



Université Mohamed Kheider Biskra
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Qualité et métrologie appliquée à l'agronomie

Réf : /

Présenté par

CHAMEKH Amina

Soutenue publiquement le 11 Juin 2024

Thème

Etude comparative de la qualité physico-chimique et technologique de la semoule destinée aux consommateurs à base de blé importé et blé local : cas de la semoule El-Baraka

Jurys :

| | | |
|---------------|----------------------|--------------|
| Mme DEMNATI.F | Université de Biskra | Présidente |
| Mme DJOUDI.I | Université de Biskra | Examinatrice |
| Mme MEBREK.N | Université de Biskra | Promotrice |

Année universitaire : 2023 - 2024

Remerciements

﴿ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ ﴾

Je remercie Dieu le tout puissant qui m'a aidé à réaliser ce travail.

﴿ الْحَمْدُ لِلَّهِ ﴾

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur madame MABRAK .N pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.

Je tiens également à remercier les membres du jury pour leur générosité et leur acceptation de juger mon travail.

Tous mes respect au responsable laboratoire monsieur DJELLABI SALAH, et un grand merci pour l'ingénieur de qualité monsieur BEN AMOR KHALED pour l'accompagnement scientifique. Merci au groupe El-Baraka.

Dédicace

À mon tendre époux Badis, qui illumine chaque jour de ma vie par sa présence aimante et son soutien sans faille. Merci pour tout ce que tu es.

À mes chers parents et mes sœurs Afef, Besma et Safaa, sources de bonheur et de soutien, vous êtes mes piliers dans ma vie. Merci pour votre amour inconditionnel et votre présence constante.

Un grand bisou à mes trois enfants Moenies Dhiaa eddine, Soundous et Meriem, qui sont également la joie de ma vie. Je vous aime.

À l'ingénieur Khaled Ben Amor, qui a partagé son expertise et son temps pour m'aider à réaliser ce travail. Votre contribution a été inestimable.

À Meriem et Souad

À mon amie fidèle Fatima Zahra, complice de mes joies, merci pour ta présence inébranlable et ton soutien indéfectible.

Amina

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie 1 : Etude bibliographique

Chapitre I : Blé dur (*Triticum durum* Desf.)

1-Définition et historique 5

2-Classification botanique..... 5

3-Composition histologique 6

4-Importance et production de blé 6

4-1-Dans le monde 7

4-2- En Algérie..... 8

5-Caractéristiques physicochimiques 8

5-1- Teneur en eau..... 8

5-2- Teneur en protéines totale..... 9

5-3- Poids spécifique (PS)..... 9

5-4-Poids de mille grains (PMG) 9

5-5- Agréage..... 9

5-5-1-Taux des impuretés..... 9

5-5-2-Taux de moucheture 10

5-5-3-Taux de mitadinage 10

Chapitre II : La semoule

1-Définition 12

2-Types des semoules en Algérie..... 12

3-Composition biochimique..... 13

4-Technologie semoulière 13

4-1-Réception de blé 14

4-2-Pré nettoyage 14

| | |
|---|----|
| 4-3-Nettoyage..... | 14 |
| 4-4- Mouillage..... | 14 |
| 4-5-Conditionnement | 15 |
| 4-6- Mouture | 15 |
| 4-7-Stockage..... | 15 |
| 4-8-Commercialisation..... | 15 |
| 5 -Caractéristiques physico-chimiques | 15 |
| 5 -1- Aspect (pureté) | 15 |
| 5-2-Granulométrie (Taux d’affleurement) | 16 |
| 5 -3-Humidité | 16 |
| 5 -4- Taux des cendres | 16 |
| 5-5-Test de couleur..... | 16 |
| 5-6-Teneur en protéines totale..... | 17 |
| 5 -7-L’acidité grasse..... | 17 |
| 6- Caractéristiques technologiques | 17 |
| 6-1-Taux de gluten | 17 |
| 6-2- Indice de chute..... | 17 |

Partie 2 : Etude expérimentale

Chapitre III : Méthodologie de travail

| | |
|---|----|
| 1-Objectif | 18 |
| 2-Présentation de lieu de stage | 18 |
| 3 -Caractérisation physico-chimiques de blé dur | 18 |
| 3-1- Teneur en eau..... | 18 |
| 3-2- Teneur en protéines totale..... | 19 |
| 3-3- Poids spécifique (PS)..... | 21 |
| 3-4-Poids de mille grains (PMG) | 22 |
| 3-5- Agréage..... | 23 |

| | |
|---|----|
| 3-5-1-Taux des impuretés..... | 23 |
| 3-5-2-Taux de mitadinage | 23 |
| 3-5-3-Taux de moucheture | 24 |
| 4- Caractérisation physico-chimique de la semoule..... | 25 |
| 4-1-Granulométrie (Taux d’affleurement) | 25 |
| 4-2-Humidité | 25 |
| 4-3- Taux des cendres | 26 |
| 4-4-Test de couleur..... | 27 |
| 4-5-Teneur en protéines totale..... | 27 |
| 4-6- L’acidité grasse..... | 27 |
| 5 - Caractéristiques technologiques de la semoule | 29 |
| 5-1-Taux de gluten | 29 |
| 5-2- Indice de chute..... | 31 |

Chapitre IV : Résultats et discussion

| | |
|--|----|
| 1- Caractéristiques physicochimiques de blé dur..... | 36 |
| 1-1-Agréage..... | 36 |
| 1-1-1-Taux d’impuretés totales | 36 |
| 1-1-2-Taux de moucheture | 37 |
| 1-1-3-Taux de mitadinage | 38 |
| 1-2-Poids de mille grains (PMG) | 39 |
| 1-3-Poids spécifique (PS)..... | 40 |
| 1-4-Humidité | 41 |
| 1-5-Teneur en protéines totales | 42 |
| 2- Caractéristiques physico-chimique de la semoule | 43 |
| 2-1-Granulométrie | 43 |
| 2-2-Humidité | 44 |
| 2-3- Taux des cendres | 45 |

| | |
|--|----|
| 2-4-Test de couleur..... | 47 |
| 2-5-Teneur en protéines totales | 48 |
| 2-6- Acidité grasse | 49 |
| 3- Caractéristiques technologiques de la semoule | 50 |
| 3-1-Teneur en gluten | 50 |
| 3-2- Indice de chute..... | 52 |
| Conclusions | 55 |
| Références bibliographique | |
| Annexes | |
| Résumé | |

Liste des tableaux

| | |
|---|------------------|
| Tableau 01 : Classification botanique du blé dur..... | 5 |
| Tableau 02 : Composition biochimique de la semoule..... | 13 |
| Tableau 03 : Prise d'essai en fonction de la teneur en eau de l'échantillon..... | Annexe 01 |
| Tableau 04 : Variations des résultats des analyses physicochimiques de blé dur local et importé..... | Annexe 02 |
| Tableau 05 : Analyse de la variance ANOVA de teneur en eau (%) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 03 |
| Tableau 06 : Analyse de la variance ANOVA de teneur cendres (%) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 03 |
| Tableau 07 : Analyse de la variance ANOVA d'indice de jaune (b*) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 03 |
| Tableau 08 : Analyse de la variance ANOVA d'indice de brun (a*) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 04 |
| Tableau 09 : Analyse de la variance ANOVA des teneurs en protéines (%) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 04 |
| Tableau 10 : Analyse de la variance ANOVA d'acidité grasse (%) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 04 |
| Tableau 11 : Analyse de la variance ANOVA de teneur en gluten humide (%) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 05 |
| Tableau 12 : Analyse de la variance ANOVA de teneur en gluten index (%) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 05 |
| Tableau 13 : Analyse de la variance ANOVA de teneur en gluten sec (%) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 05 |
| Tableau 14 : Analyse de la variance ANOVA de temps de chute (Sec) de la semoule à base de blé dur local et importé..... | Annexe 06 |
| Tableau 15 : Granulométrie de la semoule issue de blé dur local..... | Annexe 06 |
| Tableau 16 : Granulométrie de la semoule issue de blé dur importé..... | Annexe 06 |
| Tableau 17 : Taux d'humidité (%) de la semoule issue de blé dur local et importé... | Annexe 07 |
| Tableau 18 : Taux des cendres (%) de la semoule issue de blé dur local et importé.. | Annexe 07 |
| Tableau 19 : Test de couleur des semoules issues de blé dur local et importé..... | Annexe 07 |
| Tableau 20 : Teneurs en protéines (%) des semoules issues de blé dur local et importé..... | Annexe 08 |

Tableau 21 : Taux d'acidité grasse (%) des semoules issues de blé dur local et importé.....**Annexe 08**

Tableau 22: Teneurs en gluten (%) des semoules issues de blé dur local et importé.....**Annexe 08**

Tableau 23 : Temps de chute (Sec) des semoules issues de blé dur local et importé.....**Annexe 09**

Liste des figures

| | |
|---|-----------|
| Figure 01 : Le blé dur (<i>Triticum durum Desf.</i>)..... | 5 |
| Figure 02 : Composition histologique d'un grain de blé dur (<i>Triticum durum Desf.</i>)..... | 6 |
| Figure 03 : Production du blé dur en million de tonnes dans les principaux pays producteurs dans le monde au cours de l'année 2012/2013..... | 7 |
| Figure 04 : Production et consommation de blé dur en Algérie..... | 8 |
| Figure 05 : La semoule..... | 12 |
| Figure 06 : Variations de taux des impuretés (%) de blé local et importé..... | 36 |
| Figure 07 : Variations de taux de moucheture (%) de blé local et importé..... | 37 |
| Figure 08 : Variations de taux de mitadinage (%) de blé local et importé..... | 38 |
| Figure 09 : Variations de poids de mille grains (g) de blé local et importé..... | 39 |
| Figure 10 : Variations de poids spécifique (g) de blé local et importé..... | 40 |
| Figure11 : Variations d'humidité (%) de blé local et importé..... | 41 |
| Figure 12 : Variations des teneurs en protéines (%) de blé local et importé..... | 42 |
| Figure 13 : Granulométrie des semoules de blé dur local et importé..... | 43 |
| Figure 14 : Variations de taux d'humidité (%) des semoules de blé dur local et importé..... | 45 |
| Figure 15 : Variations de taux des cendres (%) des semoules de blé dur local et importé..... | 46 |
| Figure 16 : Variations des indices de couleur (b*) et (a*) des semoules de blé dur local et importé..... | 47 |
| Figure 17 : Variations des teneurs en protéines (%) des semoules de blé dur local et importé..... | 48 |
| Figure 18 : Variations d'acidité grasse (%) des semoules de blé dur local et importé..... | 49 |
| Figure 19 : Variations des teneurs en gluten (%) des semoules de blé dur local et importé..... | 51 |
| Figure 20 : Variations de temps de chute (Sec) des semoules de blé dur local et importé..... | 53 |

Liste des abréviations

C ° : degré Celsius

(g) : grammes

H : humidité

h : heure

hl : hectolitre

ISO : international standard organisation

JORA : journal officiel de la république algérienne

Kg : Kilogrammes

(mg) : milligrammes

ml : millilitre

mm : millimètre

µm : Micromètre

min : minutes

N : nombre

NA : normes algérienne

NF : normes française

P : probabilité

Sec : Second

T : Tonne

% : Pourcent

Introduction

Le blé dur constitue l'une des cultures clés de l'agriculture mondiale, il occupe une partie importante dans la ration alimentaire pour une large population dans le monde, ce qui explique sa place au sommet de la pyramide des transactions commerciales des graminées dans le marché mondial (**Djelti, 2013**).

La connaissance de la composition chimique du blé donne une idée sur sa valeur nutritionnelle et technologique, globalement le grain du blé est composé de : l'eau (13.5 %), les glucides (60 % à 70 %), les lipides (2.7 %), les protéines (10 % à 15 %) et les minéraux, les vitamines à faible proportion (**Benchikh, 2015**).

La production du blé dur est conventionnellement associée à la fabrication de la semoule et les pâtes alimentaires au niveau industriel, en milieu rural l'utilisation du blé dur dans la panification est une pratique courante. Pour les populations rurales, le pain à base de blé dur (pain et galette) est un composant fondamental du régime quotidien (**Boujnah et al., 2004**).

La transformation du blé dur se fait par la séparation des constituants du grain, cette séparation appelée « la mouture », pour obtenir la semoule qui est l'ingrédient essentiel dans la fabrication du pain traditionnel. Afin d'obtenir des produits de meilleure qualité, Il est nécessaire de suivre de près et avec vigilance toutes les étapes du processus de fabrication (**Bourson, 2009**).

