

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل -

Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel-

Faculté des Sciences de la Nature Et de la Vie
Département : Microbiologie Appliquée et
Sciences alimentaires



كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم : ميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم التغذية

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة والحياة
المكتبة
رقم الجرد : ...٤٣٠٥٥.....

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option : Contrôle de Qualité des produits Alimentaires

Thème

Contrôle de la qualité physico-chimique de quelques variétés de semoule écoulées sur le marché de Jijel (Ferdjioua, Bouziane et Sanabil El -Salam)

Membres de jury:

Président : Mr DAIRI.S
Examineur : Mr BOUBEZARI.M
Encadrant : Mr LAIB. E

Présenté par :

Boucetouh Nessma
Bouhal Amina
Bouhalassa Hadjer

Année universitaire 2015-2016

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

REMERCIEMENT

Avant tout nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous remercions en particulier notre encadreur Mr : LAIB.E de nous avoir aidés par ces conseils, ces remarques pertinentes et par sa collaboration effectif pour l'élaboration et la réalisation de ce travail.

Nos vifs remerciements vont à Mr : DAIRI. S, enseignant à l'université de MOHAMMED SEDDIK BEN YAHIA- Jijel, qui nous avons honoré en acceptant de présider le jury.

Nous tenons également à remercier Mr : BOUBEZARI. M, enseignant à l'université de MOHAMMES SEDDIK BENYAHIA- Jijel d'avoir bien voulu examiner notre travail.

Nos plus vifs remerciements à nos enseignants de la faculté de science de nature et de vie, surtout Mr : KHENNOUF.T, pour leurs conseils, leurs rigueurs, nous leurs somme reconnaissantes.

Nous remercions chaleureusement tout le personnel de laboratoire de biologie sans exception qui a mis à notre disposition tout ce dont on avait besoin en particulier, chef de laboratoire SOUMIA et NASSIHA.

A tout ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



DEDICACE

A l'aide d'ALLAH tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pats et le bonheur de ma vie
ma mère FATIHA qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude,
A mon cher père AMMAR qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long
de mes études,*

A mes chères frères :

*ABDENACER et, MOHAMMED SALAH les mots ne suffisent guère pour
exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.*

A ma très chère sœur et son marie :

*MIRA, ILIYAS et leurs petit ange RAID .En témoignage de l'attachement, de
l'amour et de l'affection que je porte pour vous.*

A tous mes amis :RATIBA,NADJAT,ADILA,SONIA ,MOAD et ASMA

*A mes deux belles binômes HADJER et AMINA pour son aide et les bons
moments passés avec vous.*

A tous mes camarades de contrôle de qualité de promotion 2016 sans exception

NESSMA



DEDICACE

Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été la source de l'amour, de la tendresse, et du courage, qui m'ont soutenu durant 23 ans

*À mes très chers parents : SALAH ET HASSINA,
Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

A mes chères frères :

AHMED et ADEM, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

A ma très chère sœur SIHAM

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A tous mes amis : AMINA, SOUAD, MOFIDA, ZAHIRA, MALIA et surtout AMINA.K et NASSIHA. A. En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A mes deux belles binômes HADJER et NESSMA pour son aide et les bons moments passés avec vous.

A tous mes camarades de contrôle de qualité de promotion 2016 sans exception

AMINA



Dédicace

*Je dédie ce travail en premier lieu à mes parents «BOUALEM et OURDA »
qui mesont très chers en témoignage à leur soutient pendant toute ma vie
caraucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection.*

A ma grand-mère « GUERMIA ».

Je le dédie aussi :

A mes frères : HAMZA, AISSAM , MOUHAMMED REDA et BILAL

A mes sœurs KARIMA et MERIEM

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et
l'affection que je porte pour vous.*

A tous mes amis : TIMA , MERIEM et NADJAT.

*A mes deux belles binômes NESSMA et AMINA pour son aide et les bons
moments passés avec vous.*

*A tous mes camarades de contrôle de qualité de promotion 2016 sans
exception*

HADJER

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Synthèse bibliographiques

Introduction 01

Chapitre I : Blé dur

I-1-Origine et classification de blé dur..... 02

I-1-1- Origine géographique..... 02

I-1-2- Classification génétique..... 02

I-1-3- Classification Botanique..... 02

I-2- Importance du blé dur..... 03

II-2-1- Dans le monde..... 03

II-2-2- Importance en Algérie..... 03

I-3- Structure et composition chimique du grain du blé dur..... 03

I-3-1- Structure du grain..... 03

I-3-2- Composition chimique du grain..... 05

I-3-2-1- Eau..... 06

I-3-2-2- Glucides..... 06

I-3-2-3- Lipides..... 06

I-3-2-4- Minéraux et vitamines..... 06

I-3-2-5- Protéines du blé 06

I-4- Les critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur..... 07

Chapitre II : semoule

II-1- Définition..... 09

II-2- Composition de la semoule..... 09

II-2-1- Glucides..... 09

II-2-1-1- Amidon..... 09

II-2-1-2- Pentosanes..... 09

II-2-2- Protéines..... 10

II-2-3- Lipides..... 11

II-2-4- Sels minéraux..... 11

II-2-5- Enzymes.....	11
II-3- Valeur alimentaire de la semoule.....	11
II-4- Fabrication de la semoule.....	12
II-4-1- Étapes préliminaires de la fabrication.....	12
II-4-2- Nettoyage et préparation de blé.....	12
II-4-3- Mouture du blé	14
II-5-Différents types de la semoule en Algérie.....	15
II-5-1- Semoule grosse (SG).....	15
II-5-2- Semoule grosse moyenne (SGM)	15
II-5-3- Semoule extra (SE)	15
II-6- Stockage de la semoule.....	15
II-7- Critères de la qualité de semoule	16
II-8- Facteurs liés à la valeur semoulière	16
II-8-1- Facteurs Extrinsèques	17
II-8-2- Facteurs intrinsèques.....	17
II-8-3- Facteurs réglementaires	17
II-9-Valeur pastière.....	18
II-10- Utilisation de la semoule.....	18
II-10-1- Fabrication des pâtes alimentaires.....	18
II-10-2- Fabrication de couscous	19

Etude expérimentale

Chapitre III : matériels et méthodes

III-1- Matériel biologique.....	20
III-2- Echantillonnage.....	20
III-3- Conservation de l'échantillon.....	20
III-4- Matériels utilisés	20
III-4-1- Appareillage.....	20
III-4-2- Réactifs	20
III-5-Analyses physico-chimiques.....	21
III-5-1- Détermination de l'humidité.....	21
III-5-2- Détermination de la matière minérale.....	22
III-5-3- Détermination de la teneur en azote total.....	23
III-5-4- Extraction des différentes fractions protéiques de la semoule.....	24
III-5-5- Détermination de l'acidité grasse.....	28

III-5-6- Dosage des lipides	29
III-5-7- Dosage de l'amidon.....	30
III-6- Dosage de gluten et détermination de ses propriétés rhéologiques.....	31
III-6-1-Détermination de taux de gluten humide et sec.....	31
III-6-2- Ramollissement du gluten.....	32
III-6-3- L'extensibilité du gluten.....	33
III-6-4- Test de sédimentation SDS.....	35
III-7-Analyses statistiques des donnés.....	36

Chapitre IV : Résultat et discussion

IV-1- Humidité.....	37
IV-2- Cendres	38
IV-3- Protéines	39
IV-4- Fractions protéiques.....	41
IV-5- Acidité grasse.....	43
IV-6- Lipides.....	44
IV-7-Amidon.....	45
IV-8- Gluten et leurs propriétés rhéologiques.....	47
IV-8-1- Gluten humide, sec et la capacité d'hydratation.....	47
IV-8-2- Ramollissement	49
IV-8-3- Extensibilité.....	50
IV-8-4- Sédimentation.....	51

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

AT : azote totale

B : Bouzian

BSA :Bovin Serum Albumin

CH : capacité d'hydratation

Desf : Desfontain.

FAO :Food and Agriculture Organization

F: Ferdjioua

GH: gluten humide

GS : gluten sec

HPM : haute poids moléculaire.

MG : matière grasse.

MS : matière sèche.

Pe : prise d'essai.

PMG : poids de milles grains.

rpm : tours par minute

S : Sanabil El Salam

SDS : sodium dodécyl sulfate.

SG : Semoule grosse.

SGM : Semoule grosse moyenne.

SE : semoule extra.

Liste des figures

Figure 1 : Composition histologique du grain de blé.....	05
Figure 2: Différentes protéines de la semoule.....	10
Figure 3 : Diagramme de principe de nettoyage et préparation.....	13
Figure 4 : Appareil à cylindres cannelées.....	14
Figure 5 : Opération unitaires de mouture.....	15
Figure 6 :Protocole expérimental de l'extraction des différentes classes de protéines de réserve de semoule.....	25
Figure 7 : Présentation de test de ramollissement de gluten.....	33
Figure 8: Présentation de test d'extensibilité de gluten.....	34
Figure 9 : Taux d'humidité de trois types de semoule.....	37
Figure 10 : Taux des cendres de trois types de semoule.....	38
Figure 11 : Taux de protéines de trois types de semoule.....	39
Figure 12 : Taux des fractions protéiques de trois types de semoule.....	41
Figure 13 : l'acidité grasse de trois types de semoule.....	43
Figure 14 : Taux des lipides de trois échantillons.....	44
Figure 15 : Taux de l'amidon de trois échantillons.....	45
Figure 16 : Taux de gluten humide, sec et la capacité d'hydratationde trois types de semoule.....	47
Figure 17 : Ramollissement de trois types de semoule.....	49
Figure 18 : l'extensibilité de trois types de semoule.....	50
Figure 19 : volume de sédimentation de trois types de semoule.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification botanique de blé dur (<i>Triticum durum</i>).....	02
Tableau 2 : Composition des différentes parties du grain.....	05
Tableau 3 valeur moyenne pour 100g de semoule.....	12
Tableau 4 : Préparation des dilutions de BSA.....	26
Tableau 5 Préparation de la gamme étalon.....	27
Tableau 6 Mesure des échantillons de différentes classes de protéines de réserve extraites.....	28

Synthèse
Bibliographique

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). Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15 % de ses besoins énergétiques (Bajji, 1999).

Le blé est cultivé principalement dans les pays à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Ces régions se caractérisent par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse (Abeledo et al. 2008).

La semoule est le grain de choix pour la fabrication des pâtes alimentaires. Elle est produit essentiellement à partir des graines de blé dur à une série des opérations bien déterminés s'effectué au niveau des semouleries. Ces opérations sont plus précises que celle de la meunerie. Elles comprennent trois phases principales broyage, blutage et sassage.

La qualité technologique d'une semoule pour la fabrication des pâtes alimentaires est définie par son aptitude à donner des produits finis dont l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs. Ces deux caractéristiques sont influencées par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) des semoules, eux même liés à l'origine histologique des produits (Abecassis, 1991).

Le présent travail a pour but d'analyser et caractériser physico-chimiquement des trois variétés de semoule écoulée sur le marché de Jijel, (Bouziane, Ferdjioua et Sanabil El Salam).

Les résultats de cette étude permettraient de mieux orienter le consommateur vers le meilleur type de semoule en se basant sur les caractéristiques rhéologiques de chaque type.

Notre travail dans la première partie réservée à la synthèse bibliographique relative aux connaissances de composition, fabrication, types, les critères de qualité et l'utilisation de la semoule.

La deuxième partie, consacrée à l'étude expérimentale, est divisée en deux parties ; la première décrit le matériel et méthode utilisée dans le présent travail. La deuxième partie traite les résultats obtenus et discussion.

Chapitre 1

Blé dur

I-1-Origine et classification du blé dur

I-1-1- Origine géographique

Le blé dur se cultive dans les régions semi-arides telles que l'Europe Méridionale, les plaines de l'Amérique du Nord, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord qui est considérée comme un centre secondaire de diversification de l'espèce (Elias, 1995).

I-1-2-Classification génétique

Le Blé dur (*Triticum turgidum ssp. Durum* Desf.) est une espèce allo tétraploïde ($2n = 28$, AABB) qui a pour origine l'hybridation suivie par un doublement chromosomique entre *Triticum Urartu* (génomme AA) et une espèce voisine de *Aegilops speltoides* (génomme BB) (Huang et al., 2003).

I-1-3- Classification Botanique

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Graminacées, c'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de tégument. (Greffeuille et al., 2006 ; Lesage, 2011).

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille. D'après la classification de Bonjean et Picard (1990), le blé dur est classé comme suit (Tableau 1) :

Tableau 1 : Classification botanique de blé dur (*Triticum durum*).

<i>Embranchement</i>	<i>Spermaphytes</i>
S/Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Super ordre	Commeliniflorales
Ordre	Poales
Famille	Graminacées
Genre	<i>Triticum</i> sp
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

I-2-Importance du blé dur

I-2-1- Dans le monde

Les céréales occupent une place très importante comme source d'alimentation humaine et animale dans le monde (Allaya et Rucheton, 2006), représentent dans les pays méditerranéens les principales productions agricoles avec plus de 50 % des surfaces cultivées (Bencharif et al., 2009).

La FAO (2007) a estimé une superficie moyenne annuelle de 18 millions d'hectares consacrée seulement pour le blé dur, cette superficie représente 8 à 10 % du total des terres réservées aux blés, avec une production moyenne mondiale annuelle qui avoisine 27.57 Mt durant la période (1994-2007).

I-2-2- En Algérie

L'Algérie est la 5^{ème} dans le classement mondial de consommation des céréales (Djermoun, 2009), elle est parmi les pays les plus grands consommateurs de blé dur au monde, avec un taux de consommation d'environ 216 kg par habitant et par an. Cependant, bien que la culture de blé dur occupe près de 65 % de la surface céréalière du pays, sa production ne couvre que 28 % des besoins de pays (Annicchiarico et al., 2006 ; Weigand, 2011).

Depuis son indépendance, la production algérienne est très instable et oscille entre 10 et 45 millions de quintaux à cause des changements continus du statut des terres agricoles, à leur gestion aléatoire et surtout, au manque de maîtrise des techniques de production par les paysans (Hazmoune, 2000).

I-3- Structure et composition chimique du grain du blé dur

I-3-1- Structure du grain

Le grain de blé est un caryopse, caractérisé par une brosse et parcouru en surface par un sillon longitudinal dont le repli atteint parfois le cartier médian du grain (Boudreau et al., 1992).

Le grain de blé a une forme ovoïde plus ou moins allongée, il a une face dorsale plus ou moins bombée et une face ventrale comportant un sillon profond, à sa partie supérieure de courts poils qui forment la brosse ; à sa partie inférieure visible sur sa face dorsale se trouve le germe (Evers et Millart, 2002).

La coupe longitudinale d'un grain permet de distinguer trois parties essentielles dans les proportions suivantes par rapport au grain total : les enveloppes, amande farineuse (albumen ou endosperme) et le germe (figure 1) (Liyana-Pathirana et al., 2006 ; Blandino et al., 2013).

a- Enveloppes

Elles représentent 13-17 % du grain et donnent le son en semoulerie, elles sont d'épaisseurs variables et sont formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa, cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpes, péricarpes (Barron *et al.*, 2012), le son contient de faibles quantités de protéines, de grandes quantités des vitamines du groupe B, des traces de minéraux et il contient aussi des fibres celluloses dites diététiques (Ostlund *et al.*, 2002 ; Nyström *et al.*, 2007), ils sont riches aussi en matière grasse, contiennent des pigments qui donnent la couleur propre des grains (Zuzana, 2009 ; Barron *et al.*, 2012).

b-Amandes (albumen)

Elles représentent 80- 85 % du grain principalement amylacé et vitreux, possède à sa périphérie une couche à aleurone (Belderok *et al.*, 2000), l'endosperme est une source des farines blanches contenant la plus grande part des protéines du grain, des carbohydrates et aussi riche en fer et en certaines vitamines du groupe B tels : riboflavine, niacine et thiamine (Uauy *et al.*, 2006).

c- Germe

Le germe du grain de blé est riche en lipides, en protéines, en vitamines et en éléments minéraux. Celui-ci représente environ 3 % du grain, il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et permettre d'augmenter la durée de conservation (Godon *et Willm*, 1991 ; Kumar *et al.*, 2011). Il est aussi composé d'un embryon, lui-même formé des coléoptiles, de la gemmule, de la radicule, du coléorhise, de la coiffe et du scutellum (Jeantet *et al.*, 2006).

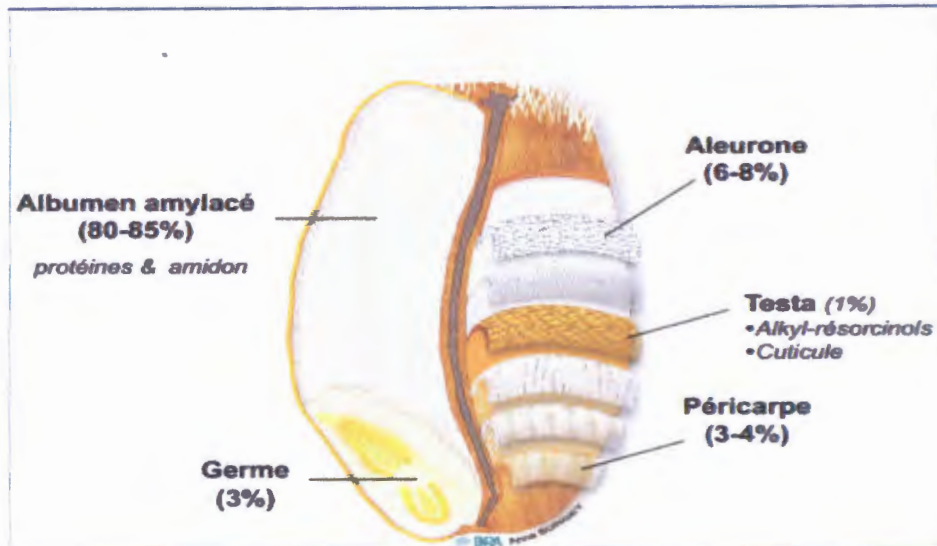


Figure 1 : Composition histologique du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

I-3-2- Composition chimique du grain

Toutes les céréales présentent les mêmes constitutions à savoir : enveloppe, amande farineuse et germe de la future plante dont le blé. Ce qui diffère est le pourcentage de la répartition des différents constituants chimique, que ce soit à l'intérieur des différentes parties de grain; ou sa distribution au sein des différentes fractions histologiques du grain (Tableau 2).

Tableau 2 : Composition des différentes parties du grain (Roudant et al., 2005).

Partie de grain	% de grain	Composition en pourcentage
Enveloppe	9 %	Son, cellulose >20%
Assise protéique	8 %	Protide : 20, lipides : 9, minéraux : 16.
Amande ou albumine	80 %	Amidon : 72, protides : > 10, gluten.
Germe ou embryon	3 %	Protide : 26, lipides > 10, glucide : 10 minéraux : 4,5.

Cette composition dépend de nombreux facteurs : climat, variété, nature du sol, amendements et techniques culturales. Les conditions climatiques et le sol influent considérablement sur la composition chimique.

teneur en protéines, la composition et l'acidité du sol influent sur la teneur en sels minéraux (Roudant *et al.*, 2005).

I-3-2-1- Eau

Le pourcentage en eau du blé varie selon la variété et le temps de récolte, il est d'environ 13,5 %, ce pourcentage a deux effets différents ; il permet d'une part une aptitude de stockage à longue durée et inhibe d'autre part le développement des micro-organismes notamment les moisissures (Fredot, 2005).

I-3-2-2- Glucides

La fraction importante des glucides est représentée par l'amidon d'environ 60 à 70 % du grain et ainsi d'autres pentoses et matières cellulosiques (Patrick, 2006).

I-3-2-3- Lipides

Les grains de blé sont pauvres en lipides, sa teneur en lipides est d'environ 2,7 % d'après Feillet (2000), Certains types ont un pouvoir moussant et contribuent à la fabrication d'un pain bien enveloppé (Patrick, 2006).

I-3-2-4- Minéraux et vitamines

Grande variation en matière de minéraux à savoir : le potassium (340 mg/100 g), phosphore (400 mg/100 g), calcium (45 mg/100 g), sodium (8 mg/100 g) ; Le grain de blé est également riche en vitamines notamment celles du groupe B à savoir B₁, B₂, B₃, B₆, B₉ (Roudant *et al.*, 2005).

I-3-2-5- Protéines

Les protéines sont la base de la qualité technologique du blé et de leurs débouchés que ce soit de première transformation (semoule, farine) ou de deuxième transformation (pâtes alimentaires, couscous, pain), ils contribuent à l'expression des caractéristiques culinaires, le grain de blé contient entre 10 et 15 % de protéines selon la variété, ils sont classés suites à leur solubilité en deux classes à savoir : les protéines solubles et les protéines de réserves (Battais *et al.*, 2007).

