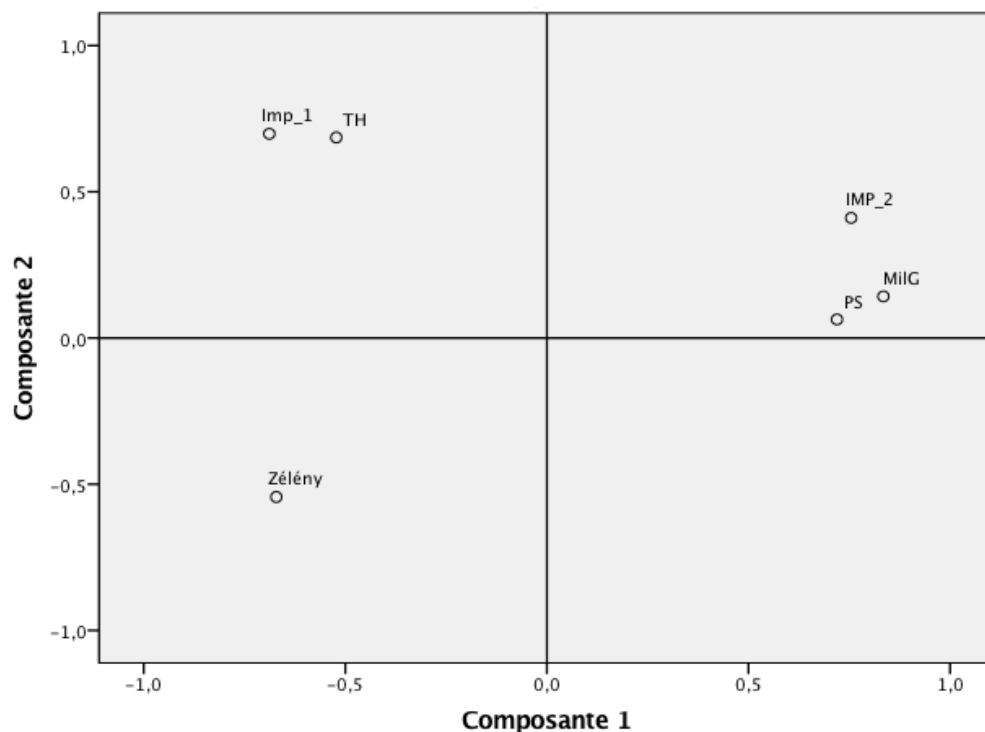


Figure 15. Tracé des deux composantes principales dans l'espace après rotation pour les paramètres du blé tendre.

4. Paramètres influençant la conservation de la farine panifiable

Les valeurs du taux d'humidité des farines panifiables analysées (Figure 16A), varient entre 13.4 ± 1.0 % et 15.7 ± 0.6 %, sont conformes à la norme algérienne (15.5% max). Ces valeurs peuvent être reflète un bon déroulement de l'étape de conditionnement de blé tendre nettoyé. Dans d'autre cas le TH peut assurer une bonne qualité technologique des farines ainsi leur bonne conservation. Une farine ayant une humidité de 16% ne sera pas commercialisée et sera difficilement de stocker. Selon (NA1132, 1990), exige que la teneur en eau d'une farine panifiable doive être inférieure ou égal à 15.5%. La détermination du taux d'humidité est importante, puisque elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part celle de la mise en œuvre des tests technologiques, tel l'essai à l'alvéographe et celui de la panification (Godon et al., 1997). Donc l'humidité des farines est une importante condition de leur bonne conservation. En aucun cas, il ne doit être supérieure à 16 % (Dubois and Leyens, 1994).

Selon le graphe, les valeurs du gluten sec obtenues pour les farines des moulins « HODNA M'sila » sont variés entre 8.9 ± 0.7 % à 9.9 ± 1.0 %

La détermination de la quantité de gluten existant dans une farine doit permettre de reconnaître si cette farine est de bonne valeur boulangère (Feillet, 2000). Selon (la figure 16B), les valeurs du gluten sec obtenues pour les farines des moulins « HODNA M'sila » sont variés entre 8.9 ± 0.7 % à 9.9 ± 1.0 %. Selon Feillet (2000) les caractéristiques du gluten dépendent des propriétés des farines dont il est extrait. Le gluten des farines de mauvaise qualité s'hydrate plus facilement et se révèle plus visqueux et moins élastique que celui extrait à partir de farines de bonnes qualités.

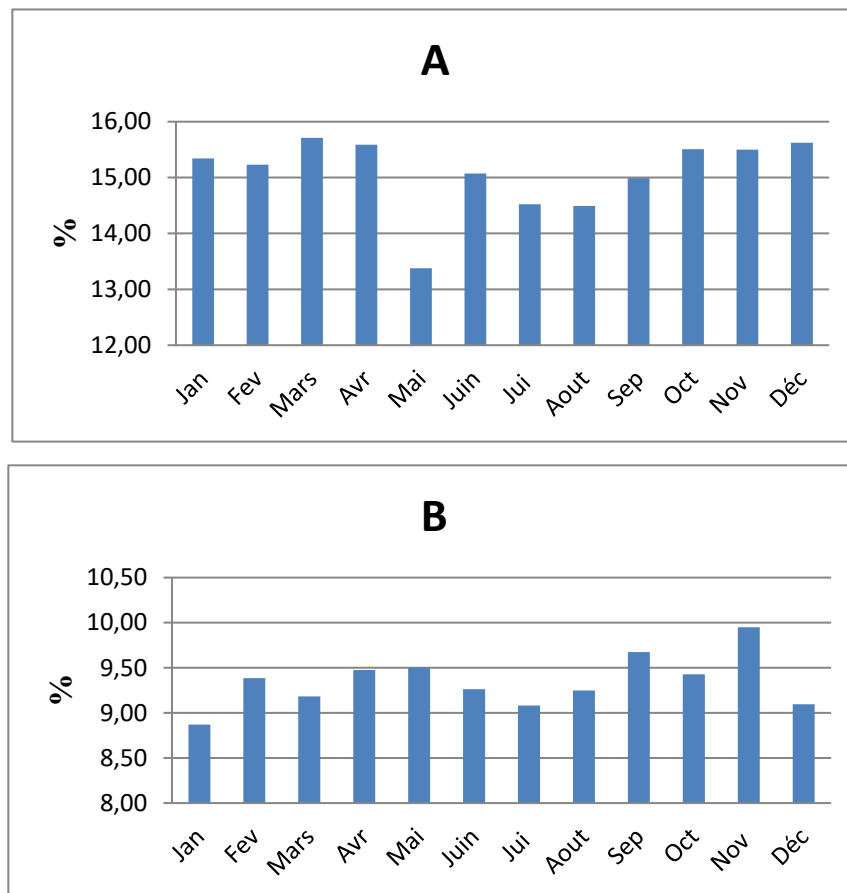


Figure 16. Représentation graphique des moyennes d’humidité (A) et du taux de gluten sec (B).