La semoule de blé dur est connue comme la plus consommée et soutenue par tous les catégories sociales, est une substance très dure et constitue un débouché essentiel pour les producteurs de blé dur (**Le Bail, 2001**). Le processus de mouture dans lequel le son et le germe sont fondamentalement éliminés, le reste est broyé à une finesse adéquate. Ses particules vont de 150 µm à 500 µm (**Abecassis et Chaurand, 1997**). On l'appelle semoule de blé dur car elle résiste au broyage et fournit de la semoule à la place de la farine. La dureté est directement liée à la semoule, cette dernière comporte différents constituants (Eau, protéines, sucres, lipides, Polysaccharides non amyliques...), qui jouent un rôle direct ou indirect dans la fabrication de différents pains traditionnels et aussi comme une source énergétique pour le consommateur (**Souci et al., 1994**).

La semoule est considérée comme une matière stratégique dans l'alimentation du consommateur algérien, non seulement parce qu'elle est considérée comme une matière première unique et facile à utiliser pour préparer des plats traditionnels et populaires comme le couscous traditionnel, chekhchoukha et le pain fait maison, mais c'est aussi une source d'énergie importante, et ce parce qu'il contient des sucres (amidon) ainsi que des protéines qui répondent aux besoins énergétiques quotidiens de l'individu, sans en oubliant son prix

subventionné et financièrement peu onéreux. De ce point de vue, le consommateur est soucieux d'obtenir un produit de qualité, doté de caractéristiques distinctives et conformes aux normes algériennes. a cet égard, et afin de lever l'ambiguïté sur cette situation, et de connaître l'étendue de l'influence de l'origine variétal, et conditions agro-climatique du blé destiné à la mouture sur la qualité de la semoule destinée au consommateur, nous avons mené une étude comparative scientifique précise, en travaillant d'abord sur le suivi de certaines caractéristiques de qualité physicochimique du blé dur local et importé en tant que matière première (Agréage, humidité, poids de mille grains, teneur en protéines..), en arrivant à étudié de certaines critères de qualité de la semoule en tant que produit fini (Granulométrie, humidité, teneur en cendres, indices de couleur, teneur en gluten, indice de chute..), résultant de la mouture du blé dur local et importé.

Notre travail est divisé en deux parties : la première est consacrée à une étude bibliographique et comporte deux chapitres, qui traitent successivement caractérisation physico-chimique de blé dur et caractérisation physico-chimique et technologique de la semoule. Une deuxième partie est réservée à étude expérimentale qui subdivisé en deux chapitres : le premier est matériels et méthodes, qui présente les différents méthodes et équipements utilisés pour déterminé les caractéristiques physico-chimiques de blé dur, caractéristiques physico-chimiques et technologique de la semoule, le deuxième présente les résultats obtenus et leurs discussion en comparent les deux variétés de blé et les semoules résultant de leurs mouture.

Partie 1 :
Etude bibliographique

Chapitre I :

Blé dur

(Triticum durum Desf.)

1-Définition et historique

Le blé dur est l'une des premières espèces cultivées par l'homme depuis plus de 7000 à 10000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant la vallée du Jourdain et les zones adjacentes de la Palestine, de la Jordanie, de l'Irak, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman, 2001).

Est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence, appelé caryopse (figure 01), constitué d'une graine et de tégument, constitue la première ressource alimentaire de l'humanité et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles (production du couscous, pâtes alimentaires...) (Nedjah, 2012).



Figure 01 : Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Photo originale, 2024).

2-Classification botanique

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.), est une monocotylédone de la famille Poaceae, la classification détaillée est illustrée dans le tableau (01) :

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

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

3-Composition histologique

Le grain de blé dur mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg. Est composé de trois parties principales : Les enveloppes, l'amande (albumen) et le germe. La figure ci-dessous (figure 02) représente une coupe longitudinale d'un grain de blé dur.

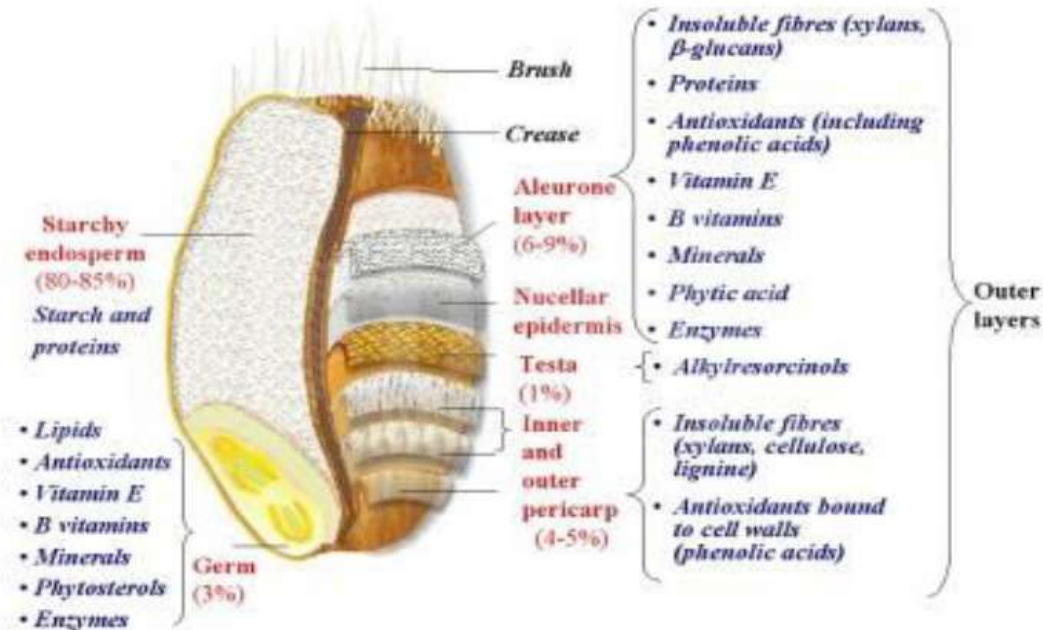


Figure 02 : Composition histologique d'un grain de blé dur (*Triticum durum* Desf.)

(Salmi et Merbah, 2015).

4-Importance et production de blé

Le blé dur représente environ 10% des surfaces cultivées en blés dans le monde dont 70% sont localisées en bassin méditerranéen dont les principaux pays sont la Turquie, l'Italie, l'Espagne et les pays du Maghreb (Monneveux, 2002).

Le blé dur occupe une place importante, dont le grain devenue un enjeu important pour nourrir l'humanité : production des pâtes alimentaire, de couscous, pain, fric, et divers gâteaux, et la paille pour l'alimentation des bétails (Troccoli et al., 2000).

4-1-Dans le monde

La production du blé dans le monde est de 650 million de T en 2010. D'après Feillet, (2000), les estimations de la demande mondiale de blé dur s'élèvera à 1 milliard de T en 2020. La culture de blé représente 17% des échanges internationaux de produits agricoles. Seconde en volume après le maïs, la production de blé ne cesse de croître pour faire face à la demande de sa consommation.

Selon les statistiques de Conseil international des céréales CIC, (2013), la production de blé dur continue de décliner dans le sud de l'union européenne. Au Maghreb, la production décline d'environ 100 000 T, à 5,3 million de T. Les productions ont chuté à la cause de la sécheresse qui a frappé les pays. Au total, à l'échelle mondiale, la production se contracte de 1,4 million de T. La demande mondiale en blé dur est en hausse et la baisse de la production entraîne une augmentation des prix des échanges mondiaux (Mekaoussi, 2015).

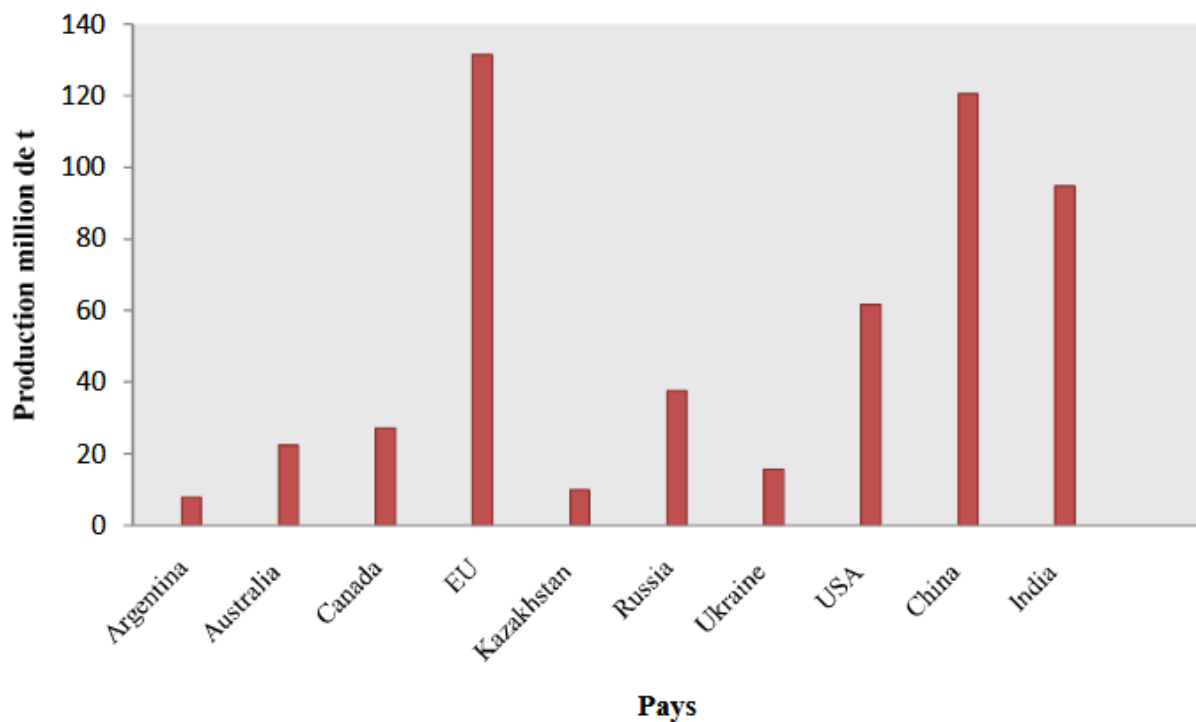


Figure 03 : Production du blé dur en million de tonnes dans les principaux pays producteurs dans le monde au cours de l'année 2012/2013 (Mekaoussi, 2015).

4-2- En Algérie

Le blé représente la production alimentaire la plus importante pour une grande partie de la population algérienne ; pour cela, l'état est toujours intervenu dans le marché pour assurer à tous les citoyens un accès équitable à cet aliment.

Selon les statistiques du ministère de l'agriculture et du développement durable, la superficie emblavée au titre de la campagne labours-semis 2016 / 2017 a atteint les 1.17 millions d'habitats pour le blé dur. En 2016 la production céréalière en blé dur a atteint 2.2 MT. L'Algérie reste malgré tout un grand importateur de blé dur (**Benmounah, 2021**).

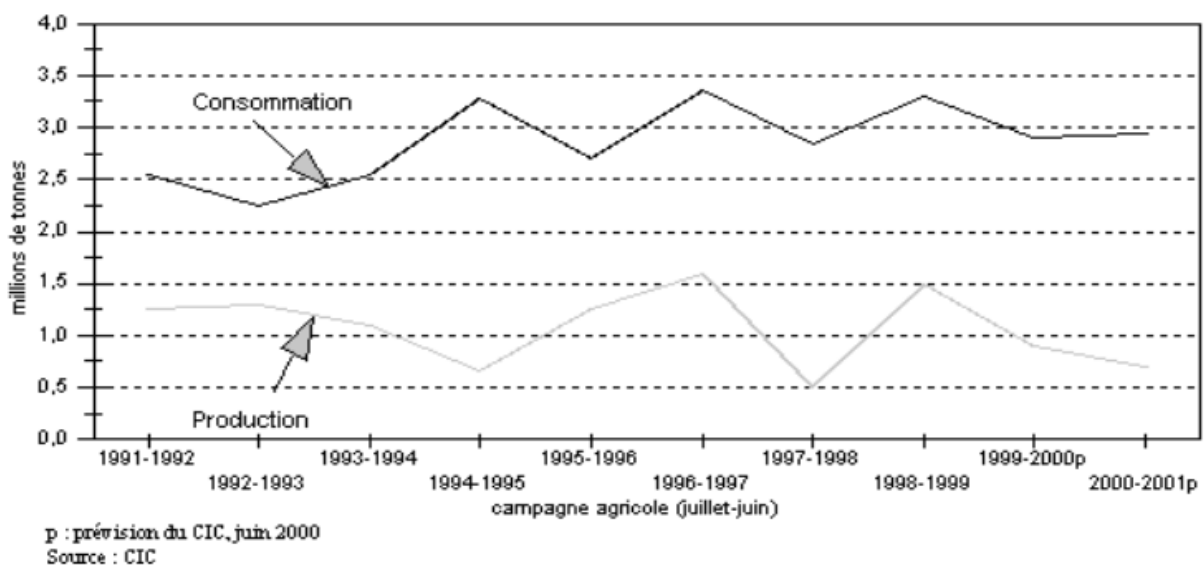


Figure 04 : Production et consommation de blé dur en Algérie (CIC, 2000).