- **Protéines solubles**

Les albumines et globulines représentent 15-20 % des protéines totales et sont solubles respectivement dans l'eau et les tampons salins, elles participent à la formation des grains et à l'accumulation des réserves dans l'albumen (Vensel *et al.*, 2005), elles sont présentées dans l'embryon et dans l'endosperme (Macritchie, 1984), les albumines sont relativement riches en tryptophane par rapport aux protéines de réserve et pauvres en azote amidé ; alors que les globulines sont pauvres en tryptophane et très riches en arginine (Dacosta, 1986).

- **Protéines de réserves (Gliadines et Gluténines)**

Le gluten est un élément de qualité du blé, c'est l'ensemble des gluténines et gliadines associés à d'autres constituants (glucides, lipides, matières minérales), il rassemble 75-80 % de protéines de réserves.

D'après Osborne (1907) et Shewry *et al.* (1986) ; les gliadines et les gluténines sont des protéines appartenant à la famille des prolamines (riches en proline et glutamine), elles sont très polymorphes, leur masse molaire varie de 30 à 100 kDa, leur concentration augmente avec la maturité de grain pour atteindre une teneur constante au moment de la récolte.

Les gliadines présentent le grand polymorphisme selon les variétés que les gluténines forment un groupe de prolamine hautement hétérogène, ce polymorphisme est un moyen important d'identification variétale (Evans *et al.*, 1975).

I-4- Critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur

Le blé dur idéal pour un semoulier doit posséder les caractéristiques suivantes : gros et vitreux, ayant des enveloppes fines et une faible teneur en matières minérales, riches en protéines, possédant un gluten ferme et élastique et contient beaucoup de pigments caroténoïdes, mais peu d'activités lipoxygénasiques et peroxydasiques (Ait-Slimane-Ait-Kaki, 2008).

Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur, ils dépendent en partie de la variété et de techniques culturales :

- **Taux de moucheture** : donne des semoules piquées qui entraînent la présence des piqûres noires dans les pâtes provenant du développement du mycélium de différents champignons, se traduit par une diminution de la qualité commerciale des semoules (Samson *et al.*, 2005) ;

- **Taux de mitadinage** : détermine le rendement et la qualité de la semoule, il rend compte des proportions d'amande farineuse et vitreuse (Cheret et al., 2003). Le mitadinage est un accident physiologique provoquant un changement de la texture de l'albumen (Godon et Loisel, 1997) ;
- **Poids de 1000 grains (PMG)** : un critère variétal, mais peut subir des fluctuations liées en particulier à l'échaudage, ce dernier résulte d'une maturation hâtée et fournit un grain ridé, riche en son, la présence de grain échaudé à une incidence sur le rendement en mouture (Matsuo et Dexter, 1980) ;
- **Taux des protéines** : est connue comme l'élément important de la qualité, il a une influence directe sur la qualité des pâtes et pain (Sisson, 2008), elle est influencée par les facteurs génétiques et agro climatiques (Bakhella et al., 1996) ;
- **Taux des impuretés** : sont les meilleurs critères déterminants dans leur achat, ce sont des éléments considérés comme indésirables dans le blé, elles sont constituées de grains de l'espèce cassés, altérés ou attaqués par des déprédateurs, de grains étrangères (Godon et Loisel, 1997) ;
- **Taille des grains** : est considérée comme un facteur important de la valeur semoulière des blés durs, les variétés à gros grains sont généralement préférées aux variétés à petits grains (Lempereur et al., 1997).

Chapitre 2

Semoule

II-1- Définition

La semoule de blé dur est le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par procédés de mouture ou de broyage au cours duquel le son et le germe sont essentiellement éliminés et le reste étant broyé à un degré de finesse adéquat (AFNOR, 1991 ; FAO, 1994).

Les produits les plus demandés correspondent à des semoules pures présentent une granulométrie homogène. Elle se différencie de la semoule de blé tendre par sa couleur plus jaune, par son brillant nettement vitreux et par la dureté des fragments isolés (Codex Stan, 1991).

II-2- Composition de la semoule

La semoule issue de l'endosperme amylicé (albumen), joue un rôle déterminant la fabrication des produits à base du blé. La composition biochimique de semoule varie avec le taux d'extraction (Boudreau, 1992). Les principaux composants sont :

II-2-1- Glucides

II-2-1-1- Amidon

L'amidon est le glucide qui se trouve en plus grande quantité dans l'albumen, et peut atteindre 82 % de la matière sèche de la semoule de blé (Bornet, 1992 ; Sisson, 2008), il a un rôle important dans la panification puisqu'il assure la dilution du gluten, fixe l'eau et constitue une source de sucres fermentescibles (Feillet, 2000). Le taux des granules d'amidon endommagé de manière physique durant l'opération de mouture caractérise l'utilisation spécifique du produit et reflète son degré d'hydratation.

II-2-1-2- Pentosanes

Beaucoup moins abondants que l'amidon, les pentosanes se distinguent par leur structure arabinoxylanique ou arabinogalactanique, ils sont liés de manière covalente avec une protéine pour former une glycoprotéine qui, une fois en solutions n'est pas dénaturer par la chaleur et participe avec l'acide férulique au phénomène du gel durant la cuisson de la pâte. Les pentosanes agissent aussi comme agents de liaison de l'eau au cours de pétrissage, ils joueraient un rôle important dans l'augmentation de volume du pain (Boudreau, 1992).

II-2-2- Protéines

Du point de vue quantitatif, les protéines sont le deuxième élément en importance dans la semoule, leur teneur variée entre 8 % à 16 % (à base sèche) selon l'espèce et degré de maturation du grain (Boudreau, 1992), selon leur solubilité, il existe quatre sous classe :

Gluten : représente 80 à 85 % des protéines totales qui restent insolubles ; est un mélange de deux types des protéines, les gliadines (30 à 40 %) et les gluténines (40 à 50 %) (Figure 2) (Shewry *et al.*, 1986). Il est considéré comme un matériel viscoélastique et un facteur primordial pour la détermination de la qualité fonctionnelle de la semoule (Feuillet, 2000). L'élasticité et la ténacité du gluten sont généralement des propriétés attribuées à la présence des gluténines alors que sa viscosité est associée aux gliadines (Shewry *et al.*, 1986 ; Sisson, 2008).

Albumines et les globulines : (15 à 20 % des protéines totales) sont solubilisées dans les solutions salines diluées, sont des protéines physiologiquement actives, ce qui signifie qu'une plus grande concentration de ces entités se trouve dans les graines de blé avant maturité.

La valeur boulangère des protéines ou de glutes répond notamment aux facteurs héréditaires (Boudreau, 1992).

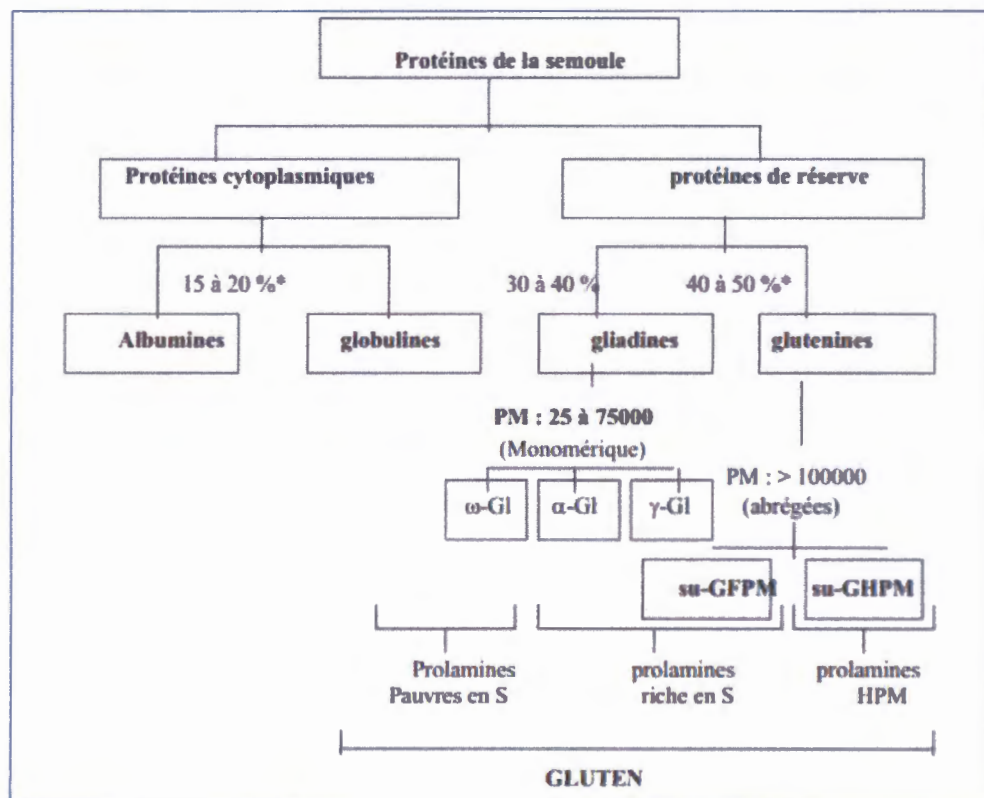


Figure 2: les différentes protéines de la semoule (Shewry *et al.*, 1986).

II-2-3- Lipides

Les lipides de la semoule représentent en moyenne 2 à 3 %. Ce sont des constituants mineurs, les lipides libres représentent environ 64 % des lipides totaux, le reste non extractible, dits lipide liés, représentés principalement par les glycolipides. Ils jouent un rôle très important pour déterminer la couleur des pâtes (Sisson, 2008).

Les lipides neutres ou non polaires joueraient un rôle d'agent lubrifiant et tensio-actif en association avec les protéines et l'amidon, facilitant ainsi le développement de la pâte boulangère au moment de pétrissage, tandis que les lipides polaires joueraient un rôle sur l'augmentation de volume de pain (Boudreau, 1992).

II-2-4- Sels minéraux

Le taux des sels minéraux de la semoule de blé est fonction du degré de minéralisation du grain, mais sur tout paramètre de conditionnement et du diagramme de mouture (taux d'extraction), mise en œuvre par le semoulier (Boudreau, 1992).

II-2-5- Enzymes

Les enzymes sont présentes en petite quantité dans la semoule, les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénase et l'amylase bien que la documentation rapporte aussi la présence des phytases (phosphatases), de peroxydases et de catalases. Il est intéressant de noter que la semoule est pauvre en système enzymatique protéique, les protéases jouent un rôle important durant le stockage de blé à long terme (Sisson, 2008).

Le devenir des lipides au cours de stockage de semoule ainsi dépend aux deux classes d'enzymes : les lipases et les lipoxygénase. L'augmentation de l'acidité ou la libération des acides gras provenant principalement de l'hydrolyse de triglycérides se déroule sous l'action des lipases (Boudreau, 1992).

II-3- Valeur alimentaire de la semoule

La semoule est un aliment très énergétique : 100 g fournissent 350 Kcals. C'est un aliment recommandé spécialement aux travailleurs et aux sportifs.

La semoule est un aliment nutritif facile à interposer et peut être traité dans plusieurs types de nourriture. Elle est considérée comme une bonne source des protéines, minéraux, vitamines de

groupe B, et des fibres diététiques [Tableau 3](#). Elle est recommandée aussi à tous ceux qui ont des difficultés de digestion ([Kumar et al., 2011](#)).

Tableau 3 Valeur moyenne de constituants pour 100 g de semoule ([Apfelbaum et al., 2009](#))

Constituants	quantités	Constituants	quantités
Protéines	10.3g	Vitamines A	Néant
Lipides	0.8g	Vitamines B1	0.12 mg
Glucides	74.3g	Vitamines B2	0.04 mg
Eau	13.1g	Calcium	362 mg
Fibres	Néant	Sodium	1 mg

II-4- Fabrication de la semoule

Les semoules sont constituées des fragments de taille plus ou moins fine de l'amande cassée. On les extrait à partir des blés durs très vitreux ([Roudaut et Lefrancq, 2005](#)).

II-4-1- Étapes préliminaires de la fabrication

Le blé utilisé est d'abord pesé, échantillonné et analysé, puis il subit un pré-nettoyage qui a pour but d'éliminer les gros refus issus du déchargement, les métaux ferreux, la poussière. Ensuite, le blé est transmis vers les silos de stockage par le biais des transporteurs et des élévateurs à godets ([Jimenez Gonzalez, 1995; Doumandji et al., 2003](#)).

II-4-2- Nettoyage et préparation de blé

Le blé avant d'être mise en mouture, doit subir à une opération de nettoyage par déversement dans des nettoyeurs séparateurs son but est de retirer les pierres et autres déchets inertes et enlever les graines étrangères ([Abecassis, 2015](#)).

La préparation à pour but d'accroître la plasticité des enveloppes et la préparation en deux étapes :

- **Le mouillage** ou humidification de graine :

Au départ le grain de blé possède une teneur en eau égale à 11 ou 12 %. Avant de réaliser les moutures, les grains sont préconditionnés à 17 % d'humidité puis sont traités sur le pilote industriel (Chaurand et al., 1999).

- **Le conditionnement** ou temps de repos

Cette opération a pour but de modifier l'état physique du grain par la pénétration de l'eau dans ce dernier afin d'obtenir la meilleure séparation possible entre l'amande du grain et son enveloppe (Doumandji et al., 2003).

Le diagramme représente la marche du produit d'un appareil à un autre (pesé, magnétique, triage,..., brossage,...) (Figure 3).

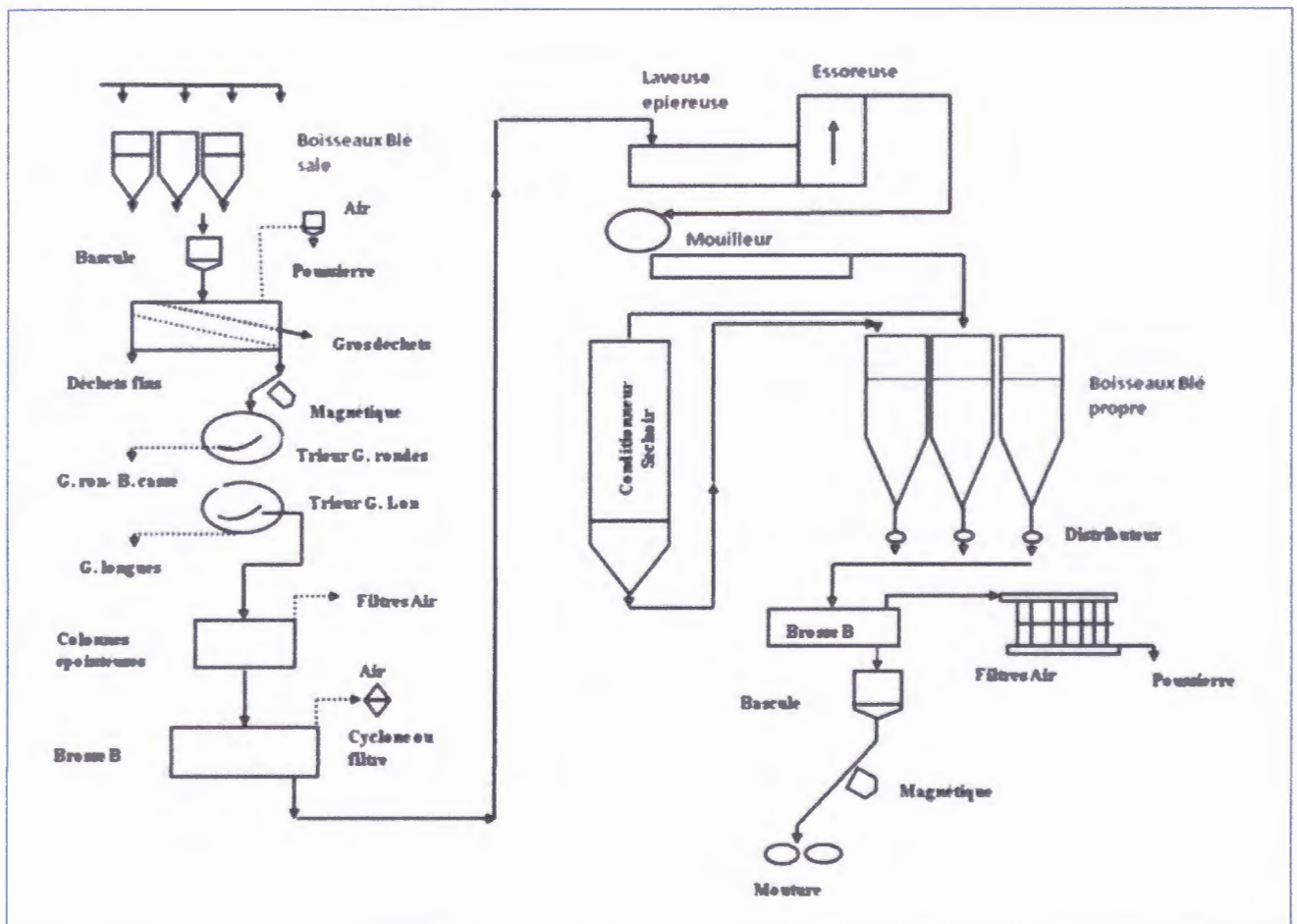


Figure 3 : diagramme de principe de nettoyage et préparation (Doumandji et al., 2003).

II-4-3- Mouture du blé

Le procédé de mouture comprend les étapes suivantes :

a-Broyage : C'est la première opération de mouture, permet d'isoler la majeure partie de l'albumen amylicé des autres parties du grain : enveloppes et germe. Elle est réalisée par une succession de broyeurs à cylindres cannelés (Figure 4), qui assurent l'ouverture du grain et la réduction en taille des fractions, les cannelures sont d'une grande importance puisqu'elles effectuent une opération de grattage du maximum d'amande adhérente à l'enveloppe (Mabille, 2012).

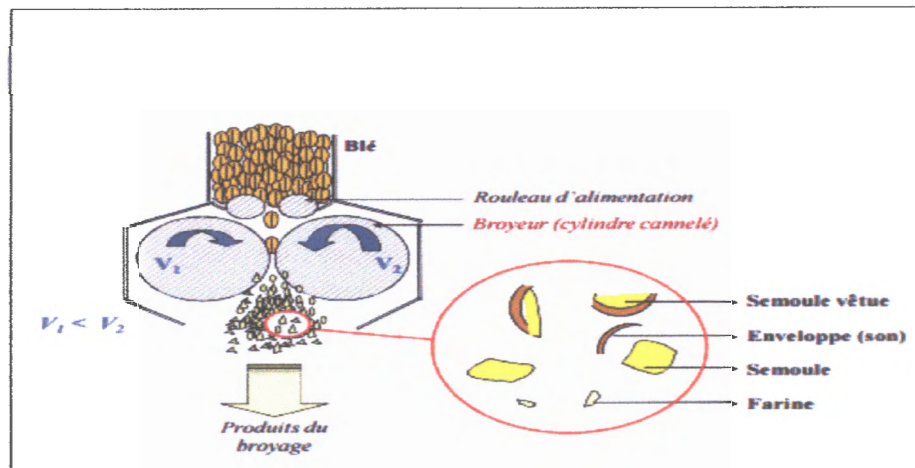


Figure 4 l'appareil à cylindres cannelés (Abecassiss, 2015).

b- Blutage : Permet un passage sur une série de tamis superposés basés sur des mouvements oscillatoires (planschistères ou bluteries) pour recueillir de la ferme des semoules et des issues.

c- Sassage : Opération suivant le blutage permet le classement des semoules par passage sur des tamis appelés sasseurs. Cette opération consiste à séparer les diverses semoules en fonction de leur granulométrie (Doumandji et al., 2003).

d- Désagrégage : permette le traitement des semoules vêtues (semoules refusées au niveau du sasseur) en éliminant les fragments de son qui adhèrent à l'amande (Figure 5) (Jeantet et al., 2006).