Les valeurs obtenues pour le coefficient d’hydratation suivant au gluten sec sont comprises entre $60.5 \pm 13.6\%$ et $66.9 \pm 1.8\%$ (Figure 17). Les caractéristiques rhéologiques du gluten conditionnent en général une large part la qualité technologique des farines et des blés, ainsi que leur utilisation industrielle et leur valeur commerciale. La qualité de pain de la farine de blé est déterminée par la composition et la quantité de protéines de réserve de l’endosperme, ont observé lors de l’hydratation de la pâte, la formation de fibrilles possédant des propriétés proches de celles du gluten, qui joue le rôle de ciment dans une pâte, servant à agglomérer les grains d’amidon d’une manière très compacte.

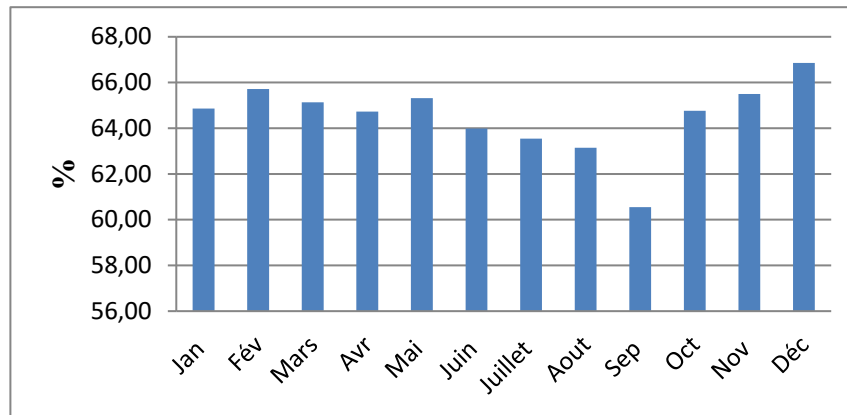


Figure 17. Histogrammes des coefficients d'hydratations de la farine.

L'acidité grasse constitue un indice d'altération de la qualité technologique de la farine. Est un bon indicateur de l'état de conservation des farines. Les valeurs de l'acidité grasse des farines qui correspondent sont de $0.019 \pm 0.001\%$ à $0.061 \pm 0.004\%$ en vigueur (la figure 18).D'après Feillet (2000) ,le taux d'acidité grasse de la farine ne doit pas dépasser 0,05%. L'augmentation de l'acidité ou la libération d'acides gras provenant principalement de l'hydrolyse de triglycérides se déroule sous l'action de lipases. Cette réaction se caractérise par le développement d'une odeur rance qui se manifeste au cours du stockage prolongé de la farine, en particulier, de la farine du grain de blé entier dont la teneur en lipides est élevée.

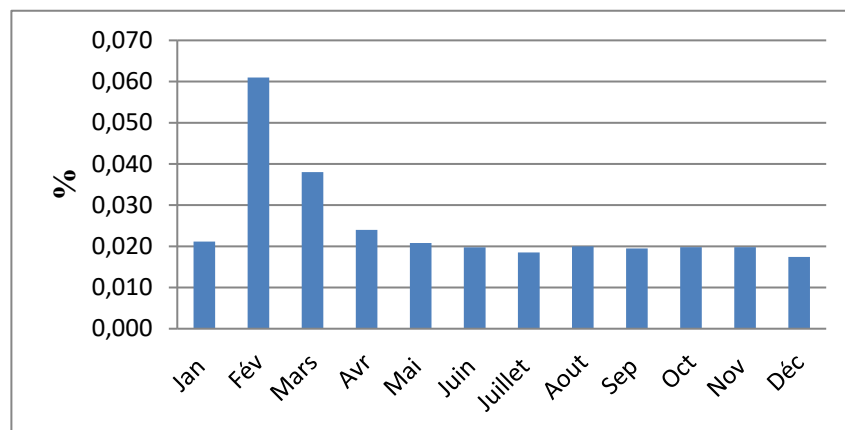


Figure 18. Histogrammes de l'acidité grasse de la farine.

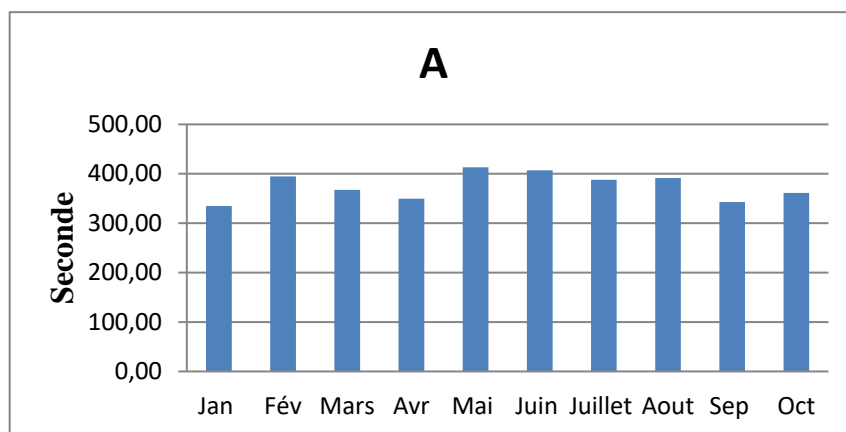
4.1. Indice de chute et taux d'affleurement

L'indice de chute de **HAGBERG** mesure indirectement l'activité des amylases (enzymes dégradant l'amidon) qui peut devenir excessive dans le cas de présence de grains germés ou en voie de germination (Godon et al., 1997). Les moyennes des valeurs d'indice de chute préconisent pour l'année 2018, varient entre $334.6 \pm 38.7s$ et $413.1 \pm 17.0s$ (la figure 19A). Selon Bard (1997), l'activité α -amylasique doit être optimum pour la panification :

1. indice < 180 secondes : l'activité est hyper-diastatique, farine impropre à la panification.
2. indice = 260 seconde est l'optimum.
3. indice > 300 secondes : l'activité est hypo-diastatique, une correction nécessaire par addition d'amylase.

Ces farines possèdent une activité hypo-diastatique et il est nécessaire par conséquent d'effectuer une correction par addition d'amylase, donc au cours de la mouture il y a une bonne épuration de mélangé farine-enveloppe -germe ce qui diminue la présence de germe dans le produit fini. Dont les valeurs sont supérieures à 260 s, les farines nécessitent une correction avant l'utilisation en panification (Bar-l'helgouac'h, 2001).