5- Caractéristiques physicochimiques

Le blé dur est employé depuis longtemps dans les pays méditerranéens pour la fabrication de pains, plats traditionnels, et d'autres pains de spécialité. La qualité de blé dur est une somme de caractéristiques qui vont du rendement semoulière jusqu'à l'aptitude à la transformation (**Porceddu, 1995**).

5-1- Teneur en eau

L'humidité détermine la quantité d'eau présente dans le produit qu'il s'agisse de semoule ou de blé, et c'est un test de la qualité de ces deux derniers. Le but est de connaître le taux d'humidité d'une semoule ou d'un blé afin de s'assurer qu'il respecte les normes. La valeur maximale exigée du Codex STAND 178-1991 est 14.5 %.

Connaitre la teneur en eau du grain permet aux meuniers de savoir la quantité d'eau à rajouter avant la mouture pour une meilleure séparation des couches du grain (El hadef El okki, 2015).

5-2- Teneur en protéines totale

Les protéines stockées dans le blé déterminent plusieurs caractéristiques de l'évolution de la qualité de la semoule. Sur le plan quantitatif, la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante (Mok, 1997).

Une teneur en protéine du grain élevée et stable est un caractère génétique d'importance capitale pour l'obtention de produits de qualité (Kaan et al., 1993).

5-3- Poids spécifique (PS)

Appelé aussi La masse à l'hectolitre ou poids à l'hectolitre ; le poids spécifique (PS) correspond à la masse de blé contenu dans un hectolitre rempli de grains, d'impuretés et d'air interstitiel. Le but est de connaître les performances du produit final et la densité du grain (rendement semoulière), ainsi que de connaître une certaine qualité physique en fonction de la variété de blé et des conditions climatiques. (Attri et al., 2023).

5-4-Poids de mille grains (PMG)

Elle est un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de première transformation : rendement semouliers, meunier ou brassicole.

Le PMG est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après floraison combiné aux températures élevées entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage, ce qui se traduit par l'échaudage des grains (Benbelkacem et Kellou, 2000).

5-5- Agréage

5-5-1-Taux des impuretés

Les impuretés peuvent contenir les graines étrangères, les débris de végétaux, les débris d'animaux, les particules minérales, etc....., Ainsi, ces impuretés affectent la valeur marchande et la qualité technologique des lots de blé, et par conséquent du produit final. Sa présence affecte aussi le rendement de broyage, qui diminue en raison de son élimination lors du nettoyage (Bar, 2001).

5-5-2-Taux de moucheture

La moucheture du blé dur caractérisée par des tâches brunes à noires sur le grain de blé (en particulier au niveau du sillon) à maturité, Elles sont pénalisantes car on les retrouve dans la semoule et dans les pâtes alimentaires. La dépréciation de la valeur marchande des lots de blés durs peut être très importante avec des réfections de prix, voire des refus de lots présentant des taux de moucheture supérieurs à 5% (**Samson et Desclaux, 2006**).

5-5-3-Taux de mitadinage

Il s'agit d'un défaut de teneur en protéines du grain chez le blé dur. Le grain du blé dur prend un aspect blanchâtre alors que la couleur idéale du grain doit être jaune ambrée. Le fractionnement des apports d'azote (en deux ou trois apports) entre le tallage et le gonflement peut limiter fortement le risque de mitadinage. Selon Bar (1995) toute valeur entre 20% et 40% est acceptable, mais d'après Selselt (1991) pour considérer un blé comme blé de bonne qualité ne doit pas dépasser les 5% (**Hamadache, 2013**).

Chapitre II :

La semoule

1-Définition

La semoule est le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum desf.*) par procédés de mouture ou de broyage au cours des quels le son et le germe sont essentiellement éliminés, le reste étant broyé à un degré de finesse adéquat. La semoule complète du blé dur est préparée par procédé de broyage similaire (figure 05), mais le son et une partie du germe sont préservés (**Codex Stan, 1991**).

La semoule de blé dur est le substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires,...) leurs propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, leurs dureté, leur couleur unique, leur flaveur et leur qualité a la cuisson (**Godon et al., 1991**).



Figure 05 : La semoule (Photo originale, 2024).

2-Types des semoules en Algérie

D'après (**Matveef, 1969**) et (**Madani, 2009**); Il existe différentes catégories de semoules obtenus après le processus de mouture :

- **Semoules grosses (SG)** : la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 900 à 1100 μm , destinées aux usages domestiques. Elles sont considérées comme une semoule très pure du point de vue présence des débris du grain et vendues au commerce pour être consommées en l'état ou encore à la fabrication du couscous.
- **Semoules grosses moyennes (SGM)** : la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 550 à 900 μm , elles sont vendues en l'état. Elles sont destinées à la fabrication de la galette, le couscous.
- **Semoule sassées super extra (SSSE)** : elles proviennent de la partie centrale de l'amande de grain de blé dur et elles ont un faible taux de matières minérales. La dimension des

particules de cette catégorie est comprise entre 180 à 500 μm , elles sont destinées à la fabrication des pâtes alimentaires de qualité supérieure.

- **Semoules sâssées super fines (SSSF)** : la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 140 à 250 μm , elles servent à la fabrication des pâtes dites courantes. Elles proviennent des couches périphériques du grain, elle à un taux de cendres plus élevé.

3-Composition biochimique

Les semoules sont issues de l'endosperme amylacé (albumen), elles contiennent en ordre d'importance : l'amidon, protéines, des lipides, des sels minéraux et des vitamines.

La composition chimique de la semoule est étroitement liée à celle de blé dur et au diagramme de mouture (nombre de passages d'extraction).

| Composants | Taux en % |
|--------------------|-----------|
| Amidon | 60-80 |
| Pentosanes | 7-8 |
| Protéines | 8-16 |
| Lipides | 1-2 |
| Matières minérales | 0.8-1.2 |
| Vitamine | 0.6 |

Tableau 02 : Composition biochimique de la semoule (**Boudreau et Menard, 1992**).

4-Technologie semoulière

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

- une opération de transformation-dissociation des gains.
- une opération de séparation des constituants.

La première permet de dissocier l'amande et les enveloppes (broyage), de fractionner les semoules vêtus; la seconde assure la séparation des sons de produit sur la base de leur granulométrie (division par tamisage) et de leurs aérodynamiques (épuration par sassage) (**Feillet, 2000**).

4-1-Réception de blé

A l'arrivée du blé dur au moulin au moyen de camions, qui passent par un pont bascule afin de vérifier le poids exact du blé réceptionné.

La réception de blé est particulièrement importante pour la maîtrise des dangers biologiques, physiques, chimiques et microbiologiques. Il est en effet absolument éviter, à l'arrivée des blés à l'usine, toute infestation d'origine animale, et de s'assurer du respect des taux de résidus de produits phytosanitaires agricole, de métaux lourds et de mycotoxines, fixés par des règlements ou des normes (JORA, 2005).

4-2-Pré nettoyage

Il a pour but d'éliminer les grosses impuretés avant le stockage du blé dans les silos ou dans les cellules de mélange, selon les étapes suivantes :

- Une trémie de réception : qui permet la rétention de grosses impuretés telles que : pailles, bois, cailloux, pigeons, rongeurs et ou l'on peut examiner le passage des quantités livrées.
- Un grand aimant : permettant l'élimination des particules ferriques.
- Un séparateur rotatif : assurant une séparation sommaire des produits en fonction de leur taille (Boudreau et Menard, 1992).

4-3-Nettoyage

Le nettoyage constitue une opération primordiale en semoulerie qui doit être réalisé avec efficacité. Les principaux objectifs du nettoyage sont :

- Enlever les grains noirs et colorés pour limiter le nombre de piqures au minimum.
- Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans les semoules.
- Éliminer les grains toxiques et nuisibles.
- Réduire le nombre de contaminants microbiens.
- Éliminer, enfin tout produits autre que les grains.

4-4- Mouillage

Ou « humidification du grain » : au départ le grain de blé possède une teneur en eau égale à 11% ou 12%. Le grain est humidifié jusqu'à 16 ou même 17%. Cette action se fait simplement par addition d'une certaine quantité d'eau au blé.

4-5-Conditionnement

Ou «temps de repos» : cette opération a pour but de permettre à l'eau de pénétrer dans les grains et de bien se répartir dans l'amande farineuse .Ce repos peut avoir lieu dans « les boisseaux de repos» ou dans «des conditionneurs sécheurs ». Le temps de séjour du blé dans ces boisseaux est de 18 à 36 heures .A la sortie du conditionneur, le blé doit subir un repos de l'ordre de 4 à 8 heures.

4-6- Mouture

Le procédé de mouture des grains de blé dur consiste à séparer l'amande des enveloppes en commençant par isoler les parties les plus internes du grain et en se rapprochant progressivement de la périphérie (de l'intérieur vers l'extérieur).

La mouture est réaliser par l'action successive de :

- Broyeurs, Désagrèger, Réducteurs et Convertisseurs (le broyage) qui écrasent les grains et dissocient les produits de mouture.
- Tamisage ou blutage qui classent les produits selon leur taille.
- Sassage qui sépare les produits selon leur densité par aspiration.

4-7-Stockage

Les semoules produites peuvent être stockées en cellules ou silos dans des conditions acceptables de température et humidité afin d'éviter tous risque d'altération biochimique ou microbienne.

4-8-Commercialisation

Les semoules doivent conditionnées et commercialisée aux consommateurs en sacs de 1, 5, 10 ou 25 kg.

5 -Caractéristiques physico-chimiques**5 -1- Aspect (pureté)**

Ce test est une observation à l'œil nu et une évaluation de la propreté de la semoule et de son absence d'impuretés diverse telles que des grains marrons de son et des granules noirs issus de blé moucheté.

5-2-Granulométrie (Taux d'affleurement)

Elle est définie comme la quantité de semoule ou farine extraite ou refusée par un tamis dont les ouvertures des mailles est choisie en fonction de la finesse du produit **(Dubois ,1996)**.

La granulométrie est étroitement liée à la dureté des grains. Les blés les plus durs donnent un spectre granulométrique étendu de particule de forme régulière, contrairement aux blés friables, qui conduisent à un grand nombre de particules de tailles réduites.

La distribution granulométrique de la semoule est un facteur déterminant du fait qu'elle affecte les propriétés d'absorption des pâtes et par conséquent elle influe sur la qualité des produits finis **(Dexter et Matsuo, 1988)**.

5 -3-Humidité

La teneur en eau des semoules présente une importance capitale, tant sur le plan analytique que sur le plan technologique. En effet, elle permet d'une part d'estimer la teneur des différents constituants par rapport à la matière sèche et, d'autre part d'entrevoir le conditionnement et la transformation de la matière première.

L'humidité est très variable en fonction d'une part de la saison et d'autre part de la quantité d'eau ajouté au blé avant mouture **(Kiger et Kiger ,1967)**.

5 -4- Taux des cendres

La mesure de la teneur en cendre a un intérêt essentiellement réglementaire. Elle révélant indirectement la proportion de teneur en son des semoules et permet de classer ces derniers selon leurs degré de pureté. Elle est utilisé par les meuniers pour déterminer le taux d'extraction et de régler convenablement leurs moulins **(Feillet, 2000)**. Les cendres contenues dans la semoule peuvent donner une couleur plus foncée aux produits finis **(AFNOR, 1991)**.

5-5-Test de couleur

L'évaluation de la couleur est un facteur déterminant de la qualité organoleptique des semoules, c'est pourquoi elle est d'une importance primordiale en industrie alimentaire.

La couleur jaune de la semoule est due à la fois, à la présence dans le blé des pigments caroténoïdes et aux réactions enzymatiques responsables des dégradations oxydatives. La composante jaune est recherchée, alors que la composante brune est indésirable. De ce fait, les semoules les plus jaunes sont les mieux valorisées par le consommateur **(Abidi, 2009)**.

5-6-Teneur en protéines totale

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité technologique et l'intérêt nutritionnel de la semoule.

Les protéines de la semoule jouent un rôle important parce que à partir de cette fraction que se forme le gluten et plus la teneur en protéines est important plus la qualité de semoule est meilleur (Melas *et al.*, 1993).

5-7-L'acidité grasse

L'acidité est due surtout à la présence d'acides gras libres qui résultent de l'hydrolyse lente des triglycérides par des lipases endogènes ou exogènes; elle apparaît à partir d'une humidité de 12 à 14%. La libération des acides gras s'accompagne d'une accumulation du mono et des di-glycérides; les lipides inclus dans l'amidon, ne sont pas altérés; leur complication avec l'amylose et l'amylopectine les protégeant des attaques enzymatiques.