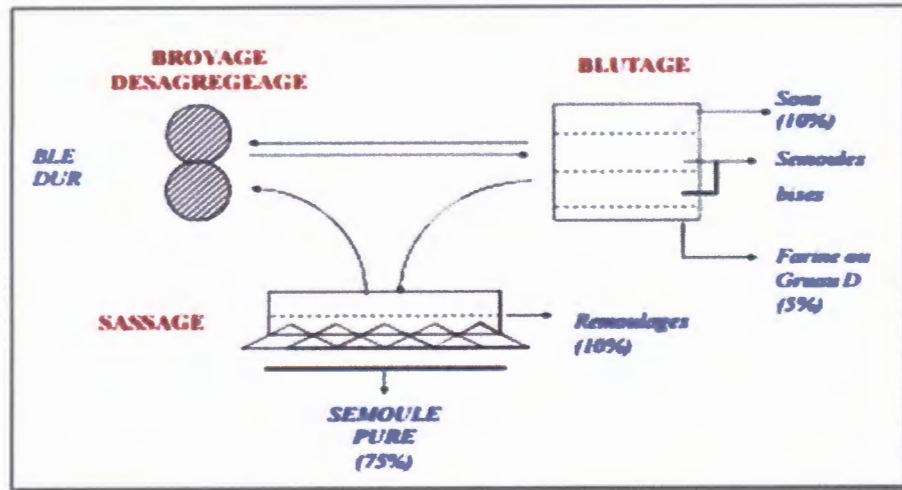


Figure 5 : opération unitaires de mouture (Abecassis, 2015)

II-5- Différents types de semoule en Algérie

De nombreux types de semoule sont définis en plusieurs catégories selon différents paramètres tels que le taux de cendres, le taux d'humidité et la granulométrie des semoules

II-5-1- Semoule grosse (SG) : La semoule grosse doit avoir un refus de 50 % au tamis 30 et 40. Cette semoule est essentiellement destinée à la fabrication du couscous type gros.

II-5-2- Semoule grosse moyenne (SGM) : elle présente un refus au tamis 100 de 90 %. Cette semoule est généralement vendue en l'état pour l'utilisation ménagère (couscous, galette, biscuits) et pour la fabrication du couscous industriel de type moyen.

II-5-3- Semoule extra (SE) : ses particules sont fines, elle présente une granulométrie dont le refus au tamis 120 est de 90%. Cette semoule est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles (Benbelkasem et al., 1995).

II-6- Stockage de la semoule

Les semoules de blé dur doivent être emballées dans des récipients préservant la qualité hygiénique, nutritionnelle, technologique et organoleptique du produit. Les récipients doivent être fabriqués avec des matériaux sans danger. Ils ne doivent transmettre aux produits aucune substance toxique, ni aucune odeur ou saveur indésirables (Codex Stan, 1991).

II-7- Critères de la qualité de semoule

Parmi les critères de qualité qui permet d'apprécier la qualité de la semoule, les entreprises transformatrices du blé déclarent que l'indice de :

- **Coloration jaune** : est le premier critère de choix et a une grande importance pour les Consommateurs (Madani, 2009), plus la semoule est jaune et dorée plus, meilleure sera sa qualité gustative et la couleur des produits finaux (Codex Stan, 1991).

Les industriels apprécient les semoules d'un jaune franc, donnant des pâtes de bel aspect, et refusent les semoules blanches ou grisâtres (Matweef, 1966).

- **Taux de gluten** : est un critère important lors de l'achat des semoules. En effet, plus la semoule a une forte teneur en gluten plus la qualité des produits finaux sera meilleure notamment dans la fabrication des pains traditionnels algériens (Madani, 2009).
- **Teneur en cendre** : Ce critère est important pour avoir une idée générale sur la qualité nutritionnelle et surtout en éléments minéraux que constitue une semoule complète issue d'un grain entier de blé dur (Sassi, 2008).

Le choix du consommateur se base sur plusieurs critères d'où la nécessité de sélectionner des variétés qui possèdent les qualités requises :

- Les ménagers recherchent des semoules pures et de couleur dorée, cette semoule doit présenter une granulométrie homogène.
- Le semoulier recherche des variétés à poids spécifique élevé du fait que les unités de transformation se basent sur ce paramètre pour la trituration.
- Le pastier recherche des semoules pures et non contaminées par le son, dont la qualité des protéines soit satisfaisante (Benbelkacem et al., 1995 ; Brinis et al., 2001).

II-8- Facteurs liés à la valeur semoulière

La valeur semoulière d'un blé dur est l'aptitude à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée (Feillet, 2000), dépendra de la nature des semoules employées et leur aptitude à produire des pâtes alimentaires de qualité (Kovacs, 1995). Elle se lie avec plusieurs groupes de facteurs :

II-8-1-Facteurs Extrinsèques

Ces facteurs sont très liés aux conditions de culture et de récolte (Kaan, 1993 ; Ripetti, 2000). Leur influence sur la valeur semoulière est évidente et il en est d'ailleurs régulièrement tenu compte dans les transactions commerciales (Godon et Loisel, 1997), ces facteurs sont :

- **Teneur en eau** du grain que l'on souhaite la plus faible possible, elle est généralement comprise entre 12 et 18% de matière sèche (Lampreur, 1997).
- **Taux d'impuretés** : le plus souvent égal à 2 ou 3 % et qui représente la somme des produits étrangers utilisable (graines d'autres céréales), nuisibles (ergot) ou inertes (pierres), les grains de blé tendre sont considérés comme des impuretés jusqu'à 4%, au-delà, le lot n'est plus considéré comme un lot de blé dur sain, loyal et marchand (Godon et Loisel, 1997 ; Doumandji, 2003).
- **Taux et grosseur des grains cassés** : il est parfois impossible de séparer d'autres impuretés au cours de nettoyage, les variétés à gros grains sont généralement préférées aux variétés à petits grains (Lampreur, 1997).

II-8- 2- Facteurs intrinsèques

Ce deuxième groupe de facteurs englobe plusieurs caractéristiques qui dépendent exclusivement de la nature des blés mis en œuvre et des facteurs variétaux et agronomiques (Ripetti, 2000), dans cette optique la valeur semoulière dépend de :

- **Rapport albumen /enveloppes** que l'on recherche aussi élevé que possible, Ce rapport dépend de l'épaisseur des enveloppes, de la forme du grain et de son degré d'échaudage (Godon et Loisel, 1997).
- **Fiabilité de l'albumen** : qui détermine le rendement relatif en semoule et farine.
- **Facilité de séparation de l'albumen et des enveloppes** : traduit la difficulté rencontrée par le semoulier pour épuiser convenablement les sons (Doumandji, 2003).

II-8- 3- Facteurs réglementaires

- **Taux de cendres** : influence en grande partie la valeur semoulière d'un lot de blé. Cependant cette méthode reste discutable, d'une part à cause de la forte variabilité du gradient de concentration des matières minérales au sein de l'albumen et d'autre part en raison de la forte influence de la

teneur en matières minérales du grain entier sur celle de la semoule totale (Abecassis et Feillet, 1985).

II-9- Valeur pastière

C'est l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires (Abecassis, 1990), Elle regroupe deux aspects principaux :

- **Qualité visuelle**

Les pâtes de couleur jaune ambrée et qui ne représentent pas de piqûres sont à rechercher, les grains mouchetés présentent des taches brunes à noirâtres sur les enveloppes, au niveau du germe et/ou le sillon, causées par des champignons, Ainsi ces zones colorées se retrouvent en partie sous forme de piqûres noires après mouture, dans la semoule et puis dans les pâtes alimentaires entraînant une dépréciation de la valeur commerciale de ces produits (Doumandji, 2003).

- **Qualité culinaire**

La qualité culinaire est un critère important associé à la qualité de la semoule (Liu et al., 1996), elle regroupe, l'ensemble des caractéristiques suivantes : temps de cuisson, absorption d'eau pendant la cuisson, texture des produits cuits (fermenté et élasticité), état de surface des produits cuits, arôme et goût (Feillet, 1986).

La qualité culinaire supérieure est liée au rapport élevé gluténines/gliadine ou au pourcentage élevé des protéines insolubles (Feillet et Dexter, 1996).

II-10- Utilisation de la semoule

La semoule est utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est de couscous (Djermoun, 2009 Micard et al., 2009 ; Kezih et al., 2013).

II-10-1- Fabrication des pâtes alimentaires

La semoule est utilisée pour la préparation des pâtes alimentaires (Landi, 1995) qui peuvent être décrites comme des produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage sans fermentation de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et éventuellement d'œufs (140 à 350 g d'œufs frais par kg de semoule), et soumis à des traitements physiques appropriés tels que le tréfilage, le

laminage et le séchage, ce qui leurs donnent l'aspect souhaité par les usagers. L'ajout de gluten, des légumes et des aromates est également autorisé (Feillet, 2000).

II-10-2- Fabrication de couscous

Selon la norme AFNOR (1995) et la norme *codex alimentarius 202* (1995), le couscous est un aliment constitué exclusivement de semoule de blé dur et présentant les caractéristiques spécifiques du blé dur (*Triticum durum*) est un produit alimentaire très ancien, inventé par les Berbères en Afrique du Nord. Dans les pays du Maghreb et du Moyen-Orient, on utilise surtout des grosses semoules pour la fabrication du couscous ou la consommation en l'état (Abecassis et Rousset, 2012), son procédé de fabrication passe par de plusieurs étapes: agglomération, cuisson, séchage. Au cours de l'agglomération, les particules de semoule sont hydratées, mélangées et roulées. Par hydratation, des liens se forment entre particules de semoule et permettent leur agglomération (Hebrard, 2003 ; Kezih et al., 2013).

Partie expérimentale

III- Matériel et méthodes

III-1- Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué de trois types de semoule : Ferdjioua, Bouziane et Sanabil-El Salam achetés de différents magasins de la ville de Jijel.

III-2- Echantillonnage

On a pris trois échantillons représentatifs de chaque type de semoule.

III-3- Conservation de l'échantillon

Après le prélèvement des échantillons, on les a mis dans des sachets propres, secs et fermés. La température de conservation est celle du laboratoire.

III-4- Matériel utilisés

III-4-1- Appareillage

- Étuve (memmert) ;
- Four à moufle (Furnace) ;
- Dessiccateur ;
- Balance de précision à deux chiffres après la virgule (0.01g) (Kern) ;
- Balance analytique de précision à quatre chiffres après la virgule (0.0001g) (Kern) ;
- Réfrigérateur (condor) ;
- Appareil Kjeldahl (Gerhardt) ;
- Appareil Soxhlet (Gerhardt) ;
- Centrifugeuse à 6000 tours/minute (Max) (Hettich EBA-20) ;
- Spectrophotomètre UV-visible (Jenway);
- Rotavapeur (Heidolph).

III-4-2- Réactifs

- Eau salée à 2 % (NaCl)
- SDS (sodium dodécyl sulfate)
- Acide lactique
- Acide sulfurique (H₂SO₄) 0.1 N
- Catalyseur (sulfate de potassium et sulfate de cuivre)
- NaOH à 40 %

- Acide sulfurique (0.1 N)
- Indicateur coloré (Tashiro)
- Tris HCl (100 mM)
- NaCl (0.5 M)
- Isopropanol à 55 %
- Acide acétique (0.2 N)
- Acide borique à 4 %
- Bleu de Coomassie
- BSA à 2 mg/ml (Bovine Serum Albumin)
- Réactif de Bradford
- Ethanol à 95 %
- Phénol phtaléine
- Hydroxyde de sodium (0.05 N)
- Tampon phosphate (Na_2HPO_4) (1N) à pH 6.8

III-5- Analyses physico-chimiques

Les méthodes d'analyse physico-chimiques, présentées dans ce chapitre ont été mises au point pour définir la qualité technologique selon différents critères : la composition de la semoule (teneur en eau, teneur en protéines, la teneur en lipides,etc.), et les caractéristiques du gluten.

III-5-1- Détermination de l'humidité

La teneur en eau (humidité) est la quantité d'eau perdue par l'aliment lorsqu'on le place en équilibre avec une pression de vapeur d'eau nulle (Sassi, 2008).

III-5-1-1- Principe

La teneur en eau est déterminée selon la méthode de référence (AFNOR N.F.V03-707, 1991) qui consiste à un étuvage à pression atmosphérique à une température de 130 à 133°C dans des conditions opératoires définies.

III-5-1-2- Mode opératoire

On a séché à une pression atmosphérique dans une étuve une prise d'essai de 5 g de semoule à une température de 107 °C pendant 2 h, puis on a pesé la masse de l'échantillon avant et après le séchage.

III-5-1-3- Expression des résultats

$$\text{Teneur en eau} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100$$

m_0 : La masse de prise d'essai.

m_1 : La masse de la prise d'essai après étuvage.

III-5-2- Détermination de la matière minérale (teneur en cendres)

Le taux des cendres est important pour la semoulerie, car il est lié au taux d'extraction, est un critère pour apprécier la pureté de la semoule, car il signifie leurs taux en matière minérale, il donne une indication sur la quantité de matière minérale qui existe.

On appelle cendre les résidus minéraux incombustible après incinération du produit dans des conditions bien déterminées et à une température comprise entre 550 et 900 °C (Godon et Loisel, 1997).

III-5-2-1- Principe

La détermination de taux de cendres consiste à une incinération dans des conditions strictement définies, d'une masse connue d'un échantillon.

Lorsque l'incinération est totale, il ne reste dans les nacelles que les cendres à la masse de la prise d'essai constituée le taux de cendres (Godon et Loisel, 1997).

III-5-2-2- Mode opératoire

On a chauffé les nacelles pendant 10 minutes dans le four à moufle réglé à 550 °C ± 10 °C, ensuite on les a laissées refroidir à la température ambiante, puis on les a pesées.

Dans les nacelles à incinération préparées, 5 g de semoule ont été pesés et placés dans le four préalablement chauffé à 550 °C ± 10 °C durant au moins 4 h jusqu'à ce que la matière s'est enflammée, après avoir retiré les nacelles du four et les refroidir dans le dessiccateur, on les a pesées.

III-5-2-3- Expression des résultats

Les cendres brutes exprimées en pourcentage en masse de l'échantillon pour essai.

$$\text{Teneur en cendres} = \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

Où :

m_0 : la masse de la prise d'essai.

m_1 : la masse des cendres brutes.

III-5-3- Détermination de la teneur en azote total (méthode de Kjeldhal)

La teneur en protéines est un facteur déterminant des propriétés rhéologiques et culinaires des semoules, elles sont responsables de la qualité des pâtes alimentaires (Liu *et al.*, 1996).

III-5-3-1- Principe

La méthode Kjeldahl est conçue officiellement pour la détermination de la teneur en azote total selon la Norme (AFNOR NF V-O3-050, 1991).

La méthode repose sur :

- Une minéralisation par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur ;
- Une alcalinisation des produits de la réaction par la lessive de soude concentrée ;
- Une distillation de l'ammoniac libéré et titrage.

III-5-3-2- Mode opératoire

Le dosage des protéines suit les étapes suivantes :

Minéralisation

On a introduit dans un matras 2 g de catalyseur (CuSO_4 , K_2SO_4), 1 g de semoule et 12 ml d'acide sulfurique concentré puis on a placé ce matras sur la rompe de minéralisation, le chauffage doit se faire progressivement jusqu'à ce que le minéralisât est devenue limpide.

Dilution

Le minéralisât refroidi a été dilué avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 ml, placée dans un bain de glace pour éviter les pertes d'azote sous forme de vapeur d'ammoniac.

Alcalinisation

Dans un matras on a introduit 20 ml du minéralisât dilué puis on y a ajouté 20 ml de lessive de soude (NaOH à 40 %), pour déplacer l'ammoniac de son sel et neutraliser l'acide sulfurique restant.

Distillation

Le matras contenant l'aliquote alcalinisée de 40 ml a été placé dans la rompe de distillation, une fois l'ammoniac (NH₃) est libérée de son sel et entraînée par la vapeurs d'eau, elle a été récupérée dans un Erlen-Meyer de 100 ml contenant 25 ml d'acide borique à 4 % et quelques gouttes de l'indicateur coloré (Tashiro) pour apparaître une couleur jaune.

Titration

Une fois le distillat est récupéré dans l'Erlen-Meyer, il sera titré avec une solution diluée de H₂SO₄ (0.1N), la titration au goutte à goutte est achevée quand la couleur jaune vire au rose.

III-5-3-3- Expression des résultats

La teneur en azote total AT est exprimée en g pour 100 g de produit suivant la formule ;

$$AT(\%) = V \times 0.0014 \times 10 \times 100 / P_e$$

Où :

V : chute de burette (volume de la solution titrant en ml)

Pe : prise d'essai.

La teneur en protéines est déterminée à partir du taux d'azote total multiplié par le coefficient de conversion 5.7 pour les céréales selon (Godon, 1991 ; Bar, 1995).

III-5-4- Extraction et dosage des différentes fractions protéiques de la semoule

Les protéines de réserve végétales fournissent plus de la moitié des protéines totales et sont constituées d'un mélange, en proportions variables, de diverses catégories de protéines réparties depuis fort longtemps (Osborne, 1924).

III-5-4-1- Extraction des fractions protéiques

III-5-4-1-1- Principe

Afin d'extraire toutes les classes des protéines de réserve de la semoule, nous avons mis au point un protocole de fractionnement des différentes catégories de protéines (selon la solubilisation dans différents solutions), se basant sur leurs différences de solubilité (Osborne, 1924), Puis la concentration en protéines de chaque fraction est déterminée par la méthode Bradford.

III-5-4-1-2- Mode opératoire

L'ensemble des étapes du fractionnement est résumé dans la **Figure 6**, la semoule préalablement dilipidée au Soxhlet a été broyée énergétiquement dans de l'eau distillée à raison de 0.05 g / 5 ml de tampon, l'homogénat a été centrifugé à 10000 rpm à 4 °C pendant 20 min.

Un aliquote du surnageant qui contient les albumines solubles a été récupéré pour le dosage des protéines. Le premier culot a été homogénéisé de nouveau dans une solution de Tris HCl 100 mM, NaCl 0.5 M à pH 8.1 pour l'extraction de la fraction globulines, après centrifugation dans les mêmes conditions que précédemment, de même, le culot 2 a été repris dans une solution d'isopropanol à 55 %, après homogénéisation et centrifugation, les prolamines ont été récupérées. Enfin, le culot 3 servira pour l'extraction des gluténines par une solution d'acide acétique 0.2 N.

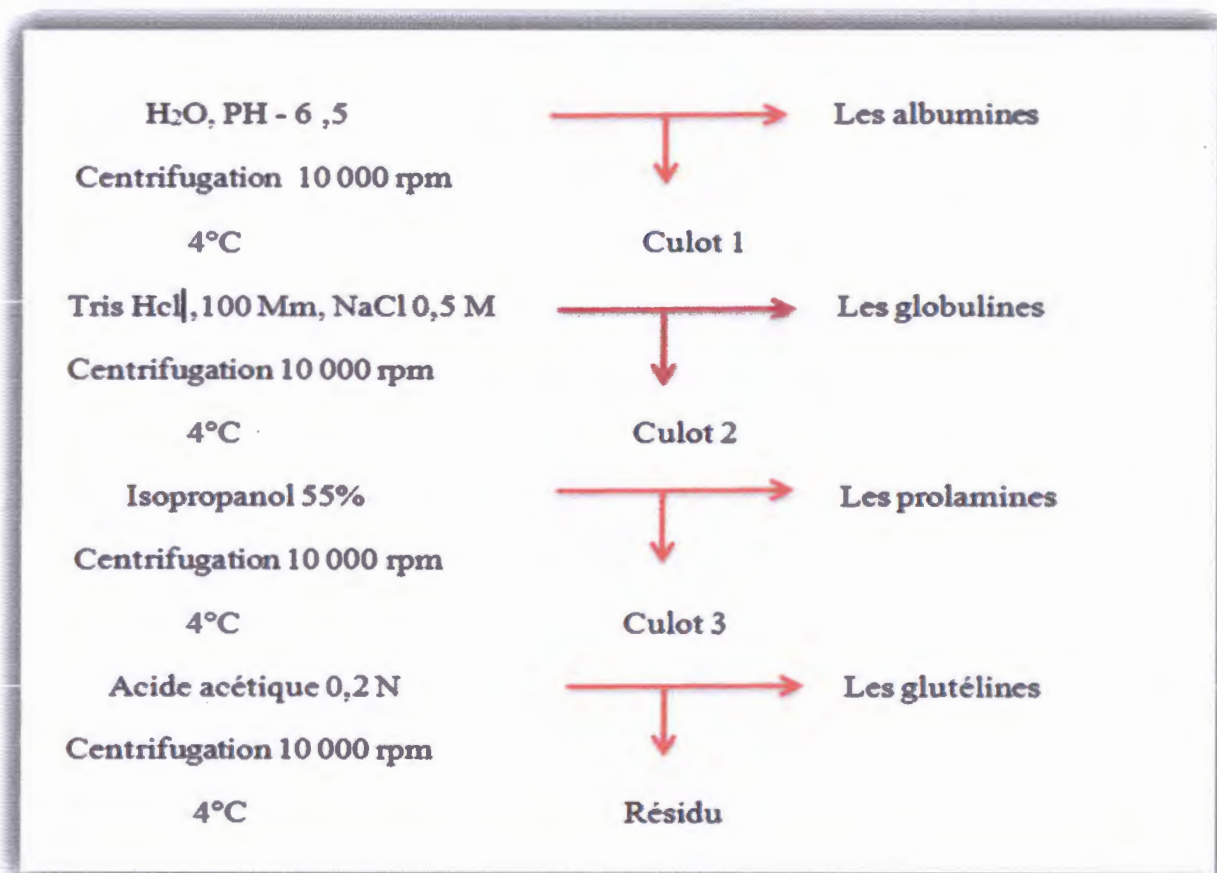


Figure 6 : Protocole expérimental de l'extraction des différentes classes de protéines de réserve de semoule (Nasri et Triki, 2007).