Les valeurs du taux d'affleurement des farines issues du moulin « HODNA M'sila » varient entre 0.6 ± 0.4 % et 9.4 ± 2.7 % (la figure 19B). Une grande déférence est remarquée entre eux suite à la demande des clients de la société. La granulométrie d'une farine permet de caractériser la répartition en taille et en nombre des particules dont elle est composée ; le comportement des farines au cours de leur transformation, notamment la vitesse d'hydratation en dépend(Feillet, 2000).



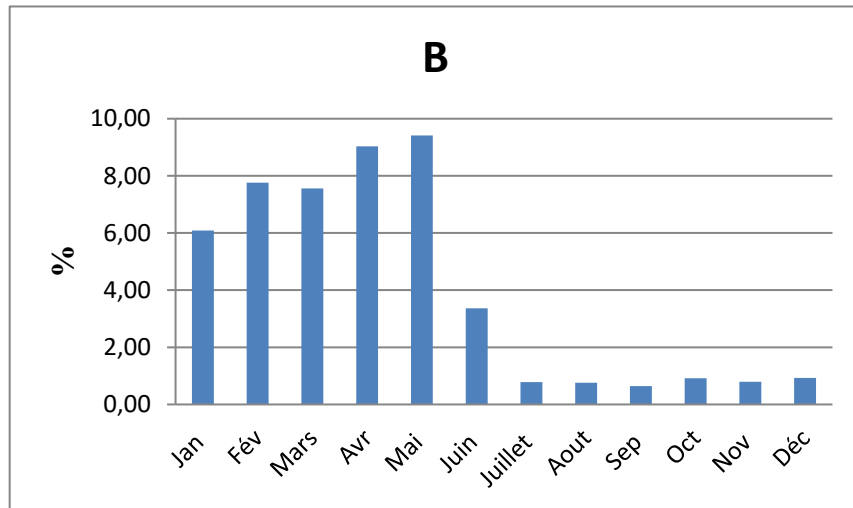


Figure 19. Histogrammes de l'indice de chute (A) et du taux d'affleurement (B)

4.2. Taux de cendre

Les farines commercialisées sont réglementairement classées d'après leur taux de cendre. Le taux de cendres mesure la quantité de résidus présent dans la farine, sa valeur se calcule en proportion de matière sèche. La farine la plus blanche possède un taux de cendres et d'extraction les moins élevés. Il s'agit d'une farine essentiellement extraite de l'amande et d'une partie du germe. Inversement, moins il est éliminé de résidus, plus le taux de cendres et d'extraction s'élèvent. Les taux de cendre des farines analysées varient entre 0.57 ± 0.02 % et 0.72 ± 0.00 %. Selon la classification de Godon and Willm (1998), pour la farine type 45 le taux de cendre est ($< 0,50\%$), la farine type 55 les cendres sont entre ($0,50$ à $0,60\%$), pour la Farine type 65 le taux des cendre est situé entre ($0,61$ et $0,75\%$), la farine type 80 le taux est de ($0,75$ à $0,90\%$), les farine issues des moulins « HODNA M'sila » sont des farines de type 55 et 65.(Figure 20).

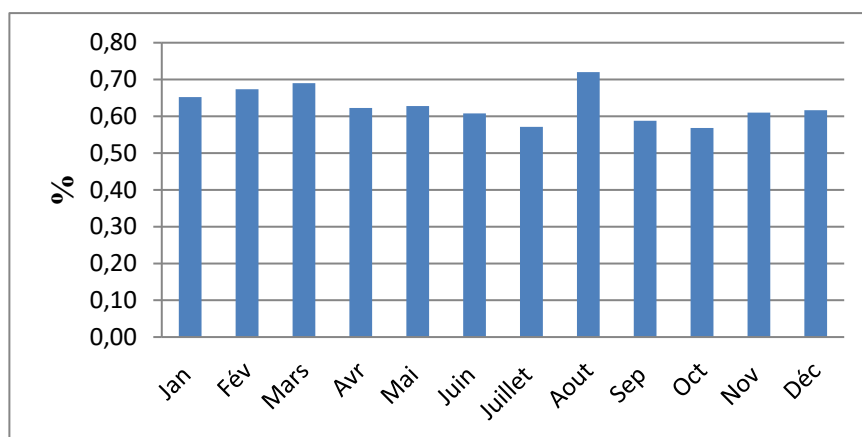


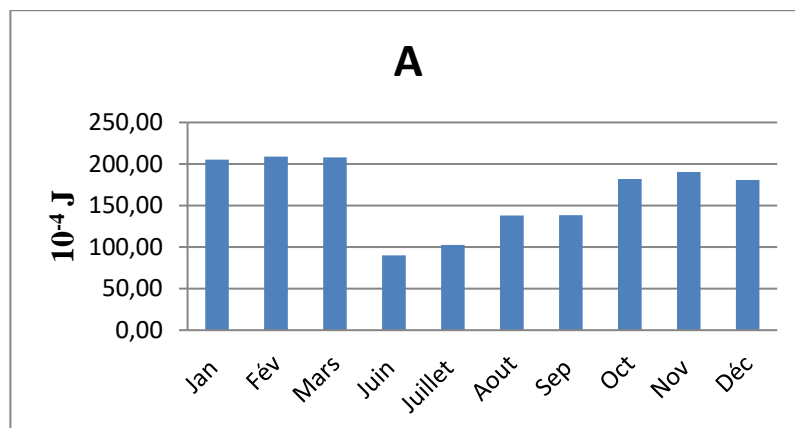
Figure 20. Histogrammes des moyennes du taux de cendre

4.3. Force boulangère et le rapport P/L

On estime que le travail de déformation de la pâte, nécessaire à la création d'une bulle, dans le test d'alvéographe, peut être considéré comme le modèle de ce que se passe en boulangerie lors de la formation des alvéoles sous l'action du gaz carbonique dégagé au cours de la fermentation paninaire (Boudreau and Ménard, 1992). Il représente ainsi l'extensibilité (L) des pâtes et permet d'apprécier l'aptitude du réseau glutineux à retenir le gaz carbonique (Godon et al., 1997). La ténacité (P) représente la pression maximale à la déformation de la pâte. Elle est fonction de la consistance de la pâte. Les valeurs de la force boulangère affichées sur l'alvéographe varient entre $90.0 \pm 0.0 \cdot 10^{-4}$ J et $208.0 \pm 39.04 \cdot 10^{-4}$ J (la figure 21A).

Le rapport **P/L** ou rapport entre ténacité et extensibilité, est associé à un équilibre dans les caractéristiques physiques des pâtes). Il est possible de préjuger la ténacité et l'extensibilité d'une pâte, car plus le rapport de configuration est élevé (>1), plus la pâte sera tenace ; par contre si ce rapport est faible (<0.3), cela donne des pâtes qui auront une grande extensibilité (Del Frate, 2005).