Une valeur élevée d'acidité résultant d'une mauvaise condition de stockage, peut affecter de manière sensible la valeur technologique des semoules. Son excès diminue la qualité de gluten, sa cohésion, son élasticité et son coefficient d'hydratation (Feillet, 2000).

6- Caractéristiques technologiques

6-1-Taux de gluten

Les protéines du gluten représentent la fraction protéique majoritaire de l'endosperme amylicé. Elles sont caractérisées par leur aptitude à former une masse viscoélastique nommée « Gluten » lorsque la semoule est mélangée avec de l'eau.

Les caractéristiques rhéologiques du gluten conditionnent en général une large part la qualité technologique des semoules, ainsi que leur utilisation industrielle et leur valeur commerciale (Wieser, 2000).

6-2- Indice de chute

L'indice de chute d'HAGBERG mesure indirectement l'activité des amylases (enzyme dégradant l'amidon) ; cette activation peut devenir excessive dans le cas de la présence de grain de blé germé ou grain en voie de germination.

La mesure de l'activité amylasique et plus particulièrement de celle de l' α - amylasique revêtu intérêt capital en panification (POMERANZ, 1985).

Partie : 2

Etude expérimentale

Chapitre III :
Méthodologie de
travail

1-Objectif

Notre travail vise à étudier dans quelle mesure la variété et l'origine du blé dur utilisé comme matière première (blé local et blé importé) affectent l'ensemble des caractéristiques qualitatives de la semoule destinée au consommateur, en faisant une comparaison entre les propriétés physico-chimique et technologique de deux types de semoule : la première issue de blé local et l'autre issue de blé importé.

2-Présentation de lieu de stage

Depuis 2001, Le groupe El-Baraka est devenu un des leaders dans la fabrication des semoules et des farines au niveau national. Dès leurs créations, les Moulins El-Baraka ciblé comme objectifs de fabriquer une gamme des produits variés, de qualité supérieure répondant aux exigences du marché algérien et des consommateurs. L'année 2021 a vu naître une nouvelle unité de production de Couscous et de pâtes, servant ainsi de point de départ fort et de complément à l'excellence du groupe El-Baraka dans le domaine de la transformation des céréales.

Le groupe El- Baraka, dont le directeur général ZERIBI FRADI, Son siège social est rue national n° 83 Zeribet El-Oued Biskra, se compose de deux sous unités : les moulins et une unité de production de Couscous et pâtes alimentaires où se trouve le laboratoire de contrôle de qualité des matières premières et produits finis.

Les principaux atouts du Groupe EL-BARAKA sont ses employés et leurs expertises. Les connaissances, les compétences et l'expérience de leurs collaborateurs constituent le fondement de leur société. Ils continueront de bâtir l'avenir de la marque en leur appuyant sur les forces et les capacités de leurs collaborateurs et les exigences des clients.

3 -Caractérisation physico-chimiques de blé dur

3 -1- Teneur en eau

Principe (NA 1132 : 2012)

Broyage éventuel d'un échantillon après conditionnement, si nécessaire. Séchage d'une prise d'essai à une température entre 130°C et 133°C dans des conditions permettant d'obtenir un résultat concordant avec celui qui est obtenu par la méthode de référence fondamentale.

Appareillage

- Broyeur.
- Balance analytique.
- Capsules métallique.
- Etuve isotherme.
- Dessiccateur.

Mode opératoire

- Pré séchage des capsules découvertes et leur couvercles dans l'étuve à 130°C à 133°C pendant 15 min, puis les refroidir dans le dessiccateur.
- Peser la capsule métallique vide.
- Peser rapidement, à 0.001 g près, 5g d'échantillon broyée et homogène.
- Induire la capsule ouverte contenant la prise d'essai et le couvercle dans l'étuve pendant 2 h à une température de 130°C à 133°C.
- En opérant rapidement, retirer la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur.
- Laisser refroidir la capsule dans le dessiccateur pendant 15 min, puis peser la capsule.

Formule de calcul

La teneur en eau exprimée en pourcentage en masse du produit par la formule suivante :

$$H (\%) = 1 - \frac{(m_0 - m_1)}{5} \times 100 \quad \text{Où}$$

H : Humidité ou teneur en eau.

m_0 : Poids initiale de capsule en gramme (g).

m_1 : Poids finale après séchage en gramme (g).

3-2- Teneur en protéines totale**Principe (NA 1185 : 1990)**

La teneur en protéines totales est déterminée par la méthode de KJELDAHL. Elle est obtenue par minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique en présence de catalyseur suivie d'une alcalinisation des produits de la réaction et une distillation. L'ammoniac est libéré et le titrage s'effectue avec une solution de l'acide sulfurique 0,1N par la méthode volumétrique jusqu'au virage de la couleur vers le rose (phénolphtaléine).

Appareillage

- Moulin d'essai CHOPIN.
- Distillateur.
- Matras KJELDAHL.
- Balance analytique.

Réactifs

- Catalyseur préalablement préparé.
- Hydroxyde de sodium (NaOH).
- Acide sulfurique.
- Acide borique.

Mode opératoire**Étape 01 : minéralisation**

- Peser 2 grammes d'échantillon (à broyer).
- Transférer l'échantillon dans le tube de minéralisation.
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique avec 2 g de catalyseur préalablement préparé.
- Insérer le portoir de tubes.
- Placer le dispositif d'aspiration.
- Laissez-le pendant 4 heures.
- Mettre la solution obtenue dans une fiole jaugée (100 ml) et la remplir avec de l'eau distillée jusqu'à ce qu'elle atteigne 100 ml (la première solution).

Étape 02 : distillation

- Nous prenons 20 ml de la première solution et ajoutons 20 ml d'hydroxyde de sodium NaOH.
- Le minéralisât est placé dans le distillateur, à gauche.
- L'Erlen avec l'acide borique est placé à droite.
- Laissez-le jusqu'à la fin de la distillation.

Étape 03 : Titrage

Titration de toute la solution par de l'acide sulfurique 0.1N par la méthode volumétrique jusqu'au virage de la couleur vers le rose.

Formule de calcul

Les résultats sont exprimés en (%) de protéines par rapport à la matière sèche :

$$\text{Teneur en azote (\% MS)} = (100/20) \times ((0.014 \times V \times 100) / M) \quad \text{où}$$

0.014 : constante exprimée en (g) d'azote nécessaire pour une solution d' H_2SO_4 , 0.1N

V : volume en millilitre de la solution d'acide sulfurique versé à la burette lors du titrage.

M : masse en gramme de la prise d'essai (1 gramme)

$$\text{Taux de protéines (\% MS)} = \text{TA} \times 5.7 \times \frac{100}{100-H} \quad \text{où}$$

TA : Teneur en azote exprimée en (%) en masse de produit.

H : Humidité.

5,7 : coefficient de conversion de l'azote en protéines totales.

3-3- Poids spécifique (PS)**Principe (NA 1613 : 1990)**

La masse à l'hectolitre de blé s'obtient par la masse d'un volume de blé, déterminé dans des conditions contrôlées de remplissage et d'écoulement de l'échantillon.

Appareillage

-Nilema-litre CHOPIN.

- Balance analytique.

Mode opératoire

-Peser le cylindre de Niléma-litre vide (M1).

-On remplit la trémie par l'échantillon.

-Abatte le trop-plein avec une règle et ouvrir la trappe entièrement et d'un coup sec le grain tombe dans la mesure de 1 litre.

-On mesure une autre fois notre récipient rempli (M2) et on déduit le poids spécifique (Kg / hl).

Formule de calcul

$$PS \text{ (Kg/hl)} = M2 - M1 \quad \text{où}$$

PS : Poids spécifique.

M1 : masse de récipient vide.

M2 : masse de récipient rempli.

3-4-Poids de mille grains (PMG)**Principe (AFNOR V03 702.1981)**

Le PMG est la détermination en gramme de la masse de 1000 grains entiers. L'analyse est réalisée grâce à un appareil automatique « NUMIGRAL ».

Appareillage

- NUMIGRAL CHOPIN
- Balance analytique

Mode opératoire

- Peser 30 g de blé sale.
- Éliminer les impuretés (tout ce qui n'est pas grains entier).
- Peser exactement le poids P (g) de grains entier.
- Compter le nombre (N) de grain entier à l'aide de l'appareil «NUMIGRAL».
- Déterminer l'humidité de l'échantillon.

Formule de calcul

Le poids de mille grains est exprimé en gramme selon la formule :

$$\text{Poids de mille grains (g)} = (10 \times p \times (100-H)) / N \quad \text{où :}$$

P : poids de grains entiers (g).

N : nombre de grains entiers.

H : l'humidité de l'échantillon (%).

3-5- Agréage

3-5-1-Taux des impuretés

Principe (NF-ISO 5223)

La détermination de taux d'impuretés consiste la séparation des petits grains, grains cassés, grains étrangers, dégermées ou autres éléments indésirables dans 100 grammes de blé sale.

Appareillage

- Diviseur d'échantillon.
- Balance analytique.
- Tamis de 3.5 mm et un autre à tôle perforée de trous longs de 2.1 mm × 20 mm.

Mode opératoire

La classification des impuretés de l'échantillon de blé comprend trois grandes étapes :

- Le tamisage de l'échantillon dans un tamis de fentes de 3.5mm pour extraire les matières inertes.
- Le tamisage de l'échantillon dans un tamis de fente de 2.1 mm pour extraire les grains cassés, les grains échaudés et les grains maigres.
- Le triage manuel de toutes les autres impuretés après examen visuel de l'échantillon.

Formule de calcul

Après séparation des différentes impuretés, celles-ci sont pesées, et les résultats sont exprimés en pourcentage (%) par rapport à 100 grammes de blé sale.

3-5-2-Taux de mitadinage

Principe (NA 1183 : 1998)

Elimination des grains mitadinés par tamisage et triage a la main, puis séparation des grains de blé visiblement mitadinés et vérification de l'état vitreux des autres grains en les coupant au scalpel.

Appareillage

- Diviseur d'échantillon.
- Balance analytique.
- Tamis à tôle perforée de trous longs de 2.1 mm × 20 mm.
- Tamis en inox de 3.5 mm.

- Scalpel.
- Pince (pour séparer les grains mitadinés).

Mode opératoire

- Prélever environ 100 g de l'échantillon pour laboratoire à l'aide du diviseur d'échantillon et les peser à 0.1 g près ; soit m est la masse trouvée.
- Placer l'échantillon sur le tamis et agiter manuellement ou mécaniquement durant 30 seconds
- Rejeter les matériaux passant à travers le tamis.
- Débarrasser à l'aide de la pince l'échantillon retenu sur le tamis des impuretés.
- Etaler la prise d'essai sur une surface plane.
- Examiner à l'œil nu chaque grain individuellement et mettre de côté tous les grains visiblement mitadinés.

Formule de calcul

Le taux de mitadinage est exprimé en (%) selon la formule :

$$\text{Taux de mitadiné (\%)} = (m_1 / m) \times 100 \quad \text{où}$$

m_1 : est la masse en gramme du blé mitadiné.

m : est la masse en grammes du prélèvement.

3-5-3-Taux de moucheture

Principe (NA 1183 : 1998)

Après avoir mélangé le contenu d'un sac qui contient le blé dur propre, un échantillon de 100 g est prélevé. Les grains mouchetés sont appréciés visuellement sur la prise d'essai de 100 g.

Appareillage

Le même utilisés pour déterminé le taux de mitadinage.

Mode opératoire

Le même utilisés pour déterminé le taux de mitadinage.

Formule de calcul

Les résultats sont exprimés en gramme de grain mouchetés pour 100g de l'espèce considérée, suivant la formule :

$$\text{Taux de moucheture (\%)} = (m_1 / m_2) \times 100 \quad \text{où}$$

m_1 : masse en gramme de grains entiers mouchetés présent dans 100g d'échantillon.

m_2 : masse en gramme du prélèvement (100g).

4- Caractérisation physico-chimique de la semoule

4-1- Granulométrie (Taux d'affleurement)

Principe (NA 6447 : 2000)

La granulométrie permet de déterminer la quantité de la semoule extraite par un tamis, dont l'ouverture des mailles est choisie en fonction de la finesse de produit considéré.

Appareillage

-Tamiseur ROTACHOC.

-Balance analytique.

-Tamis en inox dont l'ouverture de mailles est 630 μm , 600 μm , 500 μm , 450 μm , 355 μm , 250 μm , 200 μm , 150 μm .

Mode opératoire

Tamisage d'un échantillon de 100g de semoule en appareil ROTACHOC, par un mouvement circulaire excentré dont l'amplitude est réglable, muni d'une succession des tamis mobiles dont les ouvertures des mailles sont décroissantes (630 μm , 600 μm , 500 μm , 450 μm , 355 μm , 250 μm , 200 μm , 150 μm). Les refus obtenus sont pesés.

Formule de calcul

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) pour chaque tamis.