III-5-4-2- Dosage des protéines par la méthode de Bradford

L'estimation des quantités de chaque catégorie de protéines est réalisée selon la méthode de dosage de Bradford (1976).

III-5-4-2-1- Principe

Le Bleu de Coomassie Brilliant G-250, est ajouté à la solution de protéine dans des conditions de pH acide, le Coomassie se lie à la protéine par des interactions non-covalentes (ponts hydrogène, interactions hydrophobes et interactions ioniques) et sa longueur d'absorption maximale augmente de 465 nm (rouge) à 595 nm (bleu). On mesure l'absorbance à 595nm d'une solution contenant du bleu de Coomassie pour doser son contenu en protéines et on se réfère à une gamme étalon composé d'une concentration de protéines connue (BSA).

III-5-4-2-2- Mode opératoire

- **Préparation de bleu de coomassie**

Le bleu de coomassie a été préparé comme suit : 100 mg de poudre de bleu de Coomassie G 250 ont été dissous dans 50 ml d'éthanol absolu, puis on y a ajouté 100 ml d'acide orthophosphorique à 85 %, le mélange résultant a été ajusté avec de l'eau distillée à un volume final de 1000 ml, puis filtré et conservé à froid (4°C).

- **Préparation des dilutions de BSA**

Tableau 4 : Préparation des dilutions de BSA

N° Tube	1	2	3	4	5
BSA à 2 mg/ml (ml)	0	0.25	0.5	1	1.4
H ₂ O distillée (ml)	2	1.75	1.5	1	0.6
Volume total (ml)	2	2	2	2	2
[BSA] (mg/ml)	0	0.25	0.5	1	1.4

- **Préparation de la gamme étalon**

Cette méthode consiste à réaliser une gamme étalon à partir de quelque tube de concentrations connues, on a utilisé de la BSA (Bovine Serum Albumin) comme protéine standard, Cette gamme

Où :

V_1 : le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination d'acidité grasse.

V_0 : le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc.

m : la masse en grammes de la prise d'essai.

T : le titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée (0.05 N).

III-5-6- Dosage des lipides

Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que se soit lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, émulsification et production de composés volatiles des pâtes (Feillet et Dexter, 1996).

III-5-6-1- Principe

La méthode Soxhlet est la méthode de référence (AFNOR AF-V03, 1991) utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés, c'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

La semoule est pesée et placée dans une capsule de cellulose, l'échantillon est extrait en continu par de l'éther éthylique à ébullition qui dissout graduellement la matière grasse, le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral, comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète, une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

III-5-6-2- Mode opératoire

On a placé dans l'appareil à extraction la cartouche contenant la prise d'essai broyée 20 g de la semoule, on a versé dans le ballon préalablement pesé vide la quantité nécessaire de solvant éther de pétrole 200 ml puis on a adapté le ballon à l'appareil d'extraction sur le bain à chauffage électrique.

Le solvant continue de s'évaporer alors que le lipide extrait reste dans le ballon, dont la température d'ébullition doit être nettement supérieure à celle du solvant extracteur, après une extraction d'une

durée de 4h, on a éteindre l'appareil et on laisse refroidir, on a éliminé le solvant par évaporation en utilisant un Rotavapeur, enfin on a pesé le ballon contenant le résidu de la matière grasse.

III-5-6-3- Expression des résultats

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{P_e} \times 100$$

Où :

P_2 : poids du ballon vide.

P_1 : poids du ballon après évaporation.

P_e : masse de la prise d'essai.

MG : taux de la matière grasse.

III-5-7- Dosage de l'amidon

L'analyse de la teneur en amidon présente un intérêt nutritionnel vu que l'amidon est une source de glucides importante dans l'alimentation et un intérêt réglementaire dans le but de contrôler la pureté des amidons industriels.

L'amidon constitue la fraction la plus important du produit de moutures de blé et joue également un rôle important dans les propriétés rhéologiques (Chene-Adrianor, 2001).

III-5-7-1- Principe

A partir de chaque semoule, on sépare l'amidon avec NaCl 2 % en tampon phosphate à pH 6.8. La masse d'amidon obtenue a été ensuite purifiée par des lavages à l'eau et avec du méthanol 85 % (Schoch, 1942).

III-5-7-2- Mode opératoire

A partir de chaque semoule on a pris une quantité de 2 g, puis on a séparé l'amidon avec NaCl à 2 % dans un tampon phosphate de sodium (Na_2HPO_4) 1N à pH 6.8, ensuite, la masse d'amidon obtenue a été purifiée par un lavage à l'eau, suivi par une centrifugation à 1200 tour/min trois fois consécutives, et un séchage à l'air, ensuite on a ajouté le méthanol à 85 % suivi d'une centrifugation à 1200 tour/min trois fois, un séchage à l'aire a été effectué, enfin, on a fait la pesé et on a calculé la quantité d'amidon dans la prise d'essai (D'Egidio et al., 1984).

III-5-7-3- Expressions des résultats

$$\text{Teneur en amidon} = m_1 / P_e \cdot 100$$

Où :

P_e : la masse de la prise d'essai en grammes.

m₁ : la masse du résidu en grammes après extraction de l'amidon.

III-6- Dosage de gluten et détermination de ses propriétés rhéologiques

Le gluten est un complexe viscoélastique composé de protéines de réserve (Gliadines et Gluténines), amidon, sucres réducteurs, pentosanes, lipides et matière minérale (Feillet, 2000).

Les propriétés des semoules sont étroitement associées ; non seulement à la quantité du gluten qu'elles contiennent ; mais encore aux propriétés mécaniques de celui-ci (Bourdet, 1963).

III-6-1- Détermination de taux de gluten humide et sec**III-6-1-1- Principe**

La teneur en gluten est déterminée selon la méthode décrite par (Kiger et Kiger, 1967), il donne une indication globale sur la qualité et la quantité des protéines, la détermination de la teneur en gluten humide se base sur la préparation d'une pâte issue d'un échantillon de semoule, le dosage du gluten repose sur son insolubilité dans l'eau chargée de sel et sur la propriété qu'il possède de s'agglomérer lorsqu'on le malaxe dans un courant d'eau qui élimine les autres constituants.

La teneur en gluten sec est mesurée après dessiccation à l'étuve réglée à 102 °C jusqu'à poids constant (environ 18 h).

III-6-1-2- Mode opératoire

On a introduit dans un mortier 25 g de semoule et 15 ml d'eau salée à 2 % (NaCl) (2g de sel dans 100 ml d'eau de robinet) , puis on a fait un pâton homogène et on a laissé reposer 3 à 5 min, on a fait un pétrissage de pâton par les doigts jusqu'à ce qu'il n'y adhère plus pendant 1 à 2 min après on a pétri le pâton sous un mince filet d'eau ; en plaçant en dessous un tamis destiné à retenir les fragments de gluten qui se trouveraient entraînés, l'amidon a été éliminé et le gluten se soude à lui-même, l'opération continue jusqu'à l'élimination complète de l'amidon et éclaircissement d'eau de lavage, on a récupéré le gluten (sous forme de boule) en le comprimant entre les paumes de la main

jusqu'à ce qu'il commence à y adhérer, ensuite on a disposé le gluten ainsi essoré et le peser rapidement à fin de déterminer par la suite le taux du gluten humide.

Et pour obtenir le gluten sec, on a séché vers 102 °C jusqu'à poids constant (pendant environ 18 heures).

III-6-1-3- Expression des résultats

Le taux de gluten humide est donné par la formule suivante :

$$\text{GH \%} = (\text{poids du gluten humide} \cdot 100) / \text{Pe}$$

Où :

GH % : le taux de gluten humide.

Pe : prise d'essai en gramme.

$$\text{GS\%} = (\text{poids du gluten sec} \cdot 100) / \text{Pe}$$

Où :

GS % : taux du gluten sec.

Pe : prise d'essai en gramme.

La capacité d'hydratation du gluten renseigne sur la capacité du gluten à retenir l'eau, elle est donnée par la formule suivante :

$$\text{Capacité d'hydratation} = (\text{GH} - \text{GS}) \cdot 100 / \text{GH}$$

III-6-2-Ramollissement du gluten

III-6-2-1-Principe

Il est déterminé par le calcul de la différence après un certain temps entre deux diamètres moyens (initial et final) d'une boulette du gluten humide déposée sur une plaque de verre munie d'un papier millimétré, l'ensemble est couvert avec un cristallisateur muni d'un papier buvard imbibé d'eau afin de maintenir le milieu humide (Figure 7) selon la méthode de [Kauzes et al. \(1966\)](#).

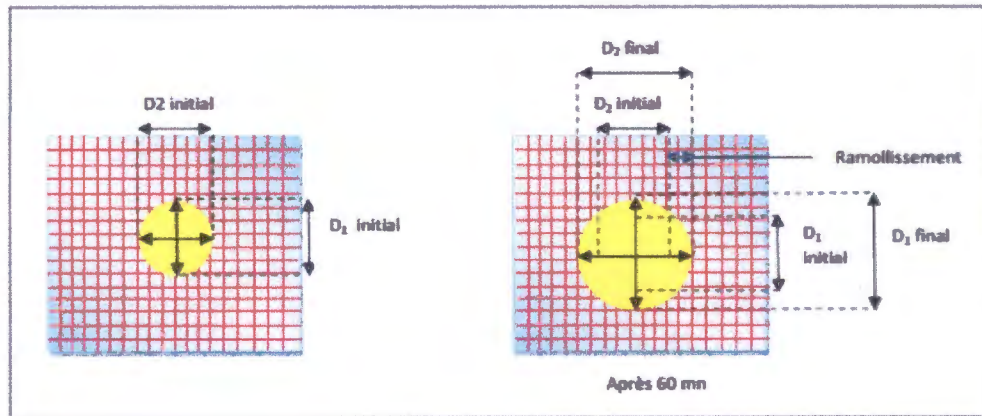


Figure 7 : présentation de test de ramollissement de gluten (Kauzes *et al.*, 1966).

III-6-2-2- Mode opératoire

On a pesé 5 g de gluten humide et on a le met sous forme d'une boulette et on a le déposée sur une plaque de verre munie d'un papier millimétré sur sa surface inférieure, ensuite on a noté les diamètres de la boulette dans les deux directions perpendiculaires et on a calculé le diamètre moyen (initial), après on a recouvert la boulette à l'aide d'un cristallisoir dont le fond est muni d'un papier buvard imbibé d'eau à fin de maintenir le milieu humide, après une heure de temps, on a mesuré de nouveau le diamètre moyen (finale).

III-6-2-3- Expression des résultats

La différence entre les deux diamètres moyens (initial et final) donne le ramollissement du gluten. Cette méthode permet de distinguer 4 types de gluten :

- 1-Ramollissement < 2 mm : gluten tenace, ferme.
- 2-Ramollissement de 2 à 4 mm : gluten de bonne qualité.
- 3-Ramollissement de 4 à 8 mm : gluten de qualité moyenne.
- 4-Ramollissement de 8 à 13 mm : gluten de mauvaise qualité.

III-6-3-L'extensibilité du gluten

III-6-3-1- Principe

Elle est déterminée par la mesure de l'allongement en centimètre pendant 2 heures d'une boulette du gluten humide soumis à une charge de poids, l'ensemble est placé dans une éprouvette remplie

par l'eau de robinet (Figure 8), selon la méthode de Kosmina et Kranz (1969), cité par Namoune (1989).

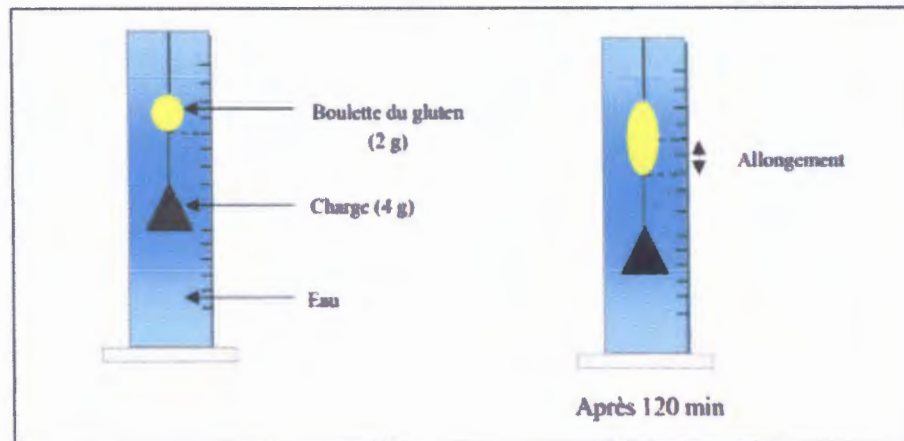


Figure 8: Présentation de test d'extensibilité de gluten (Kosmina et Kranz (1969), cité par Namoune (1989)).

III-6-3-2- Mode opératoire

On a rempli une éprouvette graduée de 100 ml avec de l'eau de robinet, après, on a pesé une boulette de gluten de 2 g, l'attacher à un support en haut de l'éprouvette et la charger d'un poids de 4 g, ensuite, on a placé du papier millimétré sur la longueur de l'éprouvette de manière à lire l'allongement sur ce papier, l'expérience se fait à la température du laboratoire et pendant 2h. Sous l'effet de la charge, le gluten s'est allongé en fonction de ses qualités.

III-6-3-3- Expression des résultats

L'extensibilité du gluten est appréciée par la longueur en centimètre par rapport au point initial, ce qui permet de classer le gluten en 5 catégories :

- 1- Gluten très bon : garde sa longueur après 2heures.
- 2- Gluten bon : s'allonge de 1.5 cm après 2 heures.
- 3- Gluten doux : s'allonge vite (plus de 1.5 cm).
- 4- Gluten faible : s'allonge considérablement et se casse avant la fin de l'essai.
- 5- Gluten court : s'allonge légèrement mais se casse vite.

III-6-4 - Test de sédimentation SDS (Sodium Dodécyl Sulfate)

Le test de sédimentation est un test qui a pour objet de donner une indication générale sur la qualité du gluten, il classe les semoules selon l'aptitude boulangère et caractérise la qualité des protéines et leur pouvoir de gonflement, les volumes plus élevés montrent une bonne qualité des semoules (Godon et Loisel, 1997).

III-6-4-1- Principe

Cette méthode a été décrite par Axford *et al* (1979), elle est basée sur les propriétés de gonflement des protéines en milieu acide (SDS + acide lactique), l'indice de sédimentation est exprimé en ml après des temps d'agitation et de repos.

III-6-4-2- Mode opératoire

On a mis 5 g de semoule dans une suspension de 50 ml d'eau distillée dans une éprouvette graduée de 100 ml, on a fait une agitation brutale de 15 secondes, puis on a laissé le contenu reposer pendant 2 minutes, puis on a repris l'agitation analogue aux temps 2 et 4 minutes, après la dernière agitation, on a ajouté rapidement 50 ml de la solution SDS-acide lactique contenant (30 g/l de SDS et 20 ml/l d'acide lactique), puis on a repris l'agitation lentement 4 fois durant 15 secondes et on a répété l'opération après 2, 4 et 6 minutes.

Après 20 minutes de repos, la lecture a été effectuée en calculant le volume de sédimentation obtenu dans l'éprouvette, l'indice de sédimentation exprimé en ml.

III-6-4-3- Expression des résultats

Selon Kinger *et Kinger* (1967), les résultats sont exprimés de manière ci-dessous. Si le volume de sédimentation est :

- 1-Inférieur à 18 ml : insuffisant.
- 2-Entre 18 et 28 ml : bonne force boulangère.
- 3-Entre 28 et 38 ml: très bonne force boulangère.
- 4-Supérieur à 38 ml: blé améliorant.

III-7- Analyses statistiques

L'analyse des données expérimentales de l'étude des caractéristiques physico-chimiques des nos échantillons a été réalisée avec le logiciel SPSS-Statistics (version 22).

Les résultats obtenus ont été soumis au test **ANOVA**. $P < 0.05$, la différence a été considérée comme significative.

Résultats et discussion

IV-Résultat et discussion

IV-1- Humidité

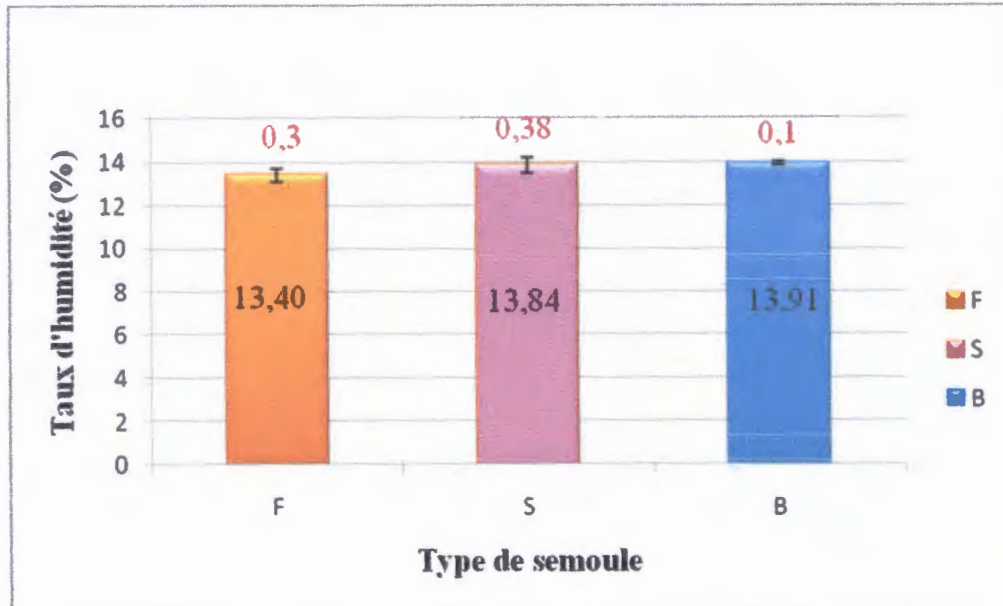


Figure 9 : Taux d'humidité des trois types de semoule.

La mesure de la teneur en eau des céréales est une opération capitale ayant trois intérêts principaux : le premier, technologique, correspond à la détermination des opérations de récolte, de séchage ou de stockage. Le deuxième, analytique, rapporte les résultats des analyses de toute nature à base fixe et le dernier intérêt est réglementaire puisque les contrats commerciaux fixent des seuils de teneur en eau à partir desquels sont appliquées des bonifications et des réfections (Sassi, 2008).

D'après les résultats de la Figure 9 et Annexe I (Tableau 1), on remarque que l'humidité de la semoule F est de 13.40 ± 0.30 %, S est de 13.84 ± 0.38 % et B est de 13.91 ± 0.10 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.001 ($p < 0.01$), donc il existe une différence hautement significative.

Selon FAO (1996), l'humidité constitue un indicateur important de l'état des produits alimentaire. Pour la semoule ; la teneur maximale est fixée à 14.5 %.

D'après le journal officiel de la république algérienne n° 80 d'écrit le 26 décembre 2007, une semoule de bonne qualité doit avoir une humidité inférieure à 14.5 %, la teneur en eau des trois types de semoule est acceptable par rapport aux normes précédentes, donc ils peuvent être conservés sans risque d'altération liée à ce paramètre.

Une semoule de bonne qualité doit avoir une teneur en eau inférieure à 14 % (Cheftel et Cheftel, 1984) ; (Boudreau et Matsuo, 1992).

Selon Gélinaiset *al* (1998), une semoule commence à se dégrader après une période de stockage d'un mois, pour une teneur en humidité de 15 %.

La détermination de la teneur en eau a une importance capitale pour la qualité de la semoule surtout lorsque celle-ci est destinée à la conservation. La variation de l'humidité est fonction d'une part de l'humidité de la saison et de sa température, et d'autre part de la quantité de l'eau ajoutée au blé avant la mouture. (Kiger et Kiger, 1967).