Alais et al. (2003) accordent l'élasticité aux gluténines, qui permettent d'obtenir une pâte élastique. Les relations entre propriétés rhéologiques et composition de la farine sont essentiellement basées sur les protéines de haut poids moléculaires (gluténines) (Uthayakumaran et al., 2002). Les valeurs calculées du rapport P/L sont dispersées ainsi entre 1.16 ± 0.34 et 0.51 ± 0.00 (la figure 21B). Selon Cheriet (2000), la farine peut être classée en fonction du rapport P/L en ; farine panifiable ($P/L = 0.50-0.80$) ; Pâte peu résistante et moyennement extensible ($P/L = 1.0$) et Pâte très résistante et moyennement extensible ($P/L = 1.50$).



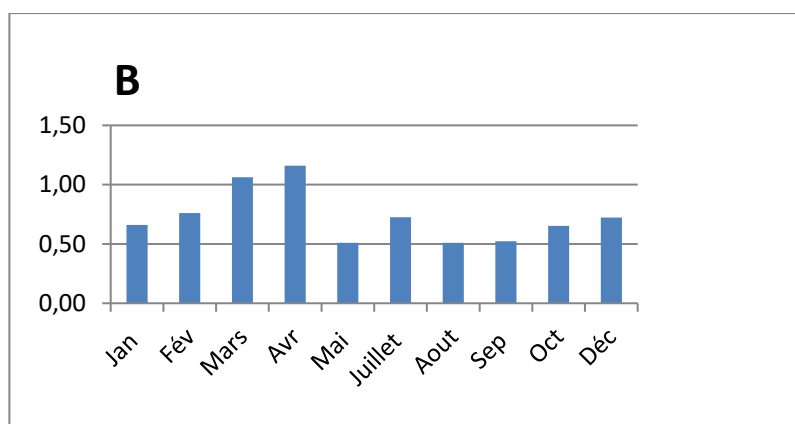


Figure 21. Histogramme de la force boulangère (A) et du rapport P/L (B) de la farine.

4.4. Amidon endommagé

L'amidon est une source inépuisable de sucres fermentescibles assurant la multiplication et la croissance des levures. Egalement un fixateur d'eau, l'amidon absorbe environ 45 % de l'eau ajoutée à la farine, selon la répartition d'amidon natif et les granules endommagés. Par le pouvoir fixateur d'eau de la farine, variable selon le degré d'endommagement des granules et sa capacité à former des liaisons non covalentes (liaisons hydrogènes) avec les protéines, l'amidon contribue de manière active à la formation de la pâte. La production d'oses fermentescibles dépend de la quantité d'enzymes présentes et de l'état d'endommagement de l'amidon. Les valeurs du taux d'amidon endommagé trouvées pour la période de janvier 2018 à juin 2018 varient entre 19.6 ± 0.0 UCD et 23.1 ± 0.9 UCD (la figure 22). Ces valeurs indiquent, dans quelque cas, le degré de serrage des cylindres réduisant la dimension de semoule de froment en farine lisse. Entre autre, plus l'amidon est endommagé plus la pâte de farine sera collante et non maniable lors du pétrissage

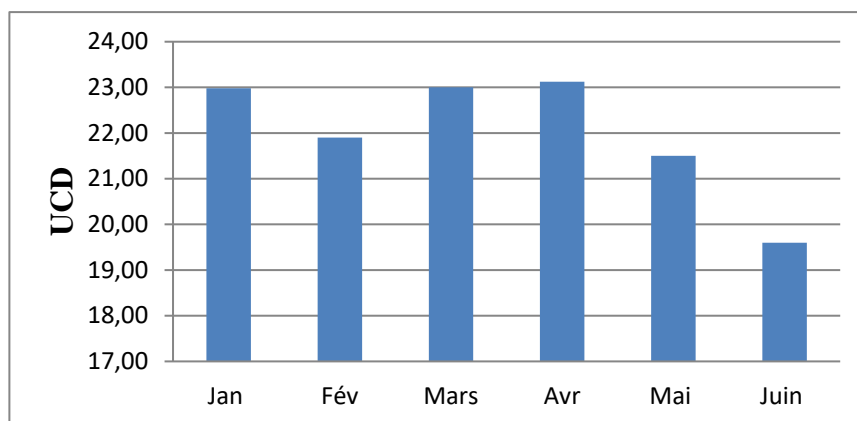


Figure 22. Histogramme du taux d'amidon endommagé de la farine.

Tableau 10. Paramètres physico-chimiques de la farine panifiable mesurés sur une année.

Date	Taux d'humidité	Gluten sec	Coefficient d'hydratation	Indice de chute	Taux d'affleurement	Taux de cendre	Force boulangère	Plasticité/élasticité	Acidité	Taux d'amidon endommagé
Janvier	15.3 ± 0.7	8.9 ± 0.7	64.9 ± 1.9	334.6 ± 38.7	6.1 ± 1.9	0.65 ± 0.11	205.2 ± 4.6	0.66 ± 0.33	0.021 ± 0.006	23.0 ± 1.4
Février	15.2 ± 0.6	9.4 ± 0.4	65.7 ± 1.6	394.7 ± 14.1	7.8 ± 4.2	0.67 ± 0.03	209.0 ± 8.5	0.76 ± 0.07	0.061 ± 0.004	21.9 ± 0.0
Mars	15.7 ± 0.6	9.2 ± 0.6	65.1 ± 1.4	367.3 ± 36.1	7.6 ± 2.0	0.69 ± 0.04	208.0 ± 39.0	1.06 ± 0.45	0.038 ± 0.011	23.0 ± 0.0
Avril	15.6 ± 0.5	9.5 ± 0.6	64.7 ± 1.4	349.7 ± 40.7	9.0 ± 5.3	0.62 ± 0.08	ND	1.16 ± 0.34	0.024 ± 0.003	23.1 ± 0.9
Mai	13.4 ± 1.0	9.5 ± 0.5	65.32 ± 1.6	413.1 ± 17.0	9.4 ± 2.7	0.63 ± 0.04	ND	0.51 ± 0.00	0.021 ± 0.005	21.5 ± 1.3
Juin	15.1 ± 0.9	9.3 ± 0.7	64.0 ± 2.2	407.1 ± 27.8	3.4 ± 2.9	0.61 ± 0.03	90.0 ± 0.0	ND	0.020 ± 0.001	19.6 ± 0.0
Juillet	14.5 ± 0.9	9.1 ± 0.9	63.5 ± 2.3	387.7 ± 27.2	0.8 ± 0.4	0.57 ± 0.02	102.7 ± 15.0	0.73 ± 0.34	0.019 ± 0.001	ND
Août	14.5 ± 0.4	9.2 ± 0.6	63.1 ± 2.0	391.3 ± 15.2	0.8 ± 0.3	0.72 ± 0.00	138.0 ± 0.0	0.51 ± 0.13	0.020 ± 0.003	ND
Septembre	15.0 ± 0.4	9.7 ± 0.7	60.5 ± 13.6	342.8 ± 55.6	0.6 ± 0.4	0.59 ± 0.07	138.5 ± 2.1	0.52 ± 0.17	0.020 ± 0.001	ND
Octobre	15.5 ± 0.4	9.4 ± 1.1	64.8 ± 2.1	361.4 ± 31.2	0.9 ± 0.7	0.57 ± 0.07	182.0 ± 23.5	0.65 ± 0.12	0.020 ± 0.002	ND
Novembre	15.5 ± 0.4	9.9 ± 1.0	65.5 ± 2.4	ND	0.8 ± 0.1	0.61 ± 0.03	190.5 ± 26.2	ND	0.019 ± 0.002	ND
Décembre	15.6 ± 0.6	9.1 ± 0.3	66.9 ± 1.8	ND	0.9 ± 0.3	0.62 ± 0.06	180.7 ± 2.6	0.72 ± 0.22	0.017 ± 0.004	ND