4-2- Humidité

Le principe, l'appareillage et le mode opératoire sont les mêmes utilisées pour déterminer l'humidité de blé dur sauf que l'échantillon est prêté sans broyage.

4-3- Taux des cendres

Principe (AFNOR V03-720)

Incinération de la prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température jusqu'à combustion complète de la matière organique, et pesage des résidus obtenus.

Appareillage

- Nacelles à incinération.
- Four électrique, la température d'incinération est réglable à la température de $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$.
- Dessiccateur.
- Plaque unie thermorésistante (amiante).
- Balance analytique.

Mode opératoire

- Préchauffage des nacelles durant 10 min dans un four réglé à $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, puis on les laisse refroidir à une température ambiante, ensuite on les pèse vide.
- Dans les nacelles à incinération préparées, on pèse 5 ± 0.001 g de la semoule et on répartit la matière en une couche d'épaisseur uniforme sans la tasse.
- On humecte la prise d'essai au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol (afin d'obtenir une incinération uniforme), puis on place les nacelles et ses contenus à l'entrée du four préalablement chauffé à $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ jusqu'à ce que la matière s'enflamme.
- Aussitôt que la flamme est éteinte, on place avec précaution les nacelles à incinération dans le four pendant 2 heures.
- Une fois l'incinération terminée, on retire les nacelles, et on les met à refroidir sur la plaque unie thermorésistante (amiante) pendant 1 min puis 45 min dans le dessiccateur et on les pèse.

Formule de calcul

Les résultats sont exprimés en (%) suivant la formule :

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = m_1 \times (100/m_0) \times (100 / (100-H)) \quad \text{où :}$$

m_1 : la masse de résidus (g).

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

H: la teneur en eau, exprimée en pourcentage de la masse de l'échantillon.

4-4-Test de couleur

Principe (Protocole interne de laboratoire El-Baraka)

La détermination des différents indices de couleur (Indice de brun a* et Indice de jaune b*) est utilisé pour le contrôle de la semoule, le couscous et les pâtes alimentaires.

Appareillage

- Chroma-mètre (KONICA MINOLTA) CR-410.

Mode opératoire

- Allumer le colorimètre.
- Placer votre échantillon dans le compartiment nécessaire fourni avec l'appareil.
- Mettre la tête de mesure à la verticale au-dessus de l'échantillon.
- Appuyer sur la touche Mesure/entre (ou la touche de mesure sur la tête de mesure) dès que le voyant prêt est allumé et ne pas bouger la tête pendant la mesure.

Formule de calcul

- Lire directement le résultat sur l'écran LCD du colorimètre et enregistrer les valeurs de (Indice de brun a* et Indice de jaune b*).

4-5-Teneur en protéines totale

Le principe, l'appareillage, réactifs et le mode opératoire sont les même utilisées pour déterminé la teneur en protéines totale de blé dur sauf que l'échantillon est prête sans broyage.

4-6- L'acidité grasse

Principe (NF. ISO 7305)

Mise en solution des acides dans l'éthanol à 95 % à la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium.

Appareillage

- Broyeur
- Balance précise à 0,01g.
- Tamis en toile métallique de 160 µm et de 500 µm d'ouverture de maille pour les semoules.
- Centrifugeuse à 5000-6000 tours/min.

- Tubes de centrifugeuse de 45 ml en verre ou en plastique neutre bouchés hermétiquement.
- Tubes de 50 ml en verre ou en plastique neutres bouchés hermétiquement.
- Pipettes de 10 et 20 ml.
- Fioles coniques ou Erlen-meyer de 250 ml.
- Micro-burette, graduée en 0,01 ml.
- Agitateur rotatif mécanique, 30-60 tours/min.

Réactifs

- Ethanol (alcool éthylique) à 95 %.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) solution titrée à 0,05N dans l'eau distillée.
- Phénolphtaléine solution à 1g pour 100 ml dans l'éthanol à 95%.

Mode opératoire

- Broyer environ 50 g de produit à l'aide du broyeur de telle manière que la totalité du broyat passe au travers du tamis de 500 μm d'ouverture de maille et qu'au moins 80 % passent au travers du tamis de 160 μm d'ouverture de maille.
- Effectuer immédiatement la détermination de la teneur en eau selon la méthode de référence.
- Peser à 0,01g près environ 5g de l'échantillon pour essai.
- après l'avoir bien homogénéisé, nous avons procédé aux étapes suivantes : extraction, titrage et avoir un essai à blanc.

a - Extraction

- Introduire la prise d'essai dans le tube de centrifugeuse.
- Ajouter avec la pipette, 30 ml d'éthanol et fermer le tube hermétiquement.
- Agiter pendant une heure à l'aide de l'agitateur rotatif mécanique en opérant à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Centrifuger ensuite à deux reprises et successivement pendant 2 min ; Ces deux centrifugations sont plus efficaces qu'une seule de plus longue durée car elles permettent d'éliminer les particules restant en suspension.

b - Titrage

- Prélever à la pipette 20 ml du liquide surnageant parfaitement limpide et les verser dans une fiole conique.
- Ajouter 5 gouttes de phénolphtaléine.

- Titrer à l'aide de la micro-burette avec la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 0,05 N jusqu'au virage au rose pâle persistant quelques secondes.

c - Essai à blanc

- Titrer l'acidité apportée par l'alcool, en opérant sur 20ml d'éthanol.

Formule de calcul

L'acidité exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 g de matière telle quelle :

$$\text{Acidité grasse (\%)} = (7,35 \times (V1 - V0) \times T) / m$$

L'acidité exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche :

$$\text{Acidité grasse (\%)} = (7,35 \times (V1 - V0) \times T/m) - H \quad \text{où}$$

V1: le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination.

V0 : est 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.

H : la teneur en eau, en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai.

5 - Caractéristiques technologiques de la semoule

5-1-Taux de gluten

Principe (ISO 21415-3 : 2006)

L'extraction du gluten est réalisée par malaxage mécanique et lavage d'un mélange de semoule avec une solution d'eau salée à l'aide d'un Système Glutomatic, puis le pesé pour obtenir le gluten humide, et séchage de ce dernier pour obtenir le gluten sèche.

Appareillage

- Glutomatic.
- Centrifugeuse.
- Plaque chauffante Glutork.
- Tamis.

- Chlorure de Sodium (Na Cl à 2%).
- Balance analytique.
- Couteaux.
- Pipette automatique.

Mode opératoire

Gluten humide

- Peser 10 g (deux échantillons) de la semoule et les déposée dans chaque chambre de lavage du Glutomatic équipée d'un tamis.
- Ajouter la solution saline (4.8ml de Na Cl à 2%) à l'aide d'une pipette automatique dans chaque chambre.
- Malaxage mécanique pendant 5 min suivi d'une lixiviation automatique grâce à un système glutomatic. La masse plastique issue à la fin représente le gluten humide qui est pesée et calculée comme suit :

$$\text{GH (\%)} = m \times 10 \quad \text{où}$$

GH : gluten humide (retenu) exprimé en pourcentage.

m : masse en gramme de gluten humide.

Gluten index

La détermination du gluten index se fait par la centrifugation (à 6000 Tr/min) de la masse de gluten humide mise dans une cassette à tamis spécialement conçue. La partie du gluten restant sur la filière (gluten résiduel) est ensuite retirée et peser avec la partie ayant traversé la filière de façon à connaître le poids total de gluten. Ainsi l'indice de gluten ou le gluten index est la quantité de gluten résiduel par rapport au poids total du gluten humide en pourcent

$$\text{Gluten index (\%)} = (\text{Gr} / \text{GH}) \times 100 \quad \text{où}$$

Gr : gluten résiduel en gramme (g).

GH : gluten humide en gramme (g).

Gluten sec

La détermination du gluten sec se fait par séchage de la totalité du gluten humide pendant 4min dans une plaque chauffante Glutork à 150°C. Après séchage on pèse le gluten. Le gluten sec est exprimé en pourcentage comme suit :

$$\text{Gluten sec (\%)} = m \times 10 \quad \text{où}$$

m : la masse en gramme du gluten sec

5-2- Indice de chute

Principe (NA 1176 : 2015) Selon Hagberg-Perten

L'activité α -amylasique est estimée en utilisant l'amidon présent dans l'échantillon comme substrat. La détermination est basée sur la capacité de gélatinisation rapide d'une suspension aqueuse de semoule dans un bain d'eau bouillante, et sur la mesure de la liquéfaction de l'empois d'amidon par α -amylase présente dans l'échantillon.

La liquéfaction affecte la consistance de l'empois de l'amidon, et par conséquent, la résistance à l'agitateur viscosimétrique et le temps qu'il met à chuter d'une distance définie.

Appareillage

- Appareil de détermination de l'indice de chute PERTEN.
- Tubes viscosimétrique de pression avec bouchons en caoutchouc.
- Agitateur viscosimétrique.
- Distributeur automatique ou pipette.
- Balance analytique
- Broyeur de laboratoire.
- Tamis de laboratoire.

Mode opératoire

- Déterminer la teneur en eau d'échantillon de la semoule. Se reporter au (tableau 3) (annexe 1) colonne (2), qui indique la masse de la prise d'essai à prélever selon les différentes teneurs en eau, afin de s'assurer que l'on utilise un rapport de la matière sèche à l'eau totale constante pour la détermination de l'indice de chute.
- Remplir le bain-marie d'eau jusqu'au le niveau de trop-plein. Ouvrir le robinet du système de refroidissement et s'assurer que l'eau froide s'écoule à travers du couvercle de refroidissement. Le bain- marie doit être maintenu à vive ébullition avant de réaliser toute détermination et également pendant toute la durée d'essai.

- Introduire la prise d'essai pesée dans un tube viscosimétrique propre et sec. Ajouter 25ml \pm 0.2 ml d'eau à l'aide de distributeur automatique ou de la pipette.
- Boucher le tube viscosimétrique avec le bouchon et l'agiter vigoureusement verticalement 20 à 30 fois, afin d'obtenir une suspension homogène.
- Enlever le bouchon, racler dans le tube toute matière pouvant adhérer à la base du bouchon, puis avec l'agitateur viscosimétrique racler également toute matière adhérant aux parois du tube. Laisser l'agitateur dans le tube.
- passer le tube viscosimétrique avec l'agitateur par l'orifice du couvercle et les placer dans le bain-marie bouillant. Activer la tête d'agitation de l'appareil, ce dernier effectue ensuite automatiquement les diverses étapes de l'essai.
- l'essai considéré comme terminé lorsque l'agitateur viscosimétrique est arrivé au fond de la suspension gélatinisée.

Formule de calcul

- Lire le temps affiché par la minuterie de l'appareil. Ce temps constitue l'indice ou le temps de chute.

Chapitre IV :

Résultats

et discussion

1- Caractéristiques physicochimiques de blé dur

Les résultats des analyses physicochimiques de blé dur (local et importé) (Tableau 04) (annexe 02) sont exprimés en (moyen \pm écart type) avec (3 répétitions) (n = 3).

1-1-Agréage

1-1-1-Taux d'impuretés totales

Le taux d'impureté d'un lot de blé a une grande importance dans la détermination du prix et sur le rendement en semoule. Ainsi, selon la quantité et la qualité des impuretés dans le blé, leur taux influe directement sur le poids spécifique (PS).

Selon Mauze *et al* (1972), la présence de certaines impuretés présente des risques pour une bonne conservation, et la présence des grains cassés facilite l'entrée des microorganismes à l'intérieur du grain.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (06)

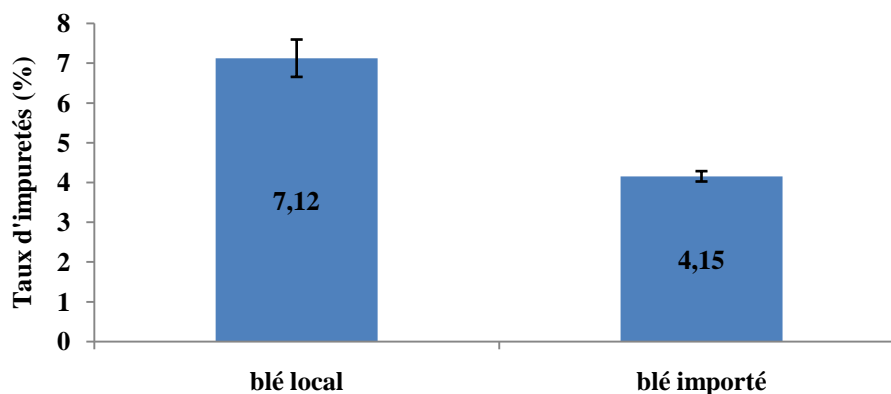


Figure 06 : Variations de taux d'impuretés (%) de blé local et importé.

D'après la figure (06), nos échantillons de blé dur local contiennent un pourcentage d'impuretés égale à (7.12 % \pm 0.47) et supérieur à ceux enregistrés pour blé dur importé (4.15 % \pm 0.13), les deux blés sont conformes aux normes (ISO 5223), qui exigent des valeurs d'impuretés inférieures à 10%.