Une teneur moindre en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage (Codex STAN 178-1991).

IV-2- Cendres

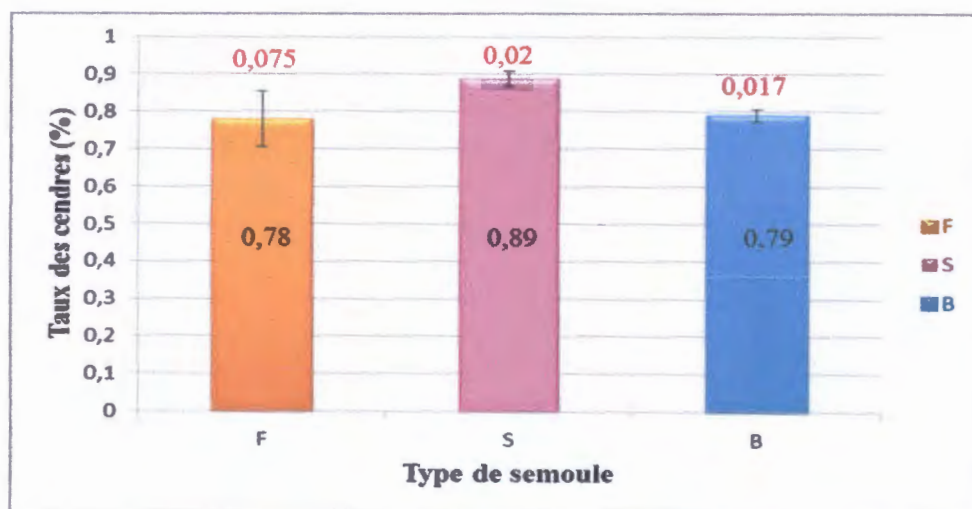


Figure 10 : Taux des cendres de trois types de semoule.

La teneur en cendre des semoules signifie leurs taux en matières minérales, il donne une indication sur la quantité de matière minérale existante et pour avoir une idée générale sur la qualité nutritionnelle, il permet de contrôler la pureté des produits de mouture (Feuillet, 2000), et à un rôle important pour l'appréciation du taux d'extraction et des bilans de mouture (Kiger et Kiger 1967).

D'après les résultats de la Figure 10 et Annexe I (Tableau 2), on remarque que le taux des cendres de la semoule F est de 0.78 ± 0.075 %, S a une valeur de 0.89 ± 0.02 % et B est de 0.79 ± 0.017 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.000 ($p < 0.001$), donc il existe une différence très hautement significative.

Selon le Codex STAN 178-1991, la teneur en cendres est ordre de (1.3 %) et d'après le journal officiel de la république algérienne n° : 80 décrit le 26 décembre 2007, elle ne doit pas dépasser 1.0 %, donc les résultats des trois types de semoule sont conformes à ces normes.

Selon Dexter et Matsuo (1977), une semoule de qualité possède une teneur en cendre de 0.75 % à 0.90 %, Cubadda (1988) ; Dick et Matsuo (1988) et Boudreau (1992), confirment que les valeurs de cendres qui oscillent entre 0.80 et 0.90 % indiquent que les semoules sont assez pures, donc une teneur de cendre élevée affecte les grades de semoules et indique la présence excessive des piqûres de son.

D'après Selselet (1991), la teneur en cendres d'une semoule augmente avec le taux d'extraction

Une semoule dont le taux de cendre est de 0.47 % M.S donne des pâtes alimentaires de bonne qualité (Souci et al, 1994), du point de vue réglementaire, il est communément admis qu'il est possible de déterminer la pureté et le taux d'extraction des semoules en mesurant leur teneur en matières minérales, plus le taux de cendres d'un produit sera faible et plus ce produit sera considéré comme pur et ne doit dépasser une valeur de 1.10 %, et représente 50 % des substances minérales du grain, des facteurs génétiques et notamment la dureté, la taille et la teneur en enveloppes des grains et du facteur pédologique, climatiques, agronomique, physiologique, et le traitement technologique sont les facteurs qui peuvent influencer à la fois la teneur en cendre des grains et des semoules (Godon et Loisel, 1997).

IV-3- Protéines

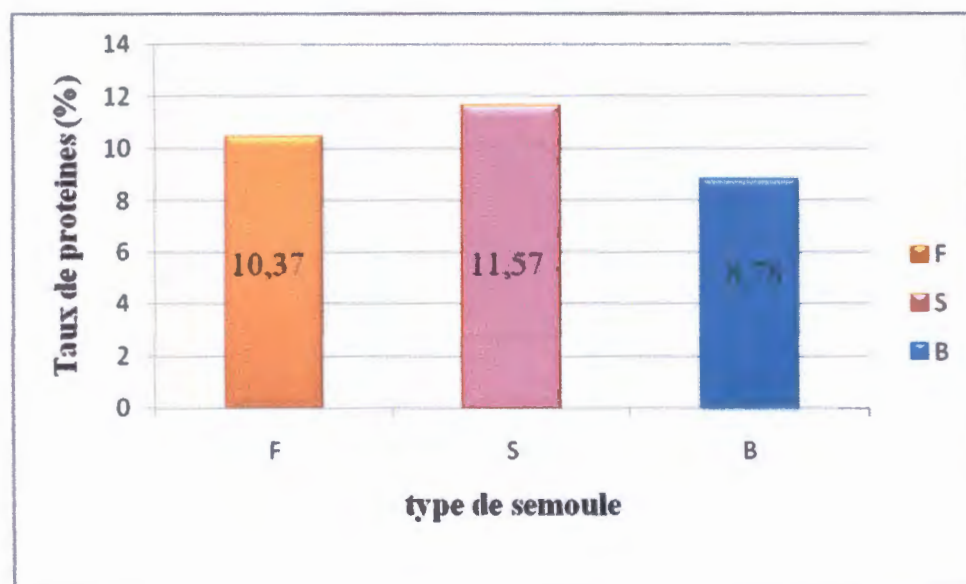


Figure 11 : Taux de protéines de trois types de semoule.

Les résultats de la **Figure 11** et **Annexe I (Tableau 10)**, montrent que la teneur en protéine de la semoule **F** est de **10.37 %**, la semoule **S** est de **11.57 %**, et la semoule **B** est de **8.78 %**.

Selon le **Codex Standard (1991)**, la teneur complète en protéines de la semoule du blé dur doit être au minimum : **11.5 %** sur la base sèche.

L'article 15 de l'arrêté du ministre de l'agriculture N°2318 (2009) annonce que les semoules doivent avoir une teneur en protéines minimale de **10 %**, les résultats de la semoule **F** et **S** sont acceptables, tandis que la semoule **B** est inférieure à ces normes.

Matweef (1966) a recommandé une semoule ayant une teneur en protéines supérieure à **13 %** pour la production de bonnes pâtes, car une teneur inférieure à **11 %** donne des pâtes de mauvaise qualité.

D'après **Boudreau (1992)**, la teneur en protéine est comprise entre **8 à 16 %** à base sèche.

Il faut noter que la panification devient impossible lorsque la teneur en protéine atteint une valeur inférieure à **7 %**. La qualité de protéine exerce donc un rôle important vis-à-vis la qualité boulangère (**Colas, 1991**).

La teneur en protéines est très influencée par les facteurs environnementaux et génétiques. (**Einney et al, 1987 ; Feillet, 1988 ; Bakhella, 1992**), Ces effets bien connus affectent le processus de translocation des matériaux protéiques provenant des tiges et feuilles et l'accumulation de ces protéines dans le grain (**Joppa et Williams, 1988**).

D'après **Feillet (1986)**, plus le pourcentage de la protéine est élevée plus la qualité des produits issue de la semoule est meilleure.

La teneur en protéines varie en fonction des facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques de développement de la plante, des parties histologiques du grain et de la maturation du grain. Dans la couche à aleurone, une grande partie est éliminée lors de la transformation du blé en semoule, ce qui entraîne des répercussions sur la valeur nutritionnelle du produit final puisque cette couche contient une fraction non négligeable des protéines du grain (**Hernandez et al., 2004**).

IV-4- Fractions protéiques

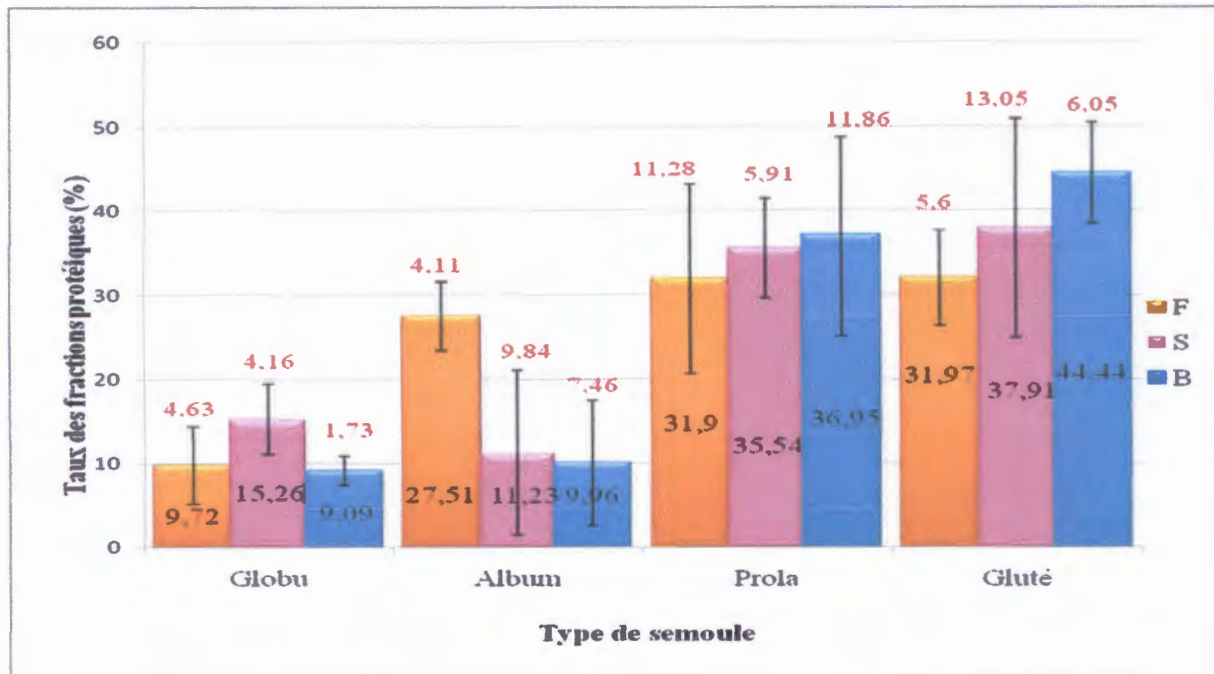


Figure 12 : Taux des fractions protéiques de trois types de semoule.

Les protéines de réserve végétales fournissent plus de la moitié des protéines totales et sont constituées d'un mélange, en proportions variables, de diverses catégories de protéines réparties depuis fort longtemps par Osborne (Nasri et Triki, 2007).

- **Globulines**

D'après la Figure 12 et Annexe I (Tableau 11), la teneur en globuline pour la semoule F est de 9.72 ± 4.63 %, S est de 15.26 ± 4.16 %, et B représente 9.09 ± 1.73 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.164 ($P > 0.05$), donc il existe une différence non significative.

D'après Shewry et al (1986), les globulines représentent 15 à 20 % des protéines totales, les globulines de la semoule S concordent avec les résultats d'études faits par ces auteurs, par contre, les résultats des deux autres types F et B sont différents.

Selon Boudreau (1992), les globulines représentent 15 à 20 % des protéines totales.

- **Albumines**

D'après la Figure 12 et Annexe I (Tableau 11), la teneur en albumine pour la semoule F est de 27.51 ± 4.11 %, S 11.23 ± 9.84 % et la semoule B est de 9.96 ± 7.46 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.051 ($P > 0.05$), donc il existe une différence non significative.

Selon Shewry *et al.* (1986), les albumines représentent 15 à 20 % des protéines totales, la semoule F dépasse la valeur maximale d'écrite par ces auteurs par contre les deux autres types S et B sont inférieurs à la valeur minimale.

Selon Boudreau (1992), les Albumines représentent 15 à 20 % des protéines totales.

Les protéines solubles (albumine et globuline) ne jouent qu'un rôle mineur dans la formation des pâtes (Guinet et Godon, 1994).

Selon Feillet (1976), la qualité boulangère est d'autant meilleure que la teneur en albumine est faible.

- **Prolamines (Gliadines)**

La Figure 12 et Annexe I (Tableau 11) montre que la teneur en prolamines pour la semoule F est de 31.9 ± 11.28 %, S est de 35.54 ± 5.91 % et la semoule B est de 36.95 ± 11.86 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.823 ($P > 0.05$), donc il existe une différence non significative.

D'après Shewry *et al.* (1986), la teneur en prolamines est située entre 30-40 % des protéines totales, nos résultats concordent avec les résultats d'études faits par ces auteurs.

Selon Boudreau (1992), les prolamines représentent 40-45 % des protéines totales.

- **Gluténines**

La Figure 12 et Annexe I (Tableau 11) montre que la teneur en gluténines pour la semoule F est de 31.97 ± 5.60 %, S est de 37.91 ± 13.05 % et la semoule B est de $44,44 \pm 6.05$ %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.302 ($P > 0.05$), donc il existe une différence non significative.

D'après Shewry *et al.* (1986), la teneur en gluténines est située entre 40-50 % des protéines totales, les résultats de la semoule B concordent avec les résultats d'études faits par ces auteurs, les résultats de la semoule S est proche à la valeur minimale, tandis que les résultats de la semoule F sont inférieurs.

Selon Boudreau (1992), les gluténines représentent 55-60 % des protéines totales.

Les propriétés rhéologiques de la pâte dépendent essentiellement des caractéristiques quantitatives et qualitatives du gluten et des interactions entre ces constituants protéiques (Dacosta, 1986).

Selon Guinet et Godon (1994), le gluten est formé de l'union de deux matières azotées : la gliadine et la gluténine qui lui confèrent ces propriétés viscoélastiques, le rapport entre gluténine et gliadine est considéré comme important dans le comportement des pâtes.

Les gluténines sont responsables de l'élasticité, de la cohésion et de la tolérance au pétrissage de la pâte, tandis que les gliadines facilitent la fluidité, l'extensibilité de la pâte. Un bon équilibre entre ces deux types de protéines est essentiel en panification. (Cheftel et al., 1985).

Les propriétés fonctionnelles du gluten lui permettent au cours de la pastification, de former un réseau tridimensionnel imperméable, la quantité de gluten et la qualité de ses protéines sont des facteurs prédéterminant de la valeur pastière de la semoule (Feillet et Dexter, 1996 ; Feillet, 2000).

La richesse en protéines d'une semoule et les propriétés intrinsèques de celle-ci constitue un paramètre de qualité importante.

Les fractions protéiques et ses propriétés, varient légèrement en fonction de la variété, les conditions de culture, le stade de maturité du grain, la teneur en différentes fractions protéiques d'une variété fluctue moins que la teneur en azote total car moins dépendante des variations environnementale (Royo et al., 2004).

IV-5- Acidité grasse

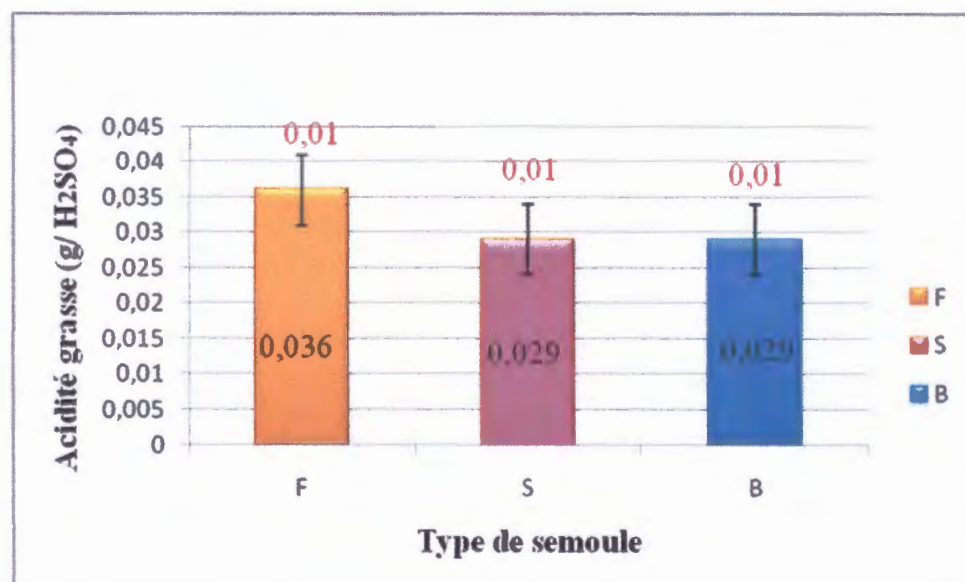


Figure 13 : Taux d'acidité grasse de trois types de semoule.

D'après la **Figure 13** et **Annexes I (Tableau 3)**, l'acidité grasse de la semoule **F** est de 0.036 ± 0.01 g / H₂SO₄, **B** et **S** sont représentés la même valeur qui est de 0.029 ± 0.01 g / H₂SO₄.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.729 ($p > 0.05$), donc il existe une différence non significative.

D'après l'arrêté de ministère et de l'agriculture N° :2319 (2009), l'acidité grasse de la semoule est de 0.021 g / H₂SO₄, d'après nos résultats on trouve que, les semoules **F**, **S**, **B** dépassent la norme mentionnée précédemment.

L'acidité grasse de la semoule est celle que génèrent les acides gras libres, ces acides gras résultent de l'hydrolyse des triglycérides par les lipases endogène et exogène, l'augmentation de ce paramètre provoque l'altération de la semoule (Feuillet, 2000).

La valeur de l'acidité grasse considérée comme un bon indicateur de l'état de conservation de la semoule (Arrêté de journal officiel algérien, 1997).

IV-6- Lipides

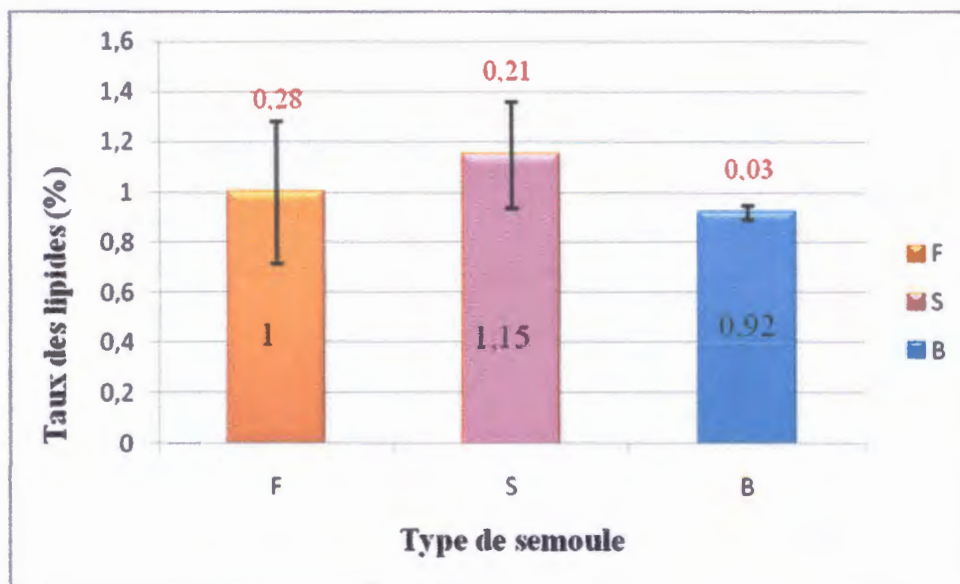


Figure 14 : Taux des lipides de trois types de semoule.

D'après la **figure 14** et **Annexe I (Tableau 4)**, on remarque que la teneur en lipides des trois types de semoule est : **F** représente 1 ± 0.281 %, **S** est de 1.15 ± 0.21 %, et **B** représente 0.92 ± 0.03 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est 0.594 ($p > 0.05$), donc il existe une différence non significative.

D'après Seleselet (1991), une teneur en lipide d'une semoule est comprise entre 1.2 % et 1.8 %, et selon Boudreau (1992) elle est comprise entre 1.5 - 2 %, plus tard Feillet (2000) indique que, la teneur en lipides est d'environ 2,7 %.