Moyenne ± écart type avec un n allant de 5 à 15.

ND : Non Déterminé.

1. Interprétation de l'analyse de la variance des paramètres de farine

D'après le test de Leven (Tableau 11), les variances des paramètres taux d'humidité, gluten sec, coefficient d'hydratation, indice de chute, taux d'affleurement, taux de cendre, force boulangère et acidité ne sont pas significativement différentes ; leurs p -value est supérieur à 0.05%. Cela signifie qu'il n'y a pas de différence entre les variabilités de ces paramètres selon les différents mois. Contrairement aux paramètres plasticité/élasticité et taux d'amidon endommagé, leurs variabilités sont différentes. D'après les p -value du test ANOVA indiquées dans le (tableau 11) , la période de production de la farine n'affecte pas significativement ($p > 0.05$) les paramètres coefficient d'hydratation, force boulangère, plasticité/élasticité et taux d'amidon endommagé. Le contraire a été constaté pour le taux d'humidité, gluten sec, indice de chute, taux d'affleurement, taux de cendre et l'acidité ; la période de production de la farine affecte significativement ses paramètres ($p < 0.05$). Ce qui explique la stabilité de la mouture durant toute l'année avec un changement non gênant en climat et en qualité de la matière première.

Tableau 11. Valeurs des p -value obtenues pour les paramètres mesurées sur la farine panifiable, à partir des résultats des tests de Leven (test d'homogénéité des variances) et de l'ANOVA.

Test	TH	GS	CH	IC	TA	TC	FB	P/L	Ac	TAE
Leven	0.003	0.000	0.004	0.000	0.000	0.011	0.080	0.317	0.001	0.870
ANOVA	0.002	0.005	0.051	0.000	0.000	0.009	0.952	0.127	0.000	0.223

TH : Taux d'Humidité ; GS : Gluten Sec ; CH : Coefficient d'Hydratation ; IC : Indice de Chute ; TA : Taux d'Affleurement ; TC : Taux de Cendre ; FB : Force boulangère ; P/L : Plasticité/ Élasticité ; Ac : Acidité ; TAE : Taux d'Amidon Endommagé.

2. Interprétation de l'ACP des paramètres de la farine

L'analyse en composante principale a été réalisée avec le logiciel SPSS. (Le tableau 12) est une matrice des corrélations qui donne les coefficients de corrélation linéaire des variables (paramètres physico-chimiques de la farine) prises deux à deux. C'est une succession d'analyses bivariées, constituant un premier pas vers l'analyse multivariée. L'examen de cette matrice montre que la majorité des corrélations sont positives à l'exception du TH qui est corrélé négativement avec GS, CH, IC et Ac, ainsi que l'TAE qui est corrélé positivement qu'avec le TH et le P/L.L'TAE est un indice du degré d'écrasement de la farine sur le diagramme de mouture, influençant ainsi l'état du réseau viscoélastique des protéines

du gluten constituant la farine, plus l'amidon est endommagé plus la farine absorbe de l'eau. Il est possible de préjuger la ténacité et l'extensibilité d'une pâte, car plus le rapport de P/L est élevé (>1), plus la pâte sera tenace ; par contre si ce rapport est faible (<0.3), cela donne des pâtes qui auront une grande extensibilité (Del Frate, 2005). Plus le paramètre (P) sera au maximum, plus il faudra ajouter d'eau pour obtenir une consistance déterminée. TH est un paramètre important qui doit se situer entre 10 et 15% (généralement 13 à 15 %) pour que la farine se conserve convenablement. Pour Bard (1997), la connaissance de la teneur en eau revêt un intérêt économique et sanitaire, et l'activité α -amylasique doit être optimum pour la panification.

La valeur la plus grande a été observée pour GS et Ac ; la plus faible a été observée pour CH et P/L.

Tableau 12. Matrices des corrélations des caractéristiques technologiques de la farine panifiable.

	TH	GS	CH	IC	TA	TC	FB	P/L	Ac	TAE
TH	1									
GS	-0.098	1								
CH	-0.419	0.945	1							
IC	-0.170	0.997	0.966	1						
TA	0.189	0.959	0.812	0.935	1					
TC	0.686	0.657	0.373	0.600	0.844	1				
FB	0.041	0.990	0.890	0.978	0.989	0.755	1			
P/L	0.895	0.357	0.031	0.288	0.608	0.939	0.483	1		
Ac	-0.306	0.977	0.993	0.990	0.877	0.483	0.939	0.152	1	
TAE	0.690	-0.788	-0.946	-0.830	-0.580	-0.053	-0.695	0.294	-0.900	1

TH : Taux d'Humidité ; GS : Gluten Sec ; CH : Coefficient d'Hydratation ; IC : Indice de Chute ; TA : Taux d'Affleurement ; TC : Taux de Cendre ; FB : Force boulangère ; P/L : Plasticité/Élasticité ; Ac : Acidité ; TAE : Taux d'Amidon Endommagé.

La première et la deuxième composante principale prend en compte 63.32 % et 30.67% de la variabilité totale ; elles sont de loin les plus importantes, puisque les deux expliquent 99.99% celle-ci. À partir de la deuxième, les composantes sont nettement moins utiles (<0.01% pour tout le reste), qui correspondent à des valeurs propre inférieure à l'unité

(<1). Donc, l'analyse sera limitée aux deux premières composantes car elles expliquent la majorité de la variabilité (Tableau 13).