Nos résultats des impuretés de blé dur local obtenus sont supérieurs à celui obtenu par (Khadhraoui, 2023) (3.39%), inférieurs à celui obtenu par (Zekkari, 2013) (9.83 %) pour un blé dur local, d'autre part les impuretés de blé dur d'importation obtenus sont supérieurs au résultat de (Mokhtari, 2013) (3.36 %), inférieurs à celui enregistré par (Larbi et Ghali, 2022) (12%) pour le même blé importé.

Les variations dans ces résultats sont principalement dues au traitement chimique des herbes et plantes autre que les plants de blé, ainsi qu'à la mesure dans laquelle des méthodes avancées sont utilisées pour éliminer les impuretés lors de la récolte.

1-1-2-Taux de moucheture

Selon Loué (1970), la moucheture est la plus grave des maladies du blé dur causé par des champignons apparus en milieu humide, car se traduit par une diminution de la qualité commerciale des semoules à cause de la présence de points noirs dans ces derniers.

Les résultats obtenus sont regroupés dans la figure (07)

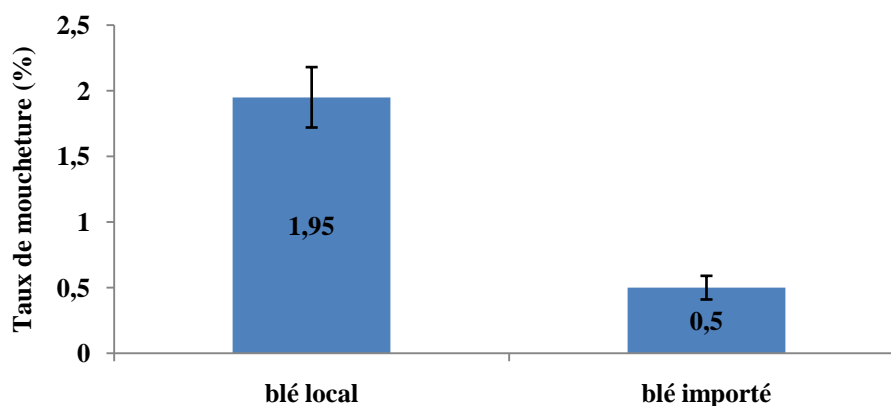


Figure 07 : Variations de taux de moucheture (%) de blé local et importé.

A travers les résultats enregistrés dans la figure (07), nous remarquons que le blé dur local a un taux de moucheture égal à (1.95 % \pm 0.23) et supérieurs par rapport à ceux obtenus pour blé d'importation (0.5 % \pm 0.09), et les deux résultats sont conformes aux normes Algérienne (NA 1183) qui exigent des valeurs inférieures à 2%.

Nos résultats pour le blé dur local obtenus sont proches à celui obtenu par (Filali et al, 2021) (1.92%), inférieurs à celui déclaré par (Boulala et Rouabeh, 2018) (6.96%) pour des blés locaux, d'autre part les résultats de blé dur importé obtenus sont proches à celui obtenu par (Mokhtari, 2013) (0.12 %), inférieurs au résultat de (Gouaidia et al, 2021) (5.37 %), et tous pour un blé d'importation.

La différence entre ces résultats s'explique principalement par les conditions de stockage de blé comme une humidité élevée, qui le rend vulnérable aux champignons.

1-1-3-Taux de mitadinage

En plus de leur rôle d'évaluer la richesse de la semoule en protéines (le blé mitadiné est un blé à faible teneur en protéine), Le taux de mitadinage est un critère qui détermine le rendement en semoules. Les piqûres blanches issues des blés mitadinés déprécient la couleur des pâtes alimentaires car elles s'hydratent difficilement quand 'elles sont suffisamment volumineuses et résistent à la désagrégation lors du pétrissage.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (08)

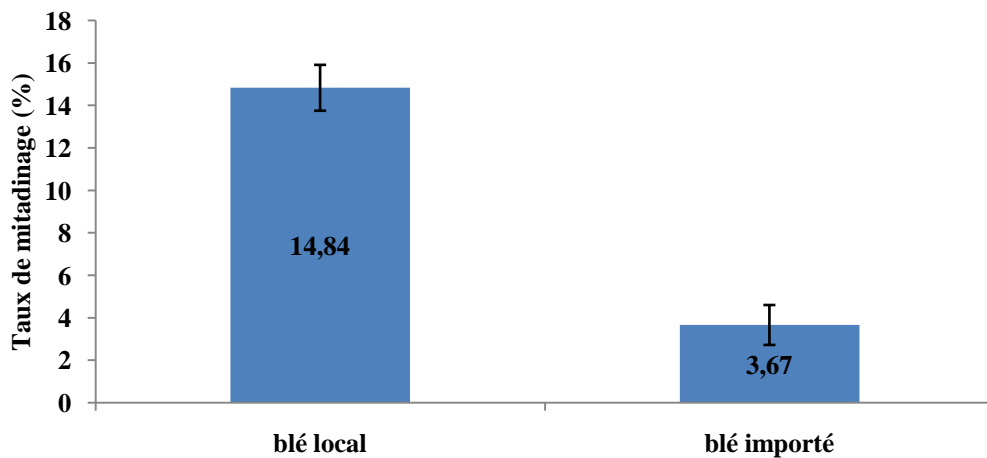


Figure 08 : Variations de taux de mitadinage (%) de blé local et importé.

Revenant aux résultats du Figure (08), le blé dur local enregistre des valeurs de mitadinage égale à (14.84 % \pm 1.08) et supérieures par rapport son homologue de blé dur importé (3.67 % \pm 0.94), tous ces résultats sont conforme aux normes Algérienne (NA 1183) qui exigent des valeurs ne dépassent pas les 20 %.

Les résultats de blé dur local mitadiné obtenus sont proches à celui obtenu par (Melloul et Lahnichat, 2022) (14%), inférieurs aux résultats de (Souadkia, 2014) (25 % \pm 0.15) pour des blés locaux, d'autre part, les résultats de blé dur importé obtenus sont proches à celui déclaré par (Menasria et Seraiche, 2022) (3.92 %), inférieurs au résultat de (khadhraoui, 2023) (7.31%) pour des blés importés.

La variation de ces résultats est due aux conditions de culture, présence ou absence d'une quantité suffisante de fumure azotée, ou à la variété elle-même (génétique).

1-2-Poids de mille grains (PMG)

Est un paramètre qui décrit la capacité d'accumulation des substances de réserves durant la phase du remplissage des grains, il exprime l'étendue de la richesse en amande, ce qui est d'une grande importance pour déterminer le rendement semoulier.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (09)

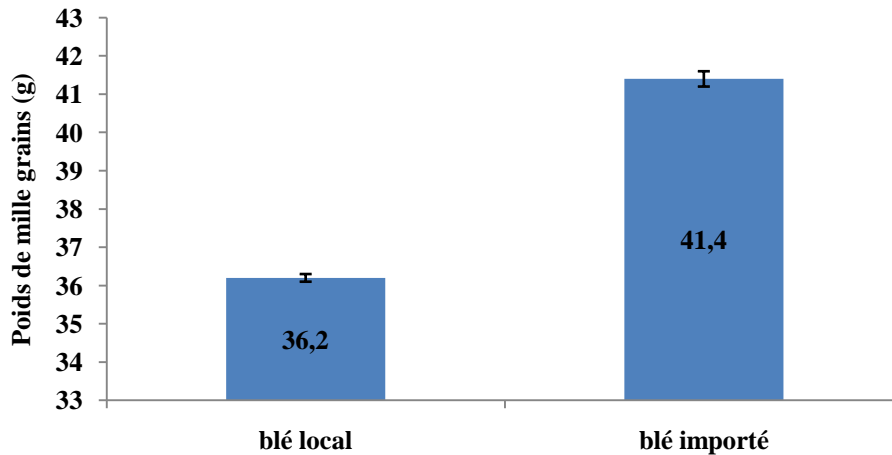


Figure 09 : Variations de poids de mille grains (g) de blé local et importé.

D'après la figure (09), nos échantillons de blé dur local possèdent un poids de mille grains égal à $(36.2 \text{ g} \pm 0.1)$ et inférieur par rapport son homologue de blé importé $(41.4 \text{ g} \pm 0.2)$, tous ces résultats sont conformes aux normes algériennes (JORA 2007), qui adoptent des valeurs $\leq 45\text{g}$.

Les résultats de poids de mille grains de blé dur local obtenus sont supérieurs à celui obtenu par (Boulala et Rouabeh, 2018) (30.36 g) , inférieurs au résultat déclaré par (Maoucha, 2021) (40.45g) pour blé dur local, d'autre part les résultats de blé d'importation obtenus sont supérieurs à celui obtenu par (khadhraoui, 2023) (40.45 g) , inférieurs au résultat de (Chelabi et Meghdour, 2013) (42.34 g) et tous pour des blés importés.

La différence entre ces résultats est due aux conditions de cultures et degré de maturité des grains. La variation de la masse de mille grains peut être une expression du degré d'échaudage d'origine physiologique ou pathologique.

1-3-Poids spécifique (PS)

Selon Kleijer et *al.* (2007), le poids spécifique (PS) est le poids des grains remplissant un volume donné, il est parfois utilisé pour prédire le comportement du blé au cours de la mouture. Le poids spécifique (PS) est utilisé comme critère de qualité et reste employé dans de nombreux pays pour déterminer le prix. Les deux paramètres (PS) et (PMG) sont corrélés positivement au taux d'extraction de la semoule. Ils sont considérés comme un indicateur de la valeur meunière en relation avec le rapport enveloppe sur amande, plus le poids spécifique est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande est faible et le rendement meunier important. Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (10).

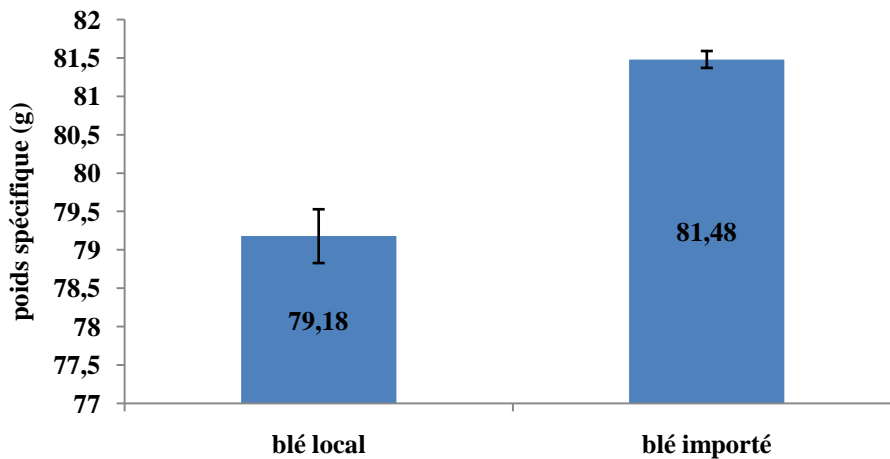


Figure 10 : Variations de poids spécifique (g) de blé local et importé

Revenant aux résultats du figure (10), nos échantillons de blé dur local enregistrent des valeurs de poids spécifique égale à (79.18 kg/hl \pm 0.35) et inférieures à ceux enregistrent pour le blé d'importation (81.48 kg/hl \pm 0.11), les deux blés sont conformes aux normes Algériennes (NA 1613), qui adoptent des valeurs supérieures ou égale à 78 kg/hl.

Nos résultats de poids spécifique de blé dur local obtenus sont supérieurs à celui obtenus par **(Boulala et Rouabeh, 2018)** (71.78 kg/hl), inférieurs au résultat de **(Sayoud et al, 2021)** (81.3 kg/hl \pm 0.89) pour des blés locaux, d'autre part les résultats de blé importé obtenus sont supérieurs au résultat de **(Chelabi et Meghdour, 2013)** (80.5 kg/hl), inférieurs au résultat de **(Mouloud, 2013)** (84.6 kg/hl), et tous pour des blés importés.

La variation de ces résultats est due essentiellement à des conditions climatiques pendant la formation des enveloppes et à la récolte (pluies tardives) et des maladies en particulier des fusarioses sur épis.

Il a également souligné que d'après certaines études, il existe une corrélation opposée entre le poids spécifique et le taux des impuretés (impuretés de faible densité).