La teneur des lipides dans les semoules ne dépasse pas 2 à 3 %. Elles constituent un facteur déterminant de la couleur de la pâte. Elle est établit au cours de la période de fabrication des pâtes en raison de l'oxydation des pigments jaunes sous l'action des lipoxygénases (Sisson, 2008).

Selon Vierling (2008) qui stipule un intervalle qui est entre 1 % - 1.5 %, donc nos résultats de trois types de semoule étudiés sont acceptables d'après les auteurs mentionnés précédemment.

Elles jouent un rôle relativement important dans la qualité culinaire, en s'associant aux protéines au cours du malaxage ou du séchage des pâtes. Les effets des lipides sur les propriétés fonctionnelles de la pâte dépendent d'un équilibre entre lipides polaires et non polaires (Laignelet, 1983).

Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que se soit lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, émulsification et production de composés volatiles des pâtes, et par conséquent sur la qualité du produit fini, ou au cours du stockage, en raison des altérations consécutive de leurs acides gras poly insaturés facilement oxydables (Feillet et Dexter, 1996).

IV-7-Amidon

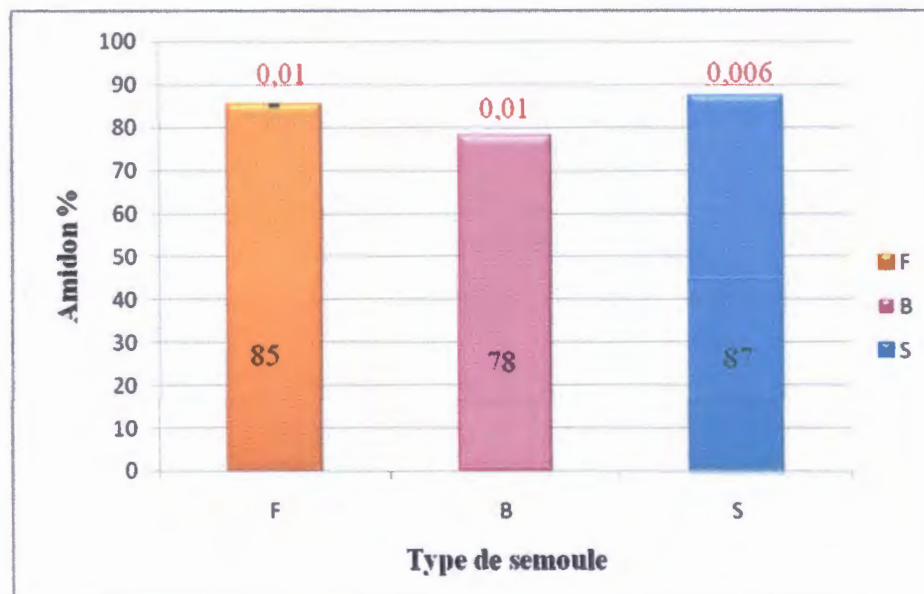


Figure 15 : Taux d'amidon de trois types de semoule.

D'après les résultats de la **Figure 15** et **Annexe I (Tableau 5)**, le taux d'amidon dans les trois types de semoules est comme le suit : pour la semoule **F** est de $85 \pm 0,01 \%$, **B** est de $78.66 \pm 0.01 \%$, pour **S** est de $87\% \pm 0.006 \%$.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.001 ($p < 0.01$), donc il existe une différence hautement significative.

L'arrêté du journal algérien (1997) limite la teneur en amidon dans la semoule à 75 %, les résultats de trois types de semoule sont supérieurs à la norme, cela peut être expliqué par le mélange de la semoule avec une autre farine riche en amidon la plus probable est la farine de maïs.

D'après **Bornet (1992)**, l'amidon représente le glucide qui se trouve en plus grande quantité dans l'albumen, et peut atteindre 82 % de la matière sèche de la semoule de blé.

L'amidon est le composant essentiel de la semoule de blé, c'est une substance de réserve stockée dans les cellules de l'albumen du grain qui représente 65 - 70 % (environ 3/4 de M.S) (**Gibson et al**, 1997).

Chenec (2001) indique que l'amidon constitue la fraction la plus important du produit de moutures de blé ($\approx 70\%$) et joue également un rôle primordial dans les propriétés rhéologiques.

L'amidon présente environ 60 à 70 % (**Patrick**, 2006), il a un rôle important dans la panification puisqu'il assure la dilatation du gluten, fixe l'eau et constitue une source de sucres fermentescibles (**Feillet**, 2000).

D'autre part, il ressort de travaux d'**Eliasson et al (1995)** que l'aptitude à la panification des amidons de blé serait d'autant meilleure que leur température de gélatinisation est élevée.

Il est aussi considéré comme un fixateur d'eau : on admet que l'amidon absorbe environ 45 % de l'eau ajoutée à la semoule. Par son pouvoir fixateur d'eau, variable selon le degré d'endommagement des granules et sa capacité à former des liaisons non covalentes avec les protéines, l'amidon contribue de manière active à la formation de la pâte (**Feillet**, 2000).

IV-8- Gluten et leurs propriétés rhéologiques

IV-8-1- Gluten humide, sec et la capacité d'hydratation

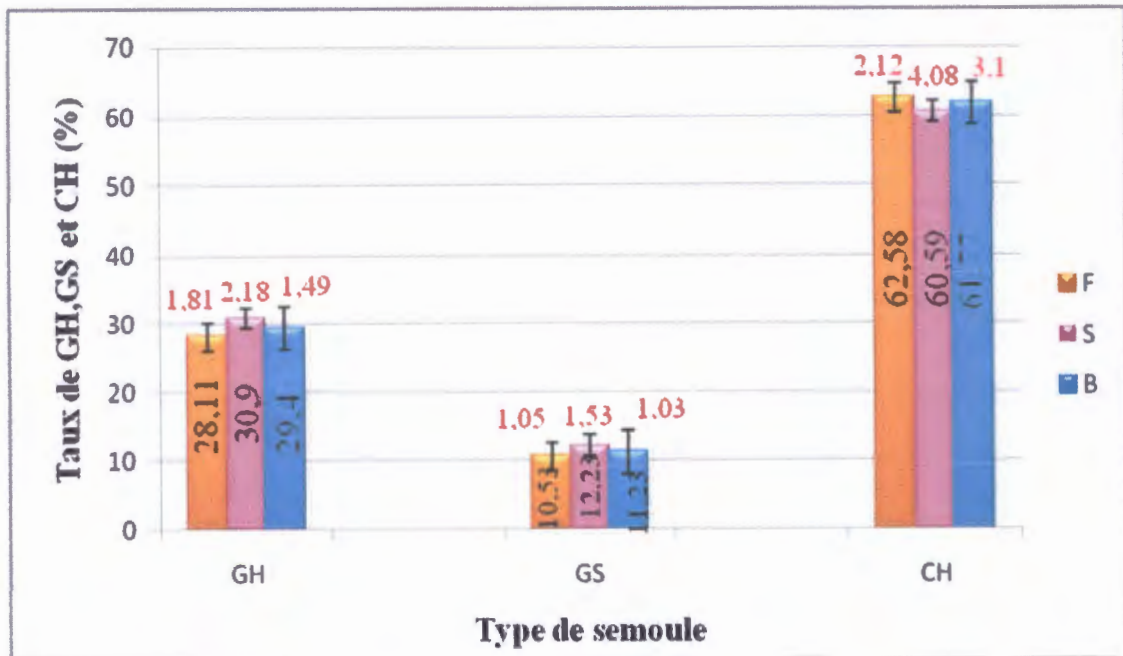


Figure 16 : Taux de gluten humide, sec et la capacité d'hydratation de trois types de semoule.

- Teneur en gluten humide

D'après les résultats de la Figure 16 et Annexe I (Tableau 6), la semoule F représente 28.11 ± 1.81 %, S a une valeur de 30.90 ± 2.18 % et B est de 29.4 ± 1.49 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.014 ($p < 0.05$), donc il existe une différence significative.

D'après Godon (1991), la teneur en gluten humide est de 33 - 34 %, et selon Feillet (2000), les semoules qui ont une bonne valeur pastière montrent un taux de gluten humide entre 30 et 50 % et une capacité d'hydratation moyenne, les résultats de trois types de semoule sont proches aux valeurs minimales d'écrit par ces auteurs.

La semoule qui contient une faible quantité de gluten s'hydrate facilement et devient moins élastique et plus visqueuse par rapport à la semoule qui a une grande quantité de gluten.

Les tenures élevées en gluten humide pourraient être due à une forte absorption d'eau, car plus le gluten est de bonne qualité, plus il absorbe de l'eau et plus la différence est grande entre le poids du gluten sec et humide (Feillet, 2000).

- **Teneur en gluten sec**

D'après les résultats de la **Figure 16** et **Annexe I (Tableau 6)**, la teneur en gluten sec de semoule **F** est de 10.53 ± 1.05 %, **S** représente une valeur de 12.23 ± 1.53 %, et la semoule **B** est de 11.23 ± 1.03 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.025 ($p < 0.05$), donc il existe une différence significative.

Lecoq (1965) montre que la teneur de gluten sec doit être comprise entre (8 à 12 %). Du point de vue quantitatif, la masse de gluten sec représente 11 à 17 % de la semoule de blé dur.

D'après **Kiger et Kiger (1967)**, la teneur en gluten sec doit être au minimum de 11 %, et la panification devient impossible lorsque la teneur en gluten sec est inférieure à 8 %, ainsi que la semoule ayant une teneur en gluten sec supérieure à 12 % serait d'une bonne qualité, on trouve que les trois semoules concordent aux valeurs précédentes. (**Landi, 1995**).

- **Capacité d'hydratation**

Les résultats de la **Figure 16** et **Annexes I (Tableau 6)** montrent que la capacité d'hydratation de la semoule **F** est de 62.58 ± 2.12 %, **S** est de 60.59 ± 4.08 % et **B** est de 61.77 ± 3.10 %.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.377 ($p > 0.05$), donc, il existe une différence non significative.

Selon **Kiger et Kiger (1967)** et **Hudry (1994)**, la capacité de hydratation de gluten normale est de 66 % et peut augmenter jusqu'à 69 % avec l'augmentation du taux d'extraction, ou diminuer jusqu'à 60 % avec vieillissement de la semoule, les trois types de semoule sont inférieurs à la valeur d'écrit par ces auteurs, on peut juger que la semoule **S** qui atteint la valeur de 60 % est vieille ou la durée de stockage avant distribution est allongée, qui provoque cette diminution.

IV-8-2- Ramollissement

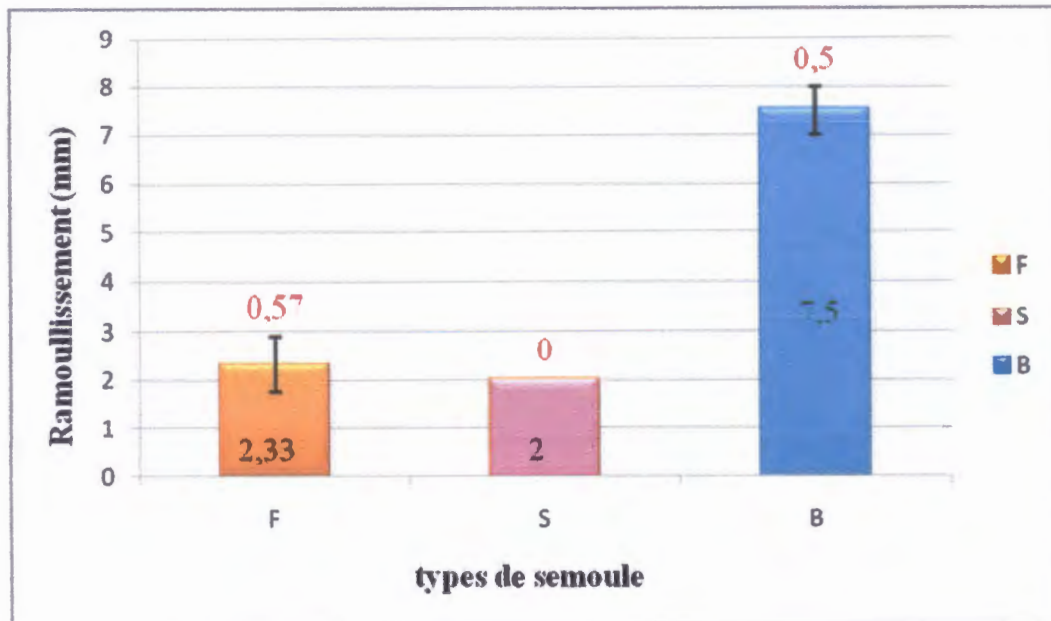


Figure 17 : Ramollissement de trois types de semoule

Les résultats de la Figure 17 et Annexe I (Tableau 7) montrent que le ramollissement de gluten de la semoule F est de $2,33 \pm 0,57$ mm, S est de $2 \pm 0,0$ mm et B représente $7,5 \pm 0,5$ mm.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.000 ($p \leq 0,001$), donc il existe une différence hautement significative.

D'après Krauzes *et al.* (1966) :

- 1- Ramollissement < 2 mm : gluten tenace, ferme.
- 2- Ramollissement de 2 à 4 mm : gluten de bonne qualité.
- 3- Ramollissement de 4 à 8 mm : gluten de qualité moyenne.
- 4- Ramollissement de 8 à 13 mm : gluten de mauvaise qualité.

Selon ces auteurs, on peut classer les deux types de semoule F et S comme des semoules à gluten de bonne qualité, d'autre part la semoule B est considérée comme une semoule à gluten de qualité moyenne.

Le gluten et ses propriétés, varient légèrement en fonction des conditions de culture, et des conditions climatiques.

Le gluten constitue la base d'une pâte résistante et élastique, la valeur boulangère des protéines ou de glutens répond notamment aux facteurs héréditaires (Boudreau, 1992).

La disponibilité de l'azote et du soufre affecte la quantité et la qualité des protéines et par conséquent les propriétés rhéologiques du gluten (Luo *et al.*, 2000).

IV-8-3- Extensibilité

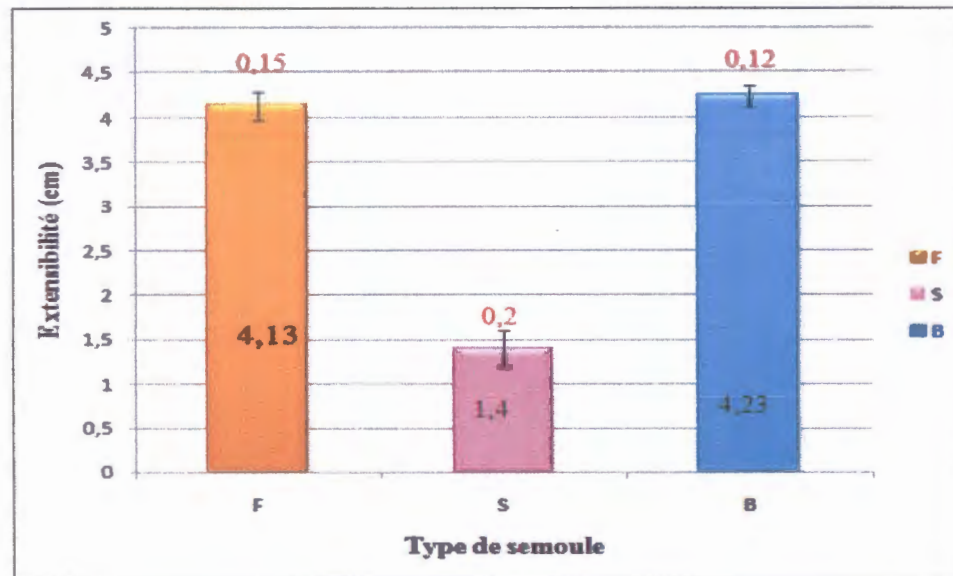


Figure 18 : l'extensibilité de trois types de semoule

D'après la Figure 18 et Annexes I (Tableau 8), l'extensibilité de la semoule S représente 1.4 ± 0.2 cm, la semoule F a une valeur de 4.13 ± 0.15 cm et B est de 4.23 ± 0.12 cm.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.000 ($p < 0.001$), donc il existe une différence très hautement significative.

Kosmina et Kranz (1969), cité par Namoune (1989), trouve que la variation de longueur de l'extensibilité de gluten permet de classer par rapport au point initial le gluten en 5 classes :

- Gluten très bon : garde sa longueur après 2 heures.
- Gluten bon : s'allonge de 1.5 cm après 2 heures.
- Gluten doux : s'allonge vite (plus de 1.5 cm).
- Gluten faible : s'allonge considérablement et se casse avant la fin de l'essai.
- Gluten court : s'allonge légèrement mais se casse vite.

D'après cet auteur, on peut classer la semoule S vis-à-vis de leur extensibilité dans la catégorie des semoules ayant un gluten de qualité bonne (garde sa longueur après 2 h), tandis que celui de la semoule F et B dans la catégorie de gluten doux (s'allonge vite, plus de 1.5 cm).

La grande extensibilité serait probablement due à la présence d'une forte proportion de constituants de faible poids moléculaire mais l'élasticité serait due à une grande quantité de la fraction gluténine (Cheftel et Cheftel, 1984).

IV-8-4- Sédimentation

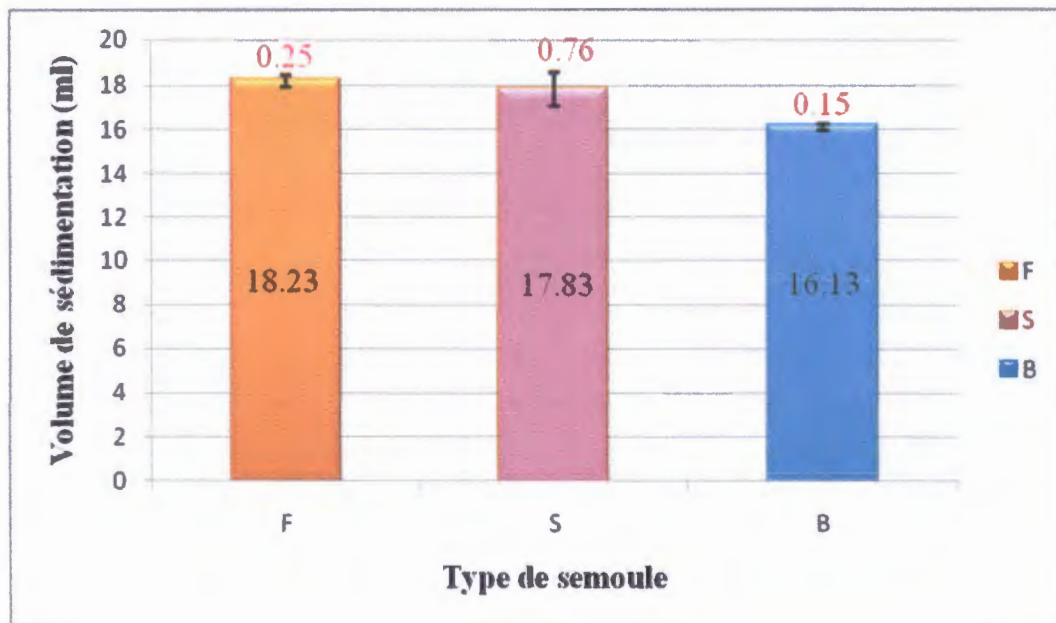


Figure 19 : volume de sédimentation de trois types de semoule.

D'après les résultats obtenus dans la Figure 19 et Annexes I (Tableau 9), le volume de sédimentation de la semoule F est de 18.23 ± 0.25 ml, S est de 17.83 ± 0.76 ml et la semoule B est de 16.13 ± 0.15 ml.

L'analyse de la variance entre les trois types de semoule est de 0.004 ($p < 0.01$), donc il existe une différence hautement significative.

Selon Kinger et Kinger (1967), les résultats sont exprimés de manière ci-dessous. Si le volume de sédimentation est :

- Inférieur à 18 ml : insuffisant.
- Entre 18 et 28 ml : bonne force boulangère.
- Entre 28 et 38 ml : très bonne force boulangère.
- Supérieur à 38 ml : blé améliorant.

D'après ces auteurs, la semoule **F** a une bonne force boulangère, et la semoule **S** qui a un volume de sédimentation presque 18 ml, donc on peut le considéré comme une semoule a une bonne force boulangère, par contre la semoule **B** a une force insuffisante.

L'indice de sédimentation exprimé en (ml), donne une indication globale sur la qualité de gluten du blé dur ; les valeurs obtenues sont d'autant plus élevées que la qualité des semoules est bonne.

Le volume de sédimentation pourrait être un bon indicateur de qualité du gluten, cependant il dépend de la quantité et la composition en protéines du blé (Kovacs *et al.*, 1997).