Tableau 13. Variance totale expliquée selon les dix composantes.

Composante	Valeurs propres initiales			Sommes extraites du carré des chargements		
	Total	% de la vari ance	% cumulé	Total	% de la varian ce	% cumulé
1	6.93	69.32	69.32	6.93	69.32	69.32
2	3.07	30.67	99.99	3.07	30.67	99.99
3	0.00	0.00	100			
4	0.00	0.00	100			
5	0.00	0.00	100			
6	0.00	0.00	100			
7	0.00	0.00	100			
8	0.00	0.00	100			
9	0.00	0.00	100			
10	0.00	0.00	100			

(La figure23) représente la distribution des paramètres selon leurs corrélations et la corrélation avec les deux axes (composantes), ainsi que le lien qu'ils partagent. Elle s'agit en réalité d'une représentation déformée, car on a projeté, dans un espace à deux dimensions, dix points qui se situent dans un espace à 10 dimensions. Pour ce présent cas, la déformation n'est pas du tout importante car les informations concernant les inerties sont concentrées à 99.99 dans les deux premiers axes, comme il été démontré précédemment.

L'examen des paramètres taux d'affleurement, force boulangère, gluten sec indice de chute, acidité, coefficient d'hydratation montrent qu'ils sont corrélés positivement avec la première composante ; regroupés ensemble sur la partie droite de l'axe. Cet axe peut s'interpréter comme un axe de qualité globale de la farine panifiable.

La farine de blé tendre est fine et lisse avec une granulométrie satisfaisante, il est à noter aussi qu'une granulométrie très fine confère au pain une meilleure texture. En boulangerie, la quantité d'eau absorbée ainsi que sa vitesse d'absorption lors de la formation de la pâte sont fonction de la finesse des particules constitutives de la farine (**Godon et al.,**

1997). Le fait que la farine a une bonne qualité technologique ce qui est envisagé à l'influence sur les autres paramètres cités précédemment.

La deuxième composante principale est corrélée positivement avec le taux d'humidité, dans une moindre mesure, avec les Plasticité/ Élasticité, taux d'affleurement, taux de cendre, force boulangère et Taux d'amidon endommagé.

Ces résultats suggèrent que la totalité de ces paramètres sont des clés d'une qualité globale de farine dite courante, influençant sur eux, et une bonne combinaison donne une meilleure farine pour la panification.

La proximité des paramètres taux d'affleurement, force boulangère, gluten sec indice de chute, acidité, coefficient d'hydratation permet de conclure qu'il existe un lien fort entre ces variables. Mais cette interprétation ne vaut que parce ces variables sont bien représentées dans un plan à deux dimensions. Cette démarche est appuyée par le fait que ce plan est défini par les deux composantes 1 et 2 qui expliquent 99,99% de l'information.

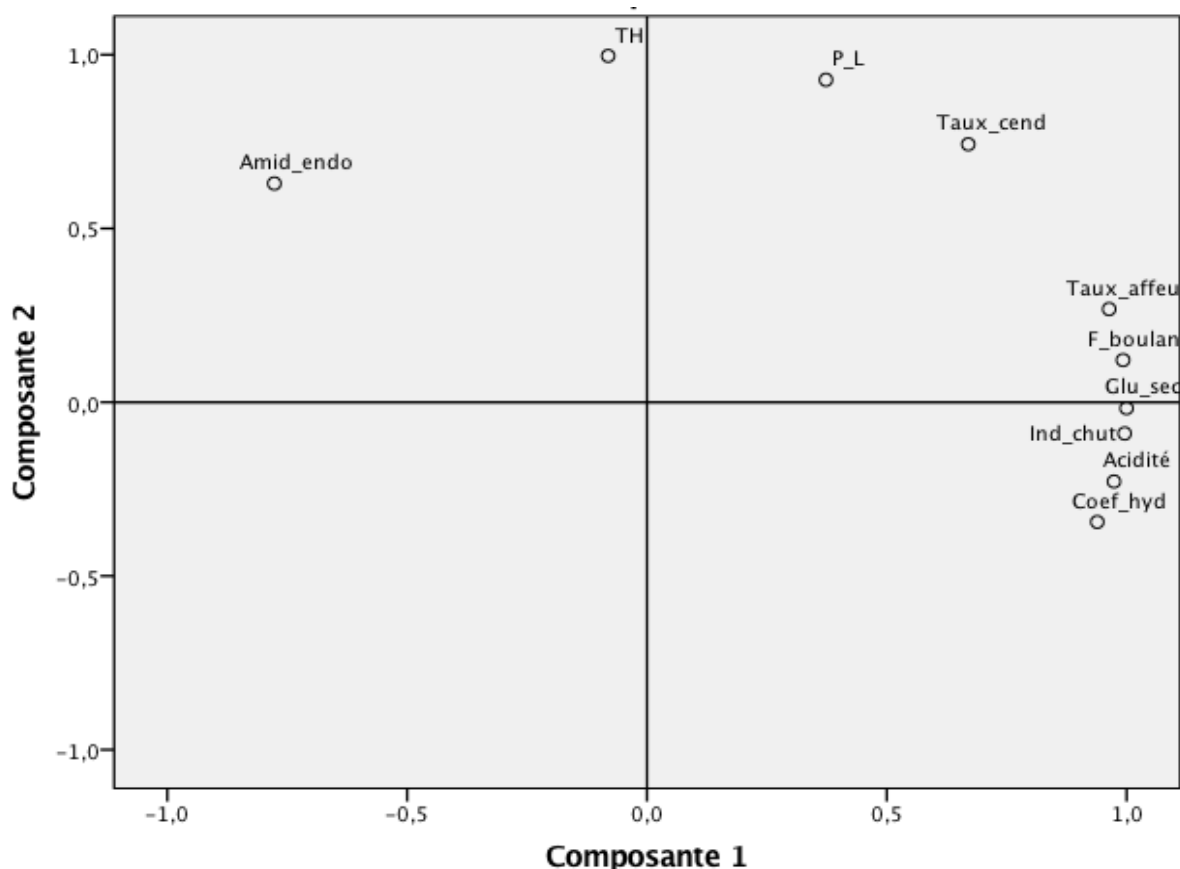


Figure 23. Tracé des deux composantes principales dans l'espace après rotation.