1-4-Humidité

En plus de son avantage technologique (détermination et la conduite rationnelle de l'opération de récolte, de stockage ou de transformation industrielle), analytique (pour rapporter le résultat des analyses de toute nature à base fixe) et commercial, l'humidité initiale renseigne sur la quantité d'eau à ajouter pour ramener l'humidité du grain à 16,5% dans le but d'avoir un bon taux d'extraction.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (11)

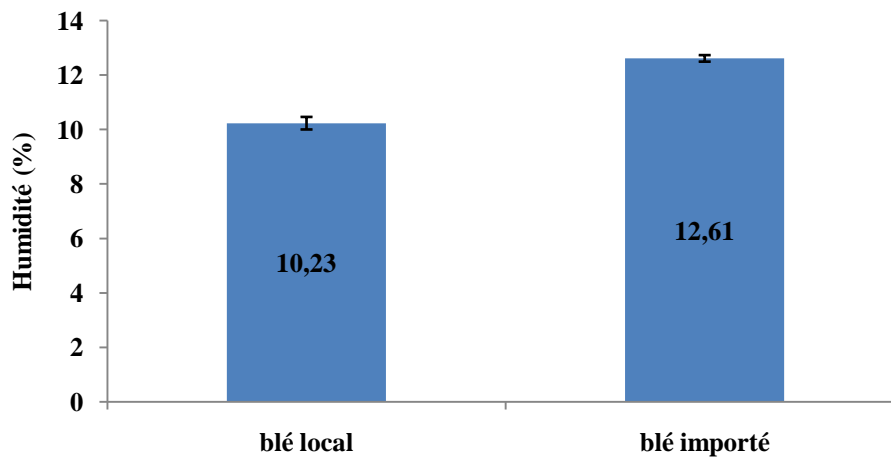


Figure 11: Variations d'humidité (%) de blé local et importé.

D'après la figure (11), les échantillons de blé dur local enregistrent des teneurs en eau égales à $(10.23\% \pm 0.23)$ et inférieures de son homologue de blé importé $(12.61\% \pm 0.12)$. Les deux blés sont conformes à la norme Algérienne (JORA 2007), qui exige des valeurs d'humidité inférieures à 14%.

Les résultats de la teneur en eau pour le blé dur local obtenus sont proches à celui obtenus par (Maoucha, 2021) (10.35%), inférieurs au résultat de (Melloul et Lahnichat, 2022) (11.94%), alors que les résultats d'humidité de blé dur importé obtenus sont proches à celui obtenu par (Ghezali, 2014) (11.93%), supérieur à celui déclaré par (Souadkia, 2014) $(10.1\% \pm 0.1)$, tous pour des blés importés.

La variation enregistrée de la teneur en eau du blé dur est principalement due à la variété elle-même ainsi qu'aux conditions de son stockage et de son transport par voie maritime lorsqu'il s'agit de blé importé.

1-5-Teneur en protéines totales

C'est l'un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception. La teneur en protéine est un critère important pour l'estimation de la qualité des graines et leur aptitude à donner des sous produits de qualité.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (12)

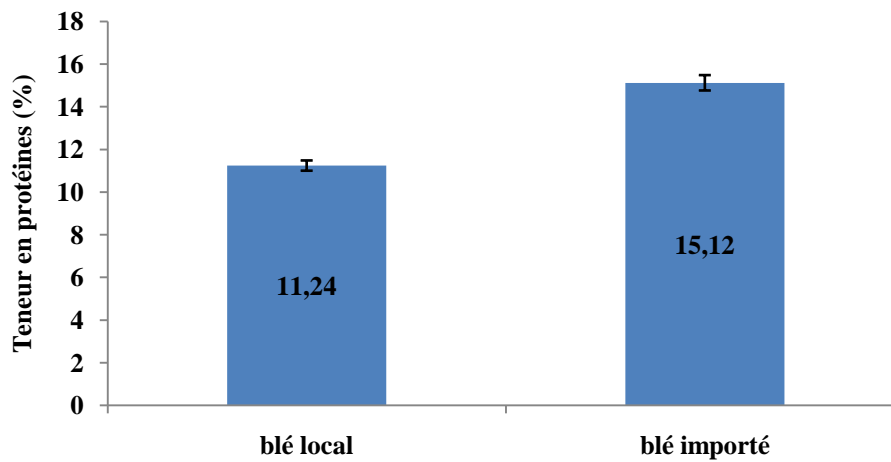


Figure 12: Variations des teneurs en protéines (%) de blé local et importé.

Revenant aux résultats de la figure (12), nos échantillons de blé dur local enregistrent des valeurs de teneur en protéine égales à $(11.24\% \pm 0.24)$ et inférieures aux valeurs enregistrés par son homologue d'importation $(15.12\% \pm 0.36)$, les deux résultats sont conformes aux normes Algériennes (NA 1185), qui fixent la valeur minimale pour la mise à l'intervention qui est de 11%.

Les résultats de la teneur en protéine de blé dur local obtenus sont proches au résultat de (Mazouz, 2006) (11.9%) et supérieurs à ceux obtenu par (Remil, 2018) $(10.45\% \pm 1.41)$ pour des blés locaux, d'autre part les résultats de son homologue d'importation obtenus sont proches à celui obtenu par (Mokhtari, 2013) (14.99%), supérieurs aux résultats de (Souadkia, 2014) $(14.6\% \pm 0.1)$ et tous pour des blés d'importation.

Les résultats de la teneur en protéines varient avec de nombreux facteurs tels que les conditions de la culture, la richesse de sol en azote, le stade de maturité des grains, et aussi le facteur génétique.

2- Caractéristiques physico-chimique de la semoule

Les résultats des analyses physicochimiques de la semoule sont exprimés en (moyen \pm écart type) avec (5 répétitions) ($n = 5$). L'analyse de la variance ANOVA est effectuée en utilisant le programme Microsoft Office Excel 2007, avec un seuil de signification (0.05) (voir annexes)

2-1-Granulométrie

L'analyse granulométrique permet de décrire la répartition en taille et en pourcentage des particules qui composent la semoule. La détermination de la taille des particules est un critère déterminant de l'homogénéité des particules de la semoule. La granulométrie peut influencer la vitesse d'hydratation de la semoule.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (13)

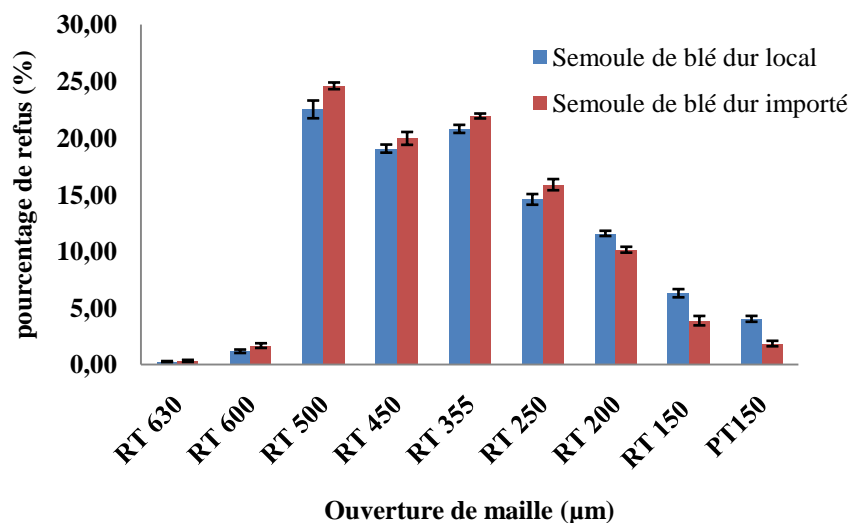


Figure 13 : Granulométrie des semoules de blé dur local et importé.

RT * : refus tamis

PT* : passant tamis

Quand on parle de la propriété d'absorption, le contenu en semoule de tamis RT 630 μm et RT 600 μm sont des passages plus gros, par conséquent, absorber de l'eau pendant le pétrissage nécessite une plus grande quantité d'eau et un temps plus long. Les tamis RT500 μm , RT450 μm , RT355 μm , RT250 μm , sont des passages extra fine, riche en gluten, ce qui confère à la semoule la propriété d'absorption idéale. Les tamis RT200 μm , RT150 μm , PT150 μm , sont des semoules de (3SF) (semoules farineuses), il souffre du fait qu'il contient beaucoup moins de gluten (moins absorption d'eau), c'est en grande proportion lors de la mouture du blé qui contient un pourcentage plus élevé de métadinage.

Basé sur ce que nous avons mentionné précédemment, et en référence à la figure (13), le contenu en particules des tamis (RT500 μm , RT450 μm , RT355 μm , RT250 μm) de la semoule de blé dur local égale à (76.88 %), et inférieur de son homologue issue de blé dur importé qui enregistrée une valeur de (82.3 %).

Le contenu en particules des tamis (RT200 μm , RT150 μm , PT150 μm) de la semoule de blé dur local égale à (21.86 %), et supérieur de son homologue issue de blé dur importé qui enregistrée une valeur de (15.82 %). Donc en conclusion, et en termes d'hydratation et la capacité d'absorption, on peut dire que la semoule issue de blé dur importé est de meilleure qualité que la semoule issue de blé local.

2-2-Humidité

La détermination de la teneur en eau à un intérêt technologique car elle détermine les conditions de stockage de la semoule et a aussi des intérêts commerciaux et réglementaires car les contrats commerciaux et les normes réglementaires fixent des seuils de teneur en eau.

Une teneur élevée entraîne des fermentations et le développement de moisissures qui communique à la semoule une odeur désagréable.

Les résultats de taux d'humidité d'échantillons de semoules obtenus sont regroupés dans la figure (14).

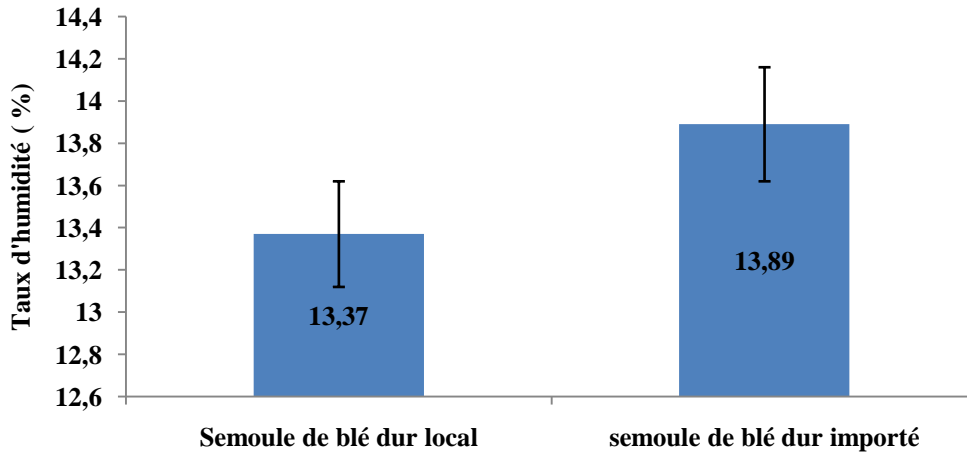


Figure 14 : Variations de taux d'humidité (%) des semoules de blé dur local et importé.

D'après la figure (14), les échantillons de la semoule de blé dur local enregistrent des teneurs en eau variant de 13.09 % à 13.7%, avec une moyenne de (13.37 % \pm 0.25), et inférieurs de son homologue issue de blé d'importation qui enregistrent des teneurs en eau variant de 13.59% à 14.23% avec une moyenne de (13.89 % \pm 0.27). Les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (JORA 2007), qui exigent une humidité inférieure à 14.5%.

Les résultats des teneurs en eau de la semoule de blé dur local obtenus sont proches à ceux obtenus par (Mokhtari, 2013) (13.64 % \pm 0.08), inférieurs à ceux obtenu par (Maoucha, 2021) (13.95 % \pm 0.21) pour des semoules issues de blé dur local, d'autre part les résultats de la semoule de blé dur importé obtenus sont proches à ceux obtenus par (Khadhraoui, 2023) (14.09 % \pm 0.33), inférieurs aux résultats de (Souadkia, 2014) (14.4 % \pm 0.1), et tous pour des semoules de blé dur importé.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

Les résultats d'humidité est variable, elle dépend à la fois de la saison et de sa température, granulométrie de la semoule (les semoules granuleux a des teneurs en eau élevés), et de la quantité d'eau ajoutée au blé avant mouture.

2-3- Taux des cendres

Le taux de cendre ou la teneur en minéraux constitue le critère réglementaire de la pureté et de taux d'extraction des semoules. En effet, plus le taux de cendre est faible plus la semoule est considérée comme pure.

Les résultats d'analyse du teneur en cendres sont illustrés par la figure (15).