Conclusion

Conclusion

Le travail que nous avons réalisé vise à évaluer la qualité de semoule de blé dur écoulé sur le marché de Jijel. Pour ce faire trois échantillons de semoule ont été prélevés au niveau de la wilaya de Jijel : Bouzian (**B**), Ferdjioua (**F**) et Sanabil El Salam (**S**).

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les valeurs d'humidité de nos échantillons de trois types de semoule sont conformes aux normes.

Les résultats des cendres, gluten sec et humide indiquent que les trois semoules sont conformes aux normes, avec une valeur plus élevée réservée pour la semoule **S**, par contre, la semoule **F** marque la valeur la plus grande concernant la capacité d'hydratation.

Le dosage des protéines indique que la semoule **B** possède un taux de protéines inférieur à la norme, **F** proche à la norme, par contre les semoules **S** est conforme à la norme.

Le dosage des fractions protéiques signale que les différentes fractions sont présentes avec des pourcentages variables. À propos de la fraction globulines, les résultats de la semoule **S** sont identiques aux résultats obtenus par les auteurs, par contre les deux autres types **F** et **B** sont différents à celles des auteurs.

Concernant les albumines, on constate que les trois types de semoules sont différents aux résultats des travaux réalisés par les auteurs, en revanche, les résultats des prolamines des trois types de semoule sont conformes aux normes et aux résultats des autres travaux précédents.

À propos de fraction gluténines de semoule **B** est concorde, les deux autres type de semoule pas concorde avec les résultats d'étude.

D'après les résultats de l'acidité grasse, les trois types de semoules étudiés **F**, **S** et **B** dépassent la norme mentionnée précédemment.

Quant au dosage des lipides, les résultats sont conformes à la norme.

En ce qui concerne le dosage d'amidon, les trois types de semoule contiennent des valeurs supérieures à celles décrites par les normes.

Les analyses rhéologiques montrent que le gluten sec et humide sont conformes, par contre la semoule **F** marquée la valeur la plus grande concernant la capacité d'hydratation.

Le test de ramollissement nous renseigne que le gluten de nos semoules est de bonne qualité pour les semoules **F** et **S**, et un gluten de qualité moyen pour la semoule **B**.

De plus le test d'extensibilité nous donne l'aptitude de classer la semoule **S** vis-à-vis de son extensibilité dans la catégorie des semoules ayant un gluten de qualité bonne, tandis que celui de la semoule **F** et **B** se situe dans la catégorie de gluten doux.

Le teste de sédimentation montre que la semoule **F** et **S** ont une bonne force boulangère, par contre la semoule **B** a une force insuffisante.

Enfin d'autre testes d'appréciation seraient souhaitables comme l'alvéographe chopin pour mieux savoir utiliser chaque type de semoule dans l'art culinaire.

- Abecassis, J. (1991). Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. *Industries des Céréales*. 81 : 25-37.
- Abecassis, J. et Rousset, M. (2012). Quelles évolutions pour les filières céréalière. *Innovations Agronomiques*. 19 : 1-11.
- Abecassis, J. (2015). La filière de blé dur, INRA. 21 p.
- Abecassis, J., Gautier, M.F. et Autran, J.C. (1990). La filière blé dur : Apports complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité. *Actualités des industries alimentaires et agro-industrielles*. 475-481 p.
- Abeledo, L. G., Savin, R. et Slafer, G. (2008). Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley : Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *European journal of Agronomy*. 28 : 541-550.
- AFNOR. (1986). Céréales et produits céréaliers. Recueil des normes françaises. 3^{ème} édition. Paris. 360 p.
- AFNOR. (1991). Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Céréales et produits céréaliers. 3^{ème} édition. ISBN. Paris. 360 p.
- AFNOR. (1991). Norme AFNOR NF-V03-707. Céréales et produits céréaliers: détermination de la teneur en eau. Méthode de référence pratique (juin 1989), pp : 8-12. In « Recueil de normes AFNOR contrôle de la qualité des produits alimentaires céréales et produits céréaliers ». 3^{ème} édition. Paris. 360 p..
- AFNOR. (1991). Norme AFNOR NF-V03-720. Céréales et produits céréaliers : détermination des cendres, méthode par incinération à 900 °C, pp : 8-12. In « Recueil de normes AFNOR contrôle de la qualité des produits alimentaires céréales et produits céréaliers ». 3^{ème} édition. Paris, 360 p.
- AFNOR. (1991). Recueil de normes françaises. Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Céréales et produits céréaliers. 3^{ème} édition. AFNOR. Paris .246 p.
- AFNOR. (1995). Recueil de normes. Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Analyse sensorielle. AFNOR. 5^{ème} édition. Paris. 400 p.
- Ait-Slimane-Ait-Kaki, S. (2008). Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse doctorat en Biologie végétale et Amélioration des Plantes. Annaba. 174 p.
- Allaya, M. et Rucheton, G. (2006). Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne: situations et perspectives, Chapitre 2 :

- l'approvisionnement céréalière des pays méditerranéens. Agriculture. Méditerranéen. Rapport annuel du CIHEAM, Paris. 35-47 p.
- Annicchiarico, P., Bellah, F. et Chiari, T. (2006). Repeatable genotype x location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. *European Journal Agronomy*. 24: 70–81.
- Apfelbaum, M., Romon, M. et Dabus, M. (2009). Diététique et nutrition. Lavoisier Paris. 138 p.
- Arrêté de ministère et de l'agriculture et de la pêche martine N° :2318 (2009). Définissant les produits de blé tendre et de blé dur fabriqué et en vente par la minoterie .3-4p.
- Axford, D.W.E., Dermott, E.E. et Redman, D.G. (1979). Flour milling and baking research association. *Cereal chemistry*. 56 : 582-584.
- Bajji, M. (1999). Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain. 225-229 p
- Bakhella, M. (1992). La dureté du blé et son impact sur la qualité. *Marché des céréales et légumineuses. Bulletin Mensuel Interprofessionnel d'Information. O.N.I.C.L. (Maroc)* .1: 10 – 11
- Bakhella, M. et Akil, M. (1996). Appréciation de la valeur semoulière des principales variétés marocaines de blé dur. *Actes Inst. Agron. Veto (Maroc)*, 16: 19-28.
- Barron, C., Abécassis, J., Chaurand, M., Lullien-Pellerin, V., Mabilille, F., Rouau, X., Sadoudi, A. et Samson, M.F. (2012). Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche. *Innovations Agronomiques*, 19 : 51-62.
- Bar, C. (1995). Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux. Guide pratique. ITCF. Paris. 253 p.
- Battais, F., Richard, C. et Leduc, V. (2007). Les allergènes du grain du blé, département recherche, laboratoire ALLERBIO, Groupe ALK-Abello, 51140 Van deuil, France *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, 47 : 171–174.
- Belderok, B., Mesdag, H. et Donner, D.A. (2000). *Bread-Making Quality of Wheat*. Springer, New York. 394 p.
- Benbelkacem, A., Brinis, L. et Sadli, F. (1995). La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. In: DiFonzo, N. (ed.), Kaan, F. (ed.), Nachit, M. (Ed.). *Durum wheat quality in the Mediterranean region*. Zaragoza : CIHEAM. 61-65 p.

- Bencharif, A., Tozanli, S. et Lemeillieur, S. (2009). Dynamique des acteurs dans les filières agronomiques et agroalimentaires. Options Méditerranéennes, B 64, Perspectives des politiques agricoles en Afrique du Nord. 94-142 p.
- Blandino, M., Sovrani, V., Marinaccio, F., Reyneri, A., Rolle, L., Giacosa, S., Locatelli, M., Bordiga, M., Travaglia, F., Coisson, J. D. et Arlorio, M. (2013). Nutritional and technological quality of bread enriched with an intermediated pearled wheat fraction. Food Chemistry, 141 : 2549–2557.
- Bonjean, A. et Picard, E. (1990). Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan. 235 p.
- Bornet, F. (1992). Le pain et produits céréaliers. pp. 918-924 In «Alimentation et nutrition humain». Dupin, H. Ed. ESF. Paris. 1533 p.
- Boudreau, A. et Matsuo, R. (1992). La semoulerie. P.P.165-179 In »Le blé-éléments fondamentaux et transformations » par Boudreau A., Menard G., Tiplek, H. Ed : les presses de l'université. Laval. Paris.439 p.
- Boudreau, A. et Menard, G. (1992). Le blé : élément fondamentaux et transformation. Boudreau, A., Menard, G. et Tiplek, H. Ed : les presses de l'université. Laval. Paris. 439 p.
- Boudreau, A., Matsuo, R. et Laing, W. (1992). Le blé : Eléments fondamentaux et transformation ». Coordonnateurs : Boudreau A. et Menard G., Ed. Les presses de l'Université Laval, Canada. 439 p.
- Bourdet, A. (1963). Une méthode simple et rapide d'appréciation de la force des blés et des farines. L'essai de sédimentation. France. 39 p.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, Anal. Biochem, 72 : 248–254.
- Brinis, L., Benbelkacem, A. et Sadli. F. (2001). La recherche de la qualité de blé dur en Algérie. 63-64 p.
- Chaurand, M., Lempereur, I., Roulland, T.M., Autran, J.C. et Abecassis, J. (1999). Genetic and agronomic effects on semolina milling value of durum wheat. Crop Science. 39 : 790-795.
- Cheret, R., Morel, M.H. et Samson, M.F. (2003). Caractérisation physico-chimique du mitadinage chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). Ind. Céréales. 131 : 14-15.
- Cheftel, J.C. et Cheftel H. (1984). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments .Tome I. Tec et Doc .Lavoisier. paris.381p.

- Cheftel, J.C., Cuq, J.L. et Lorient, D. (1985). Les protéines alimentaire, Biochimie, Propriétés fonctionnelles, Valeur nutritionnelle ,modification chimique. Ed Tec et Doc. Lavoisier. Paris France. 309 p.
- Chene-Adrianor, C. (2001). La farine. Journal de l'ADRIANOR. agro-jonction. 26 : 7.
- Codex Stan 178. (1991). Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur. 3 p.
- Codex alimentarius. (1995). Norme codex 202. Norme codex pour le couscous. 1-3 p.
- Colas, A. (1991). Définition de la qualité de farine par les différents utilisation. p287-580. In Godon B., Willam C., 1991. Les industries de première transformation des céréales. Edition technologie et documentation. Lavoisier. Paris. 678 p.
- Cubadda, R. (1988). Evaluation of durum wheat semolina and pasta in Europe. P. 217-228. In: Durum Wheat: Chemistry and Technology. G. Fabriani et Lintas (Eds.). C. Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Pl, MN, USA.
- Dacosta, Y. (1986). Le gluten de blé et ses applications. APRIA. Association pour la promotion industrielle agriculture. Paris. 29-56 p.
- Dahlke, G. (1995). Durum Wheat Quality: Comparison of Chemical and Rheological Screening Tests With Sensory Analysis. Journal of Cereal Science. 25 :65 – 75.
- D'Egidio, M. G., Stefanis, E., Fortin, S. Nardi, S. et Sgrulletta, D. (1984). Interaction entre l'amidon et une fraction protéique extraite des semoules de T. durum. Can. J. Plant Sci. 64 : 785-796.
- Desclaux, D. (2005). Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin. Rapport du projet de recherche. INRA. Montpellier. France. 120 p.
- Dexter, J.E. et Matsuo, R.R. 1977. Changes in semolina protein during spaghetti processing. Cereal Chem. 54: 882-894.
- Dick, J.W et Matsuo, R.R. (1988). Durum Wheats and pasta products, p. 507-547. In: Wheat: Chemistry and Technology. Vol. II, 3rd. edition. Y. Pomeranz (Ed.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie. 01 : 45-53.
- Doumandji, A., Doumandji, S. et Doumandji, B. (2003). Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock office des publications universitaires. Alger. 66 p.

Einney, K.F., W.T. Yamazaki, V.L. Youngs. et G.L. Rubenthaler. (1987). Quality of Hard, Soft, and Durum wheats. *In: Wheat and wheat improvement*. E.G. Heyne (Ed.). 2nd ed., pp.677-748 American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc. Et Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A.

Elias, E.M. (1995). Durum wheat products. In : Di Fonzo, N. (ed.), Kaan, F. (ed.), Nachit, M. (ed.). Durum wheat quality in the Mediterranean region. Zaragoza : CIHEAM. p. 23-31 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 22.

Eliasson, A. C., Cudmundsson M. et Svenson, G. (1995). Thermal behaviour of wheat starch in flour-relation to flour quality, *Lebensm.-wiss. U. -Technol.* 28 : 227-235.

Evers, T. et Millart, S. (2002). Cereal Grain Structure and Development: Some Implications for Quality. *Journal of Cereal Science.* 36 : 261–284.

FAO. (1994). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. FAO, Rome. 357 p.

FAO. (1996). codex alimentarius : céréales légumes sec, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales. FAO. Vol.7.2^{ème} édition. Rome. 164 p.

FAO STAT. (2007). Statistical data base of the food and agriculture organization of the United Nations.

Feillet, P. (1986). L'industrie des pâtes alimentaires : technologies de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières. *Industrie Alimentaire et Agricoles.* 103 (10): 979-989.

Feillet, P. (1988). Protein and enzyme composition of durum wheat, p.93-138. *In: DurumWheat: Chemistry and Technology.* G. Fabriani & C. Lintas (Eds.) Amer. Assoc. CerealChem., St. Paul, MN, USA

Feillet, P. et Dexter, J.E. (1996). Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In "Monograph on Pasta and Noodle Technology", Matsuo, R.R. Minnesota, A.A.C.C. 95. 132 p.

Feillet, P. (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308 p.

Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments. Edition : TEC et DOC. Paris. 397 p.

Gélinas, Y., Krushevskaja, A. et Barnes, R. M. (1998). Determination of total iodine in nutritional and biological samples by ICP-MS following their combustion within an oxygen stream. *Analytica Chimica Acta.* 70 : 1021–1025.

Gibson, T.S., Solah, V.A., McCleary, B. V. (1997). A procedure to measure amylose in cereals, starches and flours with concanavalin A. *Journal of Cereal Science.* 25 : 111 - 119.

- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. et Brulé, G. (2006). Science des aliments : Biochimie Microbiologie - Procédés - Produits (2 Volume). TEC et DOC. Lavoisier. 136-149 p.
- Jiménez González, A.T. (1995). Milling process of durum wheat. In : Di Fonzo, N. (ed.), Kaan, F. (ed.), Nachit, M. (ed.). Durum wheat quality in the Mediterranean region. Zaragoza : CIHEAM, p. 43-51 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n 22).
- Journal Officiel de la République Algérienne. (2013). N° 35 DU 7 juillet. 15-17 p.
- Joppa, L.R. et Williams, N.D. (1988). Genetics and breeding of durum wheat in the United States. Pages: 47-68. In: DurumWheat: Chemistry and Technology. G. Fabriani and C. Lintas (Eds.). Amer. Assoc. CerealChem., St. Paul.,MN, U.S.A.
- Kaan, F., Branlard, G., Chihab, B., Borries, C. et Monneveux, P. (1993). Prebreeding and breeding durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.) for quality products. 30 – 33 p.
- Kebri, F. (2003). Avec un niveau de consommation de 60 millions de qx/an, l'Algérie un grand consommateur. Partenaires. Mensuel de la chambre française de commerce et d'industrie en Algérie. N° 41 Décembre, 23 p.
- Kezih, R., Bekhouche, F. et Merazka, A. (2013). Some traditional Algerian products from durum wheat. African Journal of Food Science. 8 : 30-34.
- Kiger, J.L. et Kiger, J.G. (1967). Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Tome 1, Dunod. Paris. 676 p.
- Kovacs, M.I.P., Poste, L.M., Butler, G., Woods, S.M., Leisle, D., Noll, J. S. et Dahlke, G. (1995). Durum Wheat Quality: Comparison of Chemical and Rheological Screening Tests With Sensory Analysis. Journal of Cereal Science. 25 : 65 - 75.
- Kumar, P., Yadava, R.K., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R.K. et Yadav, S. (2011). Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat. Life Sciences and Medicine Research. 22 : 1-10.
- Laignelet, B. (1983). Lipids in pasta and pastaprocessing. In "lipids in cerealtechnology". Barnes P.J. Ed., Academic Press, London. 269 – 286 p.
- Landi, A. (1995). Durum Wheat, semolina and pasta quality characteristics for an Italian food company. In : Di Fonzo, N. (ed.), Kaan, F. (ed.), Nachit, M. (ed.) : Durum wheat quality in the Mediterranean region. Zaragoza : CIHEAM. p. 33-42 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens. 22).
- Lecoq, R. (1965). Manuel des analyses et d'expertises usuelles Ed :Doin.Paris. 938 p.
- Lempereur, J., Chaurand, M., Abecassis, J. et Auiran, J.C. (1997). Valeur semoulière des blés durs

- (*Triticum durum* Desf): influence de la taille des grains. Revue de l'Apic. 104 : 20.
- Lesage, V. (2011). contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur controlant la dureté/tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées quasi-isogéniques. These doctorat.spécialité physiologie et génétique moléculaires. Université Blaise pascal. 236 p.
- Liu, C.Y., Shepherd, k.W. et Rathjen, A.J. (1996). Improvement of durum wheat pasta making and bread making qualities.Cereal Chemistry. 73 : 155-166.
- Liyana-Pathirana, C.M., Dexter, J., et Shahidi, F. (2006) . Antioxidant properties of wheat as affected by pearling. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54 : 6177–6184.
- Luo, C., Branlard, W.B., Griffin, W.B.et MC NEIL, D.L. (2000). The effect of nitrogen and sulfurfertilization and their interaction withgenotype on wheatglutenins and qualityparameters. Journal of Ceral Science. 31 :185-194.
- Mabille, F., Abecassis, J., Delenne, J.Y., Sadoudi, A., Samson, M.F. et Lullien-Pellerin, V. (2012). Expérimentation et modélisation pour la compréhension des mécanismes de fractionnement des céréales. Innovations Agronomiques. 19 : 95-105.
- Macritchie, F. (1984). Baking quality of wheat flours. Advances in Food Research. 29: 201-277.
- Madani, M. (2009). Qualité technologique de quelques céréales (blé tendre, blé dur, orge et triticale) C/S du laboratoire de technologie de l'ITGC. 20 p.
- Matsuo, R.R. et Dexter, J.E. (1980). Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. Canadian Journal of Plant Science. 60 : 49-53.
- Matweef, M. (1966). Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires. Bull. ENSMIC. 213 p.
- Micard, V., Abecassis, J., Hemery, Y., Lullien-Pellerin, V., Petitot, M. et Rouau, X. (2009). Produits Céréaliers : Influence des procédés sur leurs propriétés nutritionnelles. Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes. 14 p.
- Nasri, N. et Triki, S. (2007).Les protéines de réserve du pin pignon (*Pinus pinea*L.) C. R. Biologies, 330 : 402–409.
- Namoune, H. (1989). Détermination des aptitudes technologique des principales variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de doctorat : option génie industrie alimentaire. I.N.A.T.A. A. université des frère Mentouri,Constantine. Algérie.109 p.

- Nyström, L., Paasonen, A., Lampi, A.M. et Piironen, V. (2007). Total plant sterols, sterylferulates and steryl glycosides in milling fractions of wheat and rice. *Journal of Cereal Science*. 45 : 106-115.
- Osborne, T.B. (1924). *The Vegetal Proteins*, second ed., Longeant, Green W. London. 154 p.
- Osborne, T.B. (1907). *The proteins of the wheat kernel*. Carnegie Institute, Washington. Publ. 84 : 1-119.
- Ostlund, R.E., Racette, S.B., Okeke, A. et Stenson, W.F. (2002). Phytosterols that are naturally present in commercial corn oil significantly reduce cholesterol absorption in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. 75 : 1000-1004.
- Patrick, J.F. (2006). Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de doctorat en sciences et Technologie des Aliments. Université Laval-Québec. 293 p.
- Ripetti-Ballester, V., Roumet, P. et Chaurand, M. (2000). Prédiction du rendement en semoule par spectroscopie proche infrarouge sur grains entiers. In :Royo, C. (ed.), Nachit, M. (ed.), Di Fonzo, N. (ed.), Araus, J.L. (ed.). *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges*. Zaragoza : CIHEAM, p. 489-491 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; 40).
- Roudaut, H. et Lefrancq, E. (2005). *Alimentation théorique*, Série science des aliments, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitane. 305 p.
- Royo, C., Aparicio, N., Blanco R. et Villegas, D (2004). Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 20 : 419-430
- Samson, M.F., Mabilie, F., Chéret, R., Abécassis, J. et Morel, M.H. (2005). Mechanical and physicochemical characterization of vitreous and mealy durum wheat endosperm. *Cereal Chemistry*. 82 : 81-87.
- Sassi, K. (2008). Contribution à l'étude de l'adaptation des cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf) à l'agriculture biologique : rendement en grains, stabilité et qualité technologique et nutritionnelle. Thèse doctorat en sciences agronomiques. Tunisie. 171 p.
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid, E. D. (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*. 16: 225-9.
- Schoch, J. (1942). Fractionation of starch by selective precipitation with butanol. *J Am. Chem. Soc*. 64: 2957-2961.