CONCLUSION PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail a pour objectif d'étudier la qualité du blé tendre, et celle de la farine produite plus particulièrement la farine destinée à la panification. Les résultats qui peuvent être tirés à partir des différentes analyses effectuées d'une part sur le blé sont ; poids spécifique, taux d'humidité, mille grains, Zélény et la détermination des impuretés, d'autre part sur la farine sont ; taux d'humidité, gluten sec, coefficient d'hydratation, indice de chute, taux d'affleurement, taux de cendre, forces boulangère, le rapport P/L, acidité grasse et taux d'amidon endommagé. Les résultats de différentes analyses de blé montrent que la qualité globale du blé tendre approvisionné est satisfaisante et se situe à l'intérieur des limites définies par les normes algériennes. Dont la valeur moyenne du Taux d'humidité du blé $12.27 \pm 0.45\%$; Un poids spécifique trouvé $79.48 \pm 0.51 \text{ kg/hl}$; avec une valeur moyenne de mille grains $34.39 \pm 2.08 \text{ g}$; et un Zélény de $28.32 \pm 1.28 \text{ mm}$ donnant un blé de force sont conforme aux normes. Cependant ces résultats donnent en générale un blé de moyen rendement en mouture et un moyen taux d'extraction.

Les résultats de différentes analyses de la farine telle que le taux d'humidité $15.08 \pm 0.67\%$; gluten sec $9.35 \pm 0.29\%$; taux de cendre $0.63 \pm 0.047\%$; force boulangère $164.47 \pm 44.14 \cdot 10^{-4} \text{ J}$; et un taux d'amidon endommagé $22.02 \pm 1.36 \text{ UCD}$, sont conforme aux normes, cependant conforme à la farine des caractéristiques boulangères.

Les résultats des différentes méthodes d'analyse statistique utilisées dans cette étude, à savoir l'analyse de la variance du test Leven et ANOVA, test de corrélation, l'ACP la base des paramètres recherchés, indique que les paramètres du blé tendre réceptionné au niveau des moulins « HODNA M'sila » représentent des différences non significatives dans la période du janvier 2018 à décembre 2018, affectant les uns aux autres significativement l'ensemble du poids spécifique, taux d'humidité, masse de mille grains et Zélény. Bien que les paramètres de farine produite représentent des différences non significatives, autrement le taux d'humidité, gluten sec, l'indice de chute, taux d'affleurement, taux de cendre et l'acidité grasse affectent significativement entre eux.

L'examen de la matrice des corrélations des paramètres de blé montre qu'ils ont des relations moyennes, positives et négatives. Ce des paramètres de farine montre qu'ils ont la majorité des relations positives à l'exception du TH qui est relié négativement aux autres paramètres, que juger l'importance de réglage de l'humidité des farines sur la durée de conservation

ainsi que l'augmentation du TAE qui résulte d'un serrage des cylindres de mouture et/ou un chauffage de la farine au cours de la transformation.

A la fin nous pouvons conclure que la qualité de farine englobe un ensemble de plusieurs paramètres suivant la composition de chaque molécule qui compose, et l'influence de chacun sur l'autre. Aussi bien, dépend en grande partie de la qualité des blés approvisionnés.

Afin d'obtenir une bonne qualité de farine, il faut assurer:

- Achat consciencieux des céréales suivant des spécifications explicites ;
- Comporter les techniques de correction au diagramme de mouture ;
- Exiger l'implantation des laboratoires d'autocontrôle aux niveaux des minoteries ;
- Former le personnel des moulins ;
- Classer les blés selon ses caractéristiques technologiques pour aboutir à des farines d'utilisation connue ;
- Classer les farines selon ses caractéristiques technologiques en farine panifiable, biscottière, biscuitière, ou autre ;
- Etudier la possibilité de produire un nouveau mélange de germe et farine, ou de commercialiser le germe.

RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adrian, J., Frangne, R., and Potus, J. (1995).** "La science alimentaire de A à Z," Technique et Documentation-Lavoisier.
- Alais, C., Linden, G., and Miclo, L. (2003).** Biochimie alimentaire. 5ème édition de l'abrégé. *Dunod, Paris.*
- Atwell, W. A. (2001).** "Wheat flour."
- Bar-l'helgouac'h, C. (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. *Guide pratique. Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF). Laboratoire qualité des céréales. Paris, pp265.*
- Bar, M. (2001).** Triatominos de la comunidad de palmeras en la Provincia de Corrientes. Ecología e importancia epidemiológica. *Corrientes: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.*
- Bard, M. (1997).** Le cahier charges farine. *INDUSTRIES DES CEREALES*, 7-13.
- Benhamimed, H., and Chaoui, F. (2016).** Effets de l'incorporation de graines alimentaires sur les qualités technologiques de la farine de blé destinée à la panification.
- Benhania, Z. (2013).** étude de la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité. Master académique: science et techniques, Université kasdi merbah.
- Boudreau, A., and Ménard, G. (1992).** "Le blé: éléments fondamentaux et transformation," Presses Université Laval.
- Boughrara (2000).** étude du diagnostic d'un atelier de fabrication et contrôle physico-chimique de pâtes alimentaires améliorées. thèse de technicien supérieur en transformation des céréales, Université de Boumerdes.
- Boukarboua, A., and Boulkroun, M. (2016).** Appréciation de la qualité technologique des farines commerciales par des tests indirects, Université des Frères Mentouri Constantine.
- Bourson, Y. (2009).** "Mouture du blé tendre et techniques d'obtention de la farine," Ed. Techniques Ingénieur.
- Buré, J. (1979).** "Le Pain: actes du colloque du CNERNA, Paris, novembre 1977, suivi du Recueil des usages concernant les pains en France," Éditions du Centre national de la recherche scientifique.
- Calvel, R. (1980).** La boulangerie moderne.
- Chellali, B. (2007).** "Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire."
- Cheriet, G. (2000).** Etude de la galette: différents types, recettes et mode de fabrication. *Thse de Magister INATAA, Universit Menrouri, Constantine, Algrie*, 99.
- Del Frate, R. (2005).** Mieux connaitre la farine. *Spécial Analyses. Supplément technique, INBP, Laboratoire d'Essais des Matériels et Produits Alimentaires (LEMPA), Rouen, France*85, 16.
- Djaouti, M. (2010).** Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréale en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de la wilaya de Sétif, Thèse. Mast of Sciences. CIHEAM-Montpellier.
- Djermoun, A. (2009).** La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Nature & Technology*, 45.
- Doumandji, A., S, D., and B, D.-M. (2003).** "Technologie de transformations des blés et problèmes Dus aux insectes au stock, Cours de technologie des céréales," OPU.
- Dubat, A. (2010).** A new AACC international approved method to measure rheological properties of a dough sample. *Cereal Foods World (CFW)*55, 150.