- Selselet, A. (1991). Technologie des céréales et produits dérivés. Document à l'usage des étudiants. Option technologie agro-alimentaire : Ed .Tec et Doc. Lavoisier. Paris 147 p.
- Shewry, P., Tatham, A., Forde, J. Kreis, M. et Mifflin, B. (1986). The Classification and Nomenclature of Wheat Gluten Proteins: A Reassessment. Journal of Cereal Science. 4 : 97-106.
- Sisson, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality pasta and bread, a Global science Books. 90 p.
- Souci, S.W. Fachman, W. et Kraut H. (1994). La composition des aliments. Tableau des valeurs nutritives Medpharm scientific publishers, 5^{ème} éd. Medpharm Publishers Stuttgart, Germany : 1091p.
- Surget, A. et Barron, C. (2005). Histologie du grain de blé, Association pour le progrès des industries céréalières. Paris. 3-7 p.
- Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T. Blechl, A., Dubcovsky, J.A. (2006). Genere gulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. Science. 314 : 1298–301.
- Vensel, W.H., Tanaka, C.K. Cai, N., Wong J.H., Buchanan, B.B. et Hurkman, W.J. (2005). Developmental changes in the metabolic protein profiles of wheat endosperm. Proteomics. 5 : 1594-1611.
- Vierling, E (2008). Aliment et boissons. Technologie et aspect réglementaire. 3^{ème} édition. DOIN édition .France. 31p.
- Weigand, C. (2011). Wheat import. Projections towards 2050. U.S. Wheat Associates. 13 p.
- Zuzana, S., Edita, G. et Ernest, S. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. Acta Chimica Slovaca. 2 : p115 – 138.

Annexes

Annexe I : Résultats des analyses physico-chimiques

Tableau 1: Résultats de la teneur en eau des différents types de semoule.

Echantillon	Poids avant	Poids après	Humidité %
F1	60.16	59.47	13.8
F1'	63.30	62.62	13.6
F1''	62.66	61.98	13.6
F2	78.90	78.21	13.8
F2'	82.61	81.95	13.2
F2''	82.31	81.62	13.2
F3	74.41	73.75	13.2
F3'	76.11	75.45	13.2
F3''	101.69	101.04	13
Moyen±écart type			13.40 ±0.30
S1	95.03	94.34	13.8
S1'	72.93	72.24	13.8
S1''	80.42	79.74	13.6
S2	81.66	80.95	14.2
S2'	82.23	81.56	13.4
S2''	82.66	81.99	13.4
S3	94.64	93.92	14.4
S3'	68.83	68.14	13.8
S3''	74.71	74.00	14.2
Moyen±écart type			13.84 ± 0.38
B1	60.16	59.47	13.8
B1'	63.29	62.59	14
B1''	82.66	81.97	13.8
B2	78.88	78.18	14
B2'	82.62	81.92	14
B2''	94.63	93.93	14
B3	62.65	61.95	14
B3'	82.30	81.61	13.8
B3''	81.65	80.96	13.8
Moyen±écart type			13.91±0.10

Tableau 2 : Résultats de dosage des cendres de différents types de semoule.

Echantillon	Poids des cendres	Teneur en cendres %
F1	0.039	0.78
F1'	0.037	0.74
F1''	0.038	0.76
F2	0.039	0.78
F2'	0.047	0.94
F2''	0.043	0.86
F3	0.034	0.68
F3'	0.037	0.74
F3''	0.038	0.76
Moyen±écart type	0.039	0.78±0.075
S1	0.043	0.86
S1'	0.046	0.92
S1''	0.044	0.88
S2	0.044	0.88
S2'	0.044	0.88
S2''	0.044	0.88
S3	0.044	0.88
S3'	0.046	0.92
S3''	0.044	0.88
Moyen±écart type	0.044	0.89±0.02
B1	0.038	0.76
B1'	0.039	0.78
B1''	0.038	0.76
B2	0.039	0.78
B2'	0.040	0.80
B2''	0.040	0.80
B3	0.040	0.80
B3'	0.040	0.80
B3''	0.040	0.80
Moyen±écart type	0.039	0.79±0.017

Tableau 3 : Résultats d'acidité grasse de différents types de semoule.

Echantillon	V NaOH	V blanc	Acidité grasse (g/H ₂ SO ₄)
F1	0.9	1.2	0.022
F2	0.6	1.2	0.044
F3	0.6	1.2	0.044
moyen ± écartype			0.036 ±0.01
B1	0.9	1.2	0.022
B2	0.6	1.2	0.044
B3	0.9	1.2	0.022
moyen ± écartype			0.029±0.01
S1	0.9	1.2	0.022
S2	0.6	1.2	0.044
S3	0.9	1.2	0.022
moyen ± écartype			0.029±0.01

Tableau 4 : Résultats de dosage des lipides de différents types de semoule.

L'échantillon	Poids ballon vide	Poids ballon après l'extraction	MG%
F1	162.77	163.01	1.2
F2	162.77	162.93	0.8
moyen ± écartype			1±0.28
S1	163	163.26	1.3
S2	163	163.20	1
moyen ± écartype			1.15±0.21
B1	164.96	165.15	0.95
B2	164.96	165.14	0.9
moyen ± écartype			0.92±0.03

Tableau 5 : Résultats de dosage d'amidon de différents types de semoule.

Echantillon	Tube +amidon	poids tube vide	amidon %
F1	20.87	20.55	84
F2	21.16	20.79	81.5
F3	20.79	20.50	85.5
moyen ± écartype			85 %±0 .01
B1	21.20	20.75	77.5
B2	21.08	20.68	80
B3	20.83	20.40	78.5
moyen ± écartype			78 .66±0.01
S1	20.70	20.45	87.5
S2	20.88	20.61	86.5
S3	21	20.75	87.5
moyen ± écartype			87%±0.006

Tableau 6 : Résultats de dosage de gluten sec, humide et la capacité d'hydratation de différents types de semoule.

Echantion	GH	GH%	GS	GS%	CH%
F1	7.74	30,96	3	12	61.24
F1'	7.48	29,92	2.90	11.6	61.23
F1''	7.44	29,76	2.60	10.4	65.05
F2	6.41	25,64	2.21	8.84	65.52
F2'	6.83	27,32	2.52	10.08	63.10
F2''	6.80	27.2	2.68	10.72	60.59
F3	7.20	28.8	2.87	11.48	60.13
F3'	6.72	26.88	2.51	10.4	61.31
F3''	6.63	26.52	2.32	9.28	65.01
Moyen±écartype	6.68±0.45	28.11±1.81	2.62±0.27	10.53±1.05	62.58±2.12
S1	7.52	30.08	2.74	10.96	63.56
S1'	8.80	35.2	3.37	13.48	61.70
S1''	8.5	34	3.33	13.44	60.47
S2	7.48	29.92	2.85	11.4	61.90
S2'	7.18	28.72	2.74	10.96	61.84
S2''	7.40	29.6	2.96	11.84	60
S3	7.45	29.8	2.70	10.8	63.76
S3'	7.52	30.08	2.96	11.84	60.64
S3''	7.68	30.72	3.83	15.32	50.13
Moyen±écartype	7.72±0.55	30.90±2.18	3.05±0.38	12.23±1.53	60.59±4.08
B1	7.14	28.56	2.61	10.44	63.45
B1'	7.04	28.16	2.65	10.06	64.28
B1''	7.12	28.48	2.89	11.56	59.41
B2	7.88	31.52	3.18	12.72	59.64
B2'	6.71	26.84	2.72	10.88	59.46
B2''	7.72	30.88	3.01	10.04	67.49
B3	7.56	30.24	3.20	12.8	57.67
B3'	7.51	30.04	2.75	11	63.38
B3''	7.47	29.88	2.90	11.6	61.18
Moyen±écartype	7.35±0.37	29.4±1.49	2.88±0.22	11.23±1.03	61.77±3.10

Tableau 9 : Résultats de test de sédimentation de différents types de semoule.

Echantillon	Volume de sédimentation (ml)
F1	18
F2	18.5
F3	18.2
moyen ± écartype	18.23±0.25
B1	16
B2	16.1
B3	16.3
moyen ± écartype	16.13±0.15
S1	17
S2	18
S3	18.5
moyen ± écartype	17.83±0.76

Tableau 10 : Résultats de dosage des protéines de différents types de semoule

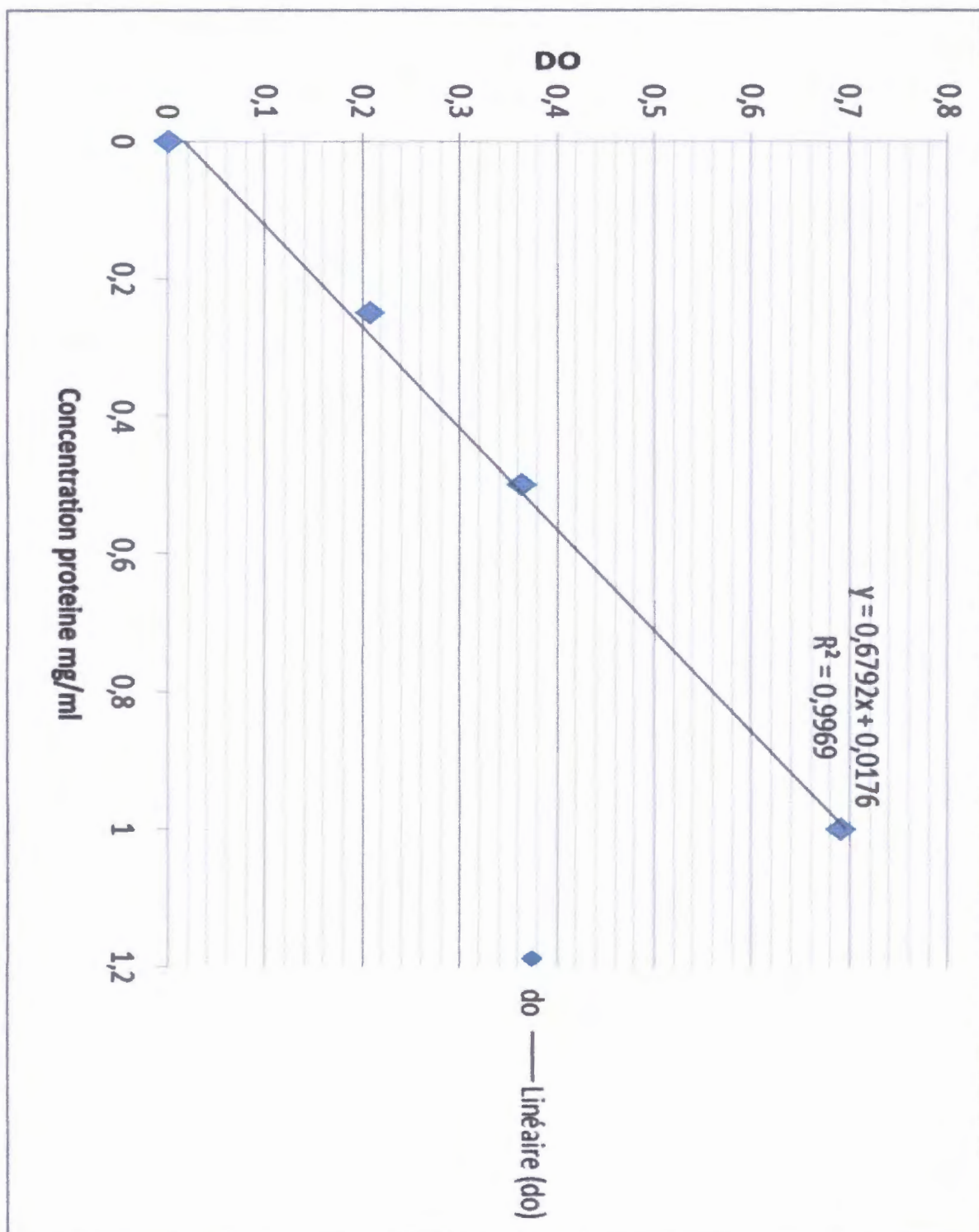
Echantillon	V acide sulfurique 0,1N	Azote totale	% Protéine
F1	1.3	1.82	10.37
S1	1.45	2.03	11.57
B1	1.1	1.54	8.78

Tableau 11 : Résultats de dosage des fractions protéiques de différents types de semoule

Total [prot]	0,31	0,35	0,27		0,30	0,42	0,30		0,25	0,31	0,27	
Gluténine %	50,65	24,57	38,52	37,91±1 3,05	38	50	45,33	44,44±6, 05	30,8	38,06	27,04	31,97±5,6 0
Protéine []	0,157	0,086	0,104		0,114	0,210	0,136		0,077	0,118	0,073	
Albumine %	4,84	22,57	6,29	11,23±9, 84	1,6	15,95	12,33	9,96±7,4 6	22,8	29,35	30,37	27,51±4,1 1
Protéine []	0,015	0,079	0,017		0,005	0,067	0,037		0,057	0,091	0,082	
Prolamine %	30,97	33,43	42,22	35,54±5, 91	49,66	26,19	35	36,95±1 1,86	43,2	20,65	31,85	31,9±11,2 8
Protéine []	0,096	0,117	0,114		0,149	0,110	0,105		0,108	0,064	0,086	
Globuline %	13,55	20	12,22	15,26 ±4,16	11	7,62	8,66	9,09±1,7 3	4,4	12,90	11,85	9,72±4,63
Protéine []	0,042	0,070	0,033		0,033	0,032	0,026		0,011	0,040	0,032	
	S1	S2	S3	Moyen écartype	B1	B2	B3	Moyen écartype	F1	F2	F3	Moyen écartype

Annexe 2 : Courbe d'étalonnage de dosage des protéines

Courbe d'étalonnage de dosage des protéines par la méthode de Bradford



Annexe 3 : Photos des tests réalisés.

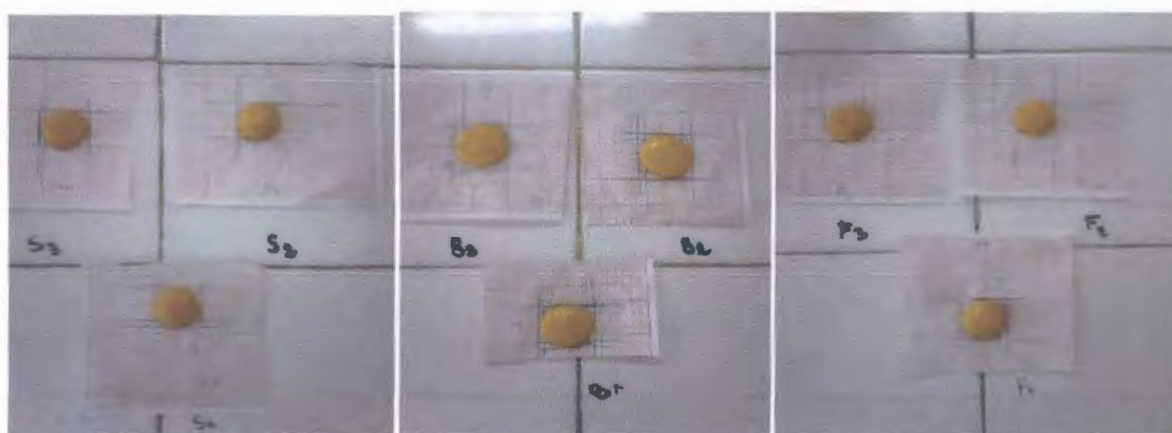
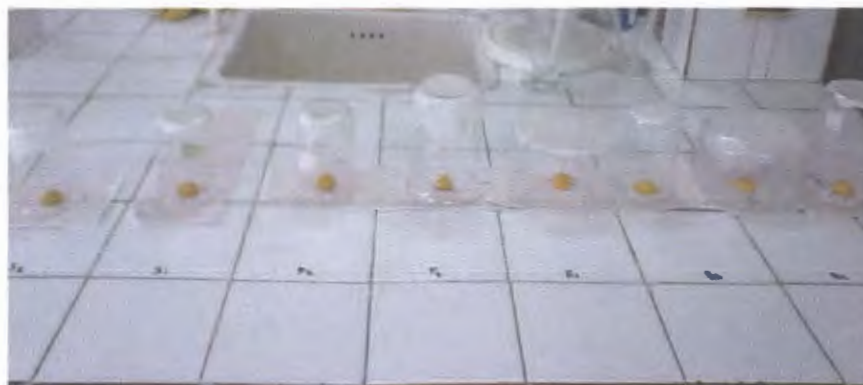


Photo 1 : Test de ramollissement



Photo 2 : Les cendres



Photo 3 : Gluten humide.



photo 4 : Gluten sec.



Photo 5: Dosage des lipides par l'appareil Soxhlet.



Etape de minéralisation

Etapes d'alcalinisation et distillation

Etape de titrage

Photo 6: Dosage des protéines par kjaldhal.

Réalisé par : <ul style="list-style-type: none"> • Boucetouh Nessma • Bouhal Amina • Bouhalassa Hadjer 	Encadreur : Mr LAIB. ESSAID Date de soutenance : 27 / 06/2016
Intitulée : Contrôle de qualité physico-chimique de quelques variétés de semoule écoulees sur le marché de Jijel (Ferdjioua, Bouziane, et Sanabil El Salam).	
Nature de diplôme: Master Académique en biologie .Option : Contrôle de qualité des produits alimentaires	
<p style="text-align: center;">Résumé</p> <p>Dans ce travail, nous avons procédé à un contrôle physico-chimique et rhéologique de trois variétés de semoule écoulees sur le marché de Jijel «Ferdjioua, Bouziane, et Sanabil El Salam». Les caractéristiques physico-chimiques et rhéologiques des semoules étudiées montrent que celles-ci sont conformes vis-à-vis l'humidité, les cendres et les lipides, par contre, elles ne sont pas conformes concernant l'amidon, l'acidité grasse et les protéines à l'acceptation de l'échantillon Sanabil El Salam. La variation des différents paramètres testés dans les trois échantillons indique que la semoule Sanabil El Salam est meilleur vue sa composition (taux de gluten, teneur en protéine). Le présent travail a montré que la qualité de cette semoule en général, en vue de leur transformation en couscous et en pâtes alimentaires est possible</p>	
Les mots clés: semoule, physico-chimique, qualité, gluten, protéines.	
<p style="text-align: center;">Abstract</p> <p>In this work, we conducted a physico-chemical and rheological control of three varieties of semolina traded on the market of Jijel "Ferdjioua, Bouziane, and Sanabil El Salaam". The physico-chemicals and rheologicals characteristics of the studied semolinas shows that this one conforms for humidity, ashes, lipids, on the other hand, non-compliant for starch, fat acidity and proteins of Sanabil El Salaam samples. The variation of the different parameters tested in the three samples, indicates that the Sanabil El Salaam semolina is better seen its composition (rate of gluten, content in proteins). The present work showed that the high quality of this semolina in general, in view of their transformation in couscous and in pasta is possible.</p>	
Keywords: Semolina, physico-chimical, quality, gluten, protein	
<p style="text-align: center;">ملخص</p> <p>في هذا العمل قمنا بدراسة الخصائص الفيزيوكيميائية و الريولوجية لثلاث انواع من السميد المباع على مستوى ولاية جيجل « فرجيوة, بوزيان و سنابل السلام». نتائج الدراسة الفيزيوكيميائية و الريولوجية اظهرت تطابق مع المعايير فيما يخص: الرطوبة, الرماد و النسم و اظهرت عدم تطابق فيما يخص: النشاء, الحموضة الدهنية و البروتينات باستثناء عينة سنابل السلام. الاختلاف في النتائج يدل على افضلية نوعية سميد سنابل السلام من حيث المكونات (الغلوتين و البروتينات) و قد اظهرت النتائج المحصل عليها أن نوعية السميد بشكل عام, صالحة لتحويلها الى كسكس و عجائن غذائية.</p>	
<p style="text-align: center;">الكلمات المفتاحية: سميد, نوعية, الفيزيوكيميائية, البروتينات, الغلوتين</p>	