- Dubois, N., and Leyens, J. P. (1994).** "La norme d'internalité et le libéralisme," Presses universitaires de Grenoble.
- Evans, L. T. (1996).** "Crop evolution, adaptation and yield," Cambridge university press.
- FAO (2007).** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales.
- Feillet, P. (2000).** "Le grain de blé: composition et utilisation," Editions Quae.
- Feldman, M., and Sears, E. R. (1981).** The wild gene resources of wheat. *Scientific American***244**, 102-113.
- Gan, Z., Ellis, P., and Schofield, J. (1995).** Gas cell stabilisation and gas retention in wheat bread dough. *Journal of Cereal Science***21**, 215-230.
- GERMON, H. (2012).** "Ernée et la filière blé."
- Godon, B., and Guinet, R. (1994).**La panification française. *Tec et Doc Lavoisier, Paris.*
- Godon, B., and Willm, C. (1998).** "Les industries de première transformation des céréales."
- Godon, J.-J., Zumstein, E., Dabert, P., Habouzit, F., and Moletta, R. (1997).** Molecular microbial diversity of an anaerobic digester as determined by small-subunit rDNA sequence analysis. *Appl. Environ. Microbiol.***63**, 2802-2813.
- Grandvoinet, P., and Pratz, B. (1994).** Farines et mixes. la panification françaises, Paris GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. .
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., and Brulé, G. (2007).** "Science des aliments: biochimie, microbiologie, procédés, produits. Technologie des produits alimentaires," Editions Tec & Doc.
- Kiger, J. L., and Kiger, J.-G. (1967).** "Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime: par JL Kiger,... JG Kiger," Dunod.
- Kleijer, G., Levy, L., Schwaerzel, R., Fossati, D., and Brabant, C. (2007).**Relation entre le poids à l'hectolitre et plusieurs paramètres de la qualité dans le blé. *Revue suisse d'agriculture***39**, 305-309.
- NA572 (1991).** décret executif n 572. journal officielle algerienne
- NA736 (1991).** décret executif n 736. journal officielle algerienne
- NA737 (1990).** décret executif n 737. journal officielle algerienne
- NA1132 (1990).** décret executif n 1132
journal officielle algerienne
- NA1176 (2008).** décret executif n 1176. journal officielle algerienne
- NA1188 (1990).** décret executif n 1188
journal officielle algerienne
- NA1613 (1990).** décret executif n 1613
journal officielle algerienne
- NA15213 (2013).** décret executif n 15213
journal officielle algerienne

- NA20801 (1992). décret executif n 20801. journal officielle algerienne
- Niquet, G., and Lasseran, J. (1989).** Guide pratique-Stockage et conservation des grains à la ferme. Site Internet: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5163F/X5163f00.htm# Contents> (connecté le 15 mars 2008).
- Peterson, D., and Fulcher, R. (2002).** Variation in Minnesota HRS wheats: bran content. *Journal of food science* **67**, 67-70.
- Pomeranz Y. (1988).** Chemical composition of kernel structures. In " ", pp. 97-158. St. Paul, MN: AACC, , In: *Wheat: Chemistry and Technology*, Pomeranz Y, ed.
- Roussel, P. (1991).** L'analyse alvéographique des blés 1991. *Industries des céréales*, 35-36.
- Royo, C., Nachit, M., Di Fonzo, N., and Araus, J. (2000).** " Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges."
- Ruel, T. (2006).** Document sur la culture du blé. (é. Educagri, ed.).
- Shewry, P. R. (2009).** Wheat. *Journal of experimental botany* **60**, 1537-1553.
- Simoes, M. (2011).** Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur, Montpellier, SupAgro.
- Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., and Zid, E. (2005).** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). *Univ. Elmanar. Tunisie*, P62.
- SURGET, A., and BARRON, C. (2005).** Histologie du grain de blé. *Industries des céréales*, 3-7.
- Uthayakumar, S., Beasley, H., Stoddard, F., Keentok, M., Phan-Thien, N., Tanner, R., and Békés, F. (2002).** Synergistic and additive effects of three high molecular weight glutenin subunit loci. I. Effects on wheat dough rheology. *Cereal Chemistry* **79**, 294-300.
- Wrigley, C., and Bietz, J. (1988).** Wheat: chemistry and technology. USA: American Association of Cereal Chemists, 159-275.

ANNEXES

ANNEXE

Présentation de l'unité les moulins « HODNA M'SIL »

En 1965 la transformation des blés est confiée à la (SEMPAC) qui à intégrer les installations héritées de la période coloniales dont 62 minoteries, 23 semouleries et 09 fabriques des pâtes alimentaires.

Complexe industriel commercial CIC «Les moulins du HODNA », a été créé le 01/10/1997.

Elle a été transformée en Filiale, Société par action avec un capital social 60.000.000,00 DA.

Située au nord-est de la commune de M'SILA, et pour des raisons stratégiques, l'unité se trouve au niveau de la route nationale N° 45 route de Bordj Bou Arreridj et proche de chemin de fer. Prend une superficie de 81.926,00 m².

La Filiale «Les moulins du HODNA » s'est construite d'une minoterie du marque « Buhler, Suisse » en 1981, d'une capacité de production 1500 Qx/J et au cours du développement en 2013 s'est remplacer par la marque « Molino, Turque » d'une capacité arrive à 3000 Qx/J, et d'une semoulerie du marque « Golfitto, Italie » en 1993, d'une capacité de 4000Qx/J. Les Moulins HODNA sont entièrement automatisés, elles, peuvent, selon les cas, tourner 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 jours.

L'unité est dotée des salles de contrôle par micro-ordinateur et d'un laboratoire équipés en instruments de suivi et d'analyse des produits pour l'ensemble du processus de fabrication de la mouture jusqu'au produit final.

L'entreprise suit toujours les orientations du marché et la demande de la clientèle, ils ont mis en place un conditionnement de 50 kg, 25 kg et 10kg et aussi un emballage divisionnaire de 5kg et 1kg. Son activité principale est la transformation de blé tendre et dur respectivement en farines et en semoules.

- Sa capacité de trituration est de 7.000 QX /jour dont :

- 3.000 QX /jour blés tendres.
- 4.000 QX /jour blés durs.

- Sa capacité de stockage de la matière première, blé, est de 120000Qx.

- Blé Tendre: 45200 QX.
- Blé Dur : 45200 QX.

- Sa capacité de stockage en produit finis (semoule et farine) est de 7750 QX environ dans 17 silos pour les produits fini :

- 05 silos : 110 QX = 550 QX.

- 12 silos : $600 \text{ QX} = 7200 \text{ QX}$.
- Sa capacité de stockage des sous-produits (son) est de 2100 QX :
- 07 silos de son : $300 \text{ QX} = 2100 \text{ QX}$.
- L'unité est aussi dotée d'autres silos :
- 07 silos de stockage : blé sale pré-nettoyé : $1200 \text{ QX} = 8400 \text{ QX}$.
- 04 silos de repos de blé mouillé : $600 \text{ QX} = 2400 \text{ QX}$.
- L'effectif actuel du personnel de l'unité est de 230 personnes.