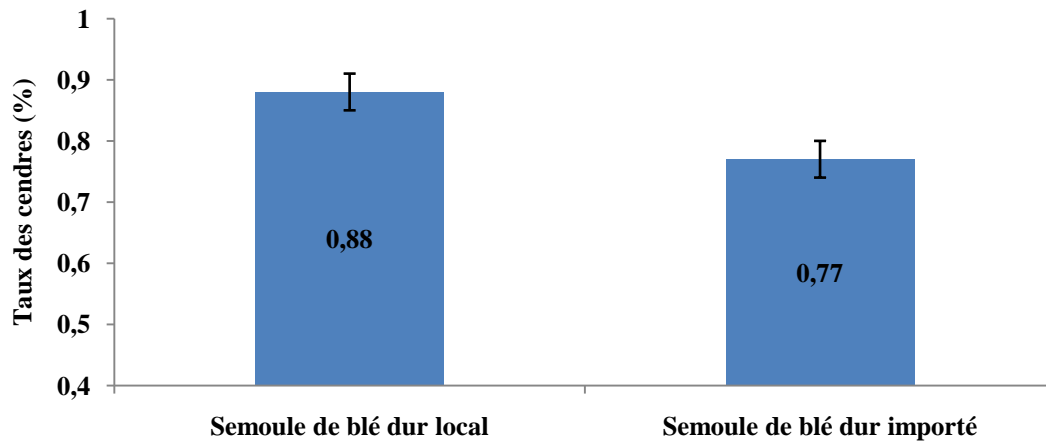


Figure 15 : Variations de taux des cendres (%) des semoules de blé dur local et importé.

D'après la figure (15), les échantillons de la semoule de blé dur local enregistrent des teneurs en cendres comprises entre 0.86 % et 0.92 %, avec une moyenne de (0.88 % \pm 0.03) et supérieurs par rapport son homologue issue de blé dur importé qui enregistre des teneurs en cendres comprises entre 0.74 % et 0.81% avec un moyen de (0.77 % \pm 0.03). Les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (NA 733), qui exigent de valeurs inférieures à 1.1%.

Les résultats des teneurs en minéraux de la semoule de blé dur local obtenus sont proches à ceux obtenus par (Menasria et Seraiche, 2022) (0.87 % \pm 0.02), supérieurs à ceux obtenus par (Sayoud et al, 2021) (0.79 % \pm 0.02) pour des semoules issues de blé dur local, d'autre part, les cendres de la semoule de blé dur importé obtenus sont supérieurs à ceux obtenus par (Mouloud, 2013) (0.72 % \pm 0.01), inférieurs aux résultats de (Benteboula, 2021) (0.85 % \pm 0.05), et tous pour des semoules issues de blé importé.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

La différence enregistrée dans les taux en minéraux est due principalement au type de blé destiné à la mouture (local ou importé) (nature de sol), pureté d'eau de mouillage, ainsi qu'au taux d'extraction de la semoule.

Grâce à des études antérieurs, il a été prouvé qu'il existe une corrélation directe entre le taux des cendres et l'indice de brun (a*) des semoules.

2-4-Test de couleur

Selon Godon, (1997), la couleur est un facteur déterminant de la qualité organoleptique des semoules, c'est pourquoi elle est d'une importance primordiale en meunier parce qu'elle affecte l'aspect des semoules produites, elle est généralement jaune ambrée, due à la présence des pigments caroténoïdes et xanthophylle dans la semoule. (b^*) est l'indice de jaune, (a^*) est l'indice de brun. Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (16).

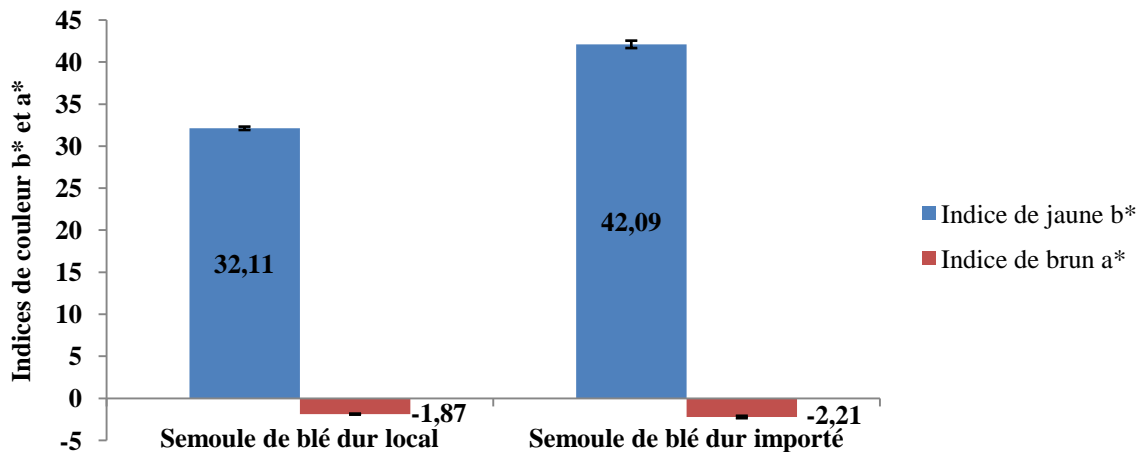


Figure 16 : Variations des indices de couleur (b^*) et (a^*) des semoules de blé dur local et importé.

D'après la figure (16), nos échantillons de la semoule de blé dur local enregistrent des valeurs de (b^*) variant de 31.86 à 32.34 avec une moyenne de (32.11 ± 0.2) et inférieurs de ceux enregistrés pour la semoule de blé dur importé, cette dernière a des valeurs comprises entre 41.66 et 42.69 avec une moyenne de (42.09 ± 0.44). Les deux semoules sont accords avec l'intervalle d'acceptabilité adopté par laboratoire EL-Baraka.

Les résultats d'indice de jaune (b^*) de la semoule issue de blé dur local obtenus sont proches à ceux obtenus par (**Khadhraoui, 2023**) (32.37 ± 0.65), supérieurs à celui obtenu par (**Salmi et Merbah, 2015**) (30.76), pour des semoules issues de blé dur local, d'autre part, le jaune (b^*) de la semoule de blé dur importé obtenu est supérieur à ceux obtenus par (**Souadkia, 2014**) (36.5 ± 0.1), et tous pour des semoules issues de blé importé.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence significative ($P = 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

La variation des résultats de couleur jaune des semoules est due principalement à la richesse en pigments caroténoïdes dans les blés et l'activité des lipoxygénase susceptibles de détruire les pigments au cours de la pastification.

Concernant l'indice de brun (a^*), les semoules de blé dur local enregistrent des valeurs de (a^*) variant de (-1.77) à (-1.91) avec une moyenne de (-1.87 ± 0.06) et supérieurs par rapport à ceux enregistrent par son homologue issue de blé importé, cette dernière a des valeurs comprises entre (-1.99) et (-2.33) avec une moyenne de (-2.21 ± 0.14) , les deux semoules sont accords avec l'intervalle d'acceptabilité adopté par laboratoire EL-Baraka.

Les résultats d'indice de brun (a^*) de la semoule de blé dur local obtenus sont supérieurs à ceux obtenus par (Khadhraoui, 2023) (-2.14 ± 0.15) pour des semoules issues de blé dur local, d'autre part, le brun (a^*) de la semoule de blé dur importé obtenu est supérieur à ceux obtenus par (Souadkia, 2014) (-2.84 ± 0.1) , et tous pour des semoules issues de blé dur importé.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

La variation des résultats de brun (a^*) est due principalement au taux d'extraction des semoules, plus le taux d'extraction est élevé plus le brun (a^*) est élevé ceci est dû au fait que les couches périphériques contiennent un taux élevé des cendres, donc on peut dire aussi que l'indice de brun est en corrélation direct avec le taux des cendres.

2-5-Teneur en protéines totales

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité rhéologique des semoules, elle présente un double intérêt, l'un nutritionnel et l'autre technologique et elle est considérée comme un indice de qualité.

Les résultats d'analyse du teneur en protéines sont illustrés par la figure (17)

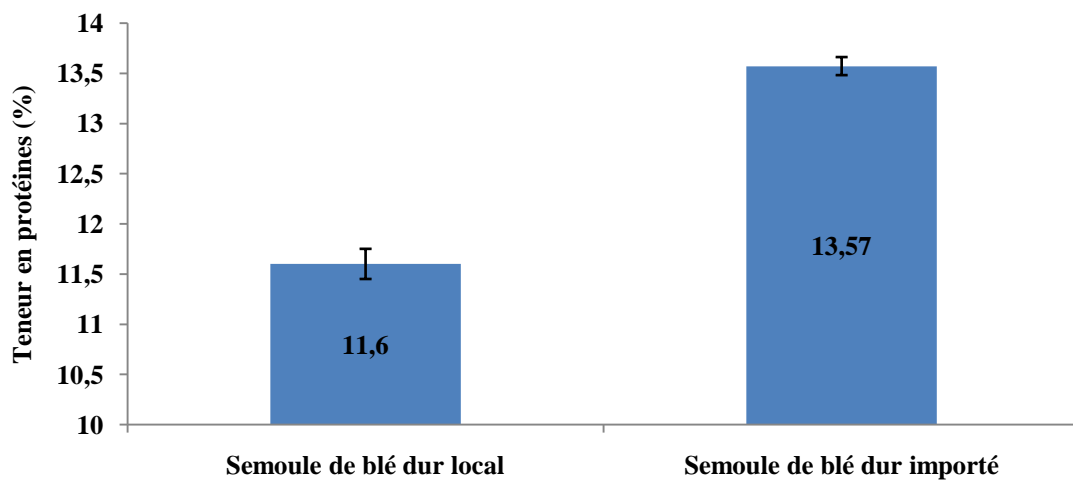


Figure 17 : Variations des teneurs en protéines (%) des semoules de blé dur local et importé.

D'après la figure (17), les échantillons de la semoule de blé dur local enregistrent des teneurs en protéines totales oscillent entre 11.46 % et 11.83 %, avec une moyenne de (11.6 % \pm 0.15), et inférieurs par rapport aux semoules issues de blé dur importé, cette dernières enregistrent des teneurs en protéines totales oscillent entre 13.47 % et 13.69 % avec une moyenne de (13.57 % \pm 0.09), les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (NA 1185), qui exigent des valeurs supérieurs à 11.5%.

Les résultats des teneurs en protéines totales de la semoule de blé dur local obtenus sont proches à celui obtenu par (Zekkari, 2013) (11.4 %), supérieurs à ceux obtenus par (Sayoud et al, 2021) (11.05 % \pm 0.05) pour des semoules issues de blé dur local. Les résultats des semoules de blé dur importé obtenus sont supérieurs à celui obtenu par (Mouloud, 2013) (12.28 %), inférieurs aux résultats de (Chelabi et Meghdour, 2013) (14.03 % \pm 0.04), et tous pour des semoules issues de blé dur importé.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

Selon Godon et Loisel, (1997) Le teneur en protéines totales de semoule varie fortement en fonction des conditions agro-climatiques, la variété de blé dur, et liée également aux procédés de la mouture.

2-6- Acidité grasse

L'acidité grasse d'une semoule est l'acidité que génèrent ses acides gras libres. Une valeur élevée d'acidité résultant d'une mauvaise condition de stockage, peut affecter de manière sensible la valeur technologique des semoules. Son excès diminue la qualité de gluten, sa cohésion, son élasticité et son coefficient d'hydratation.

Les résultats d'acidité grasse obtenus sont rapportés dans la figure (18).

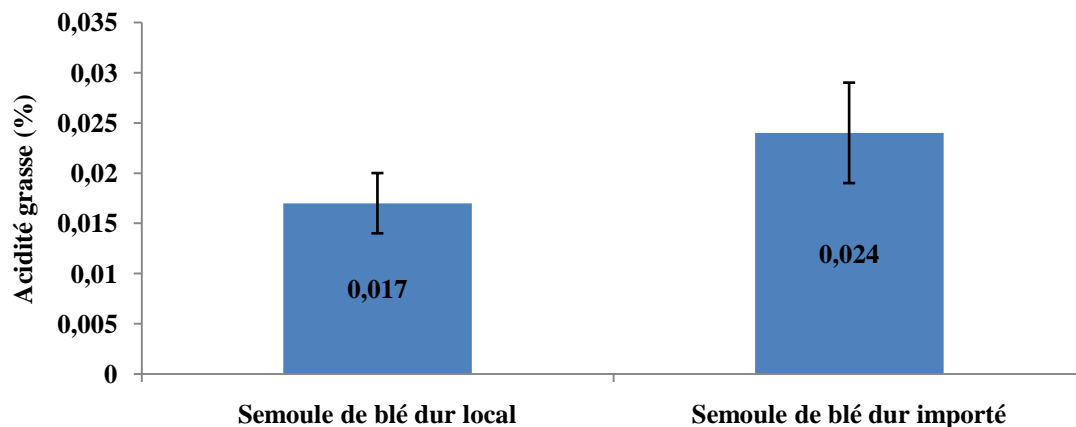


Figure 18 : Variations d'acidité grasse (%) des semoules de blé dur local et importé.

Revenant à la figure (18), nos échantillons de la semoule de blé dur local enregistrent des valeurs d'acidité grasse variant de 0.014 % à 0.02 %, avec une moyenne de (0.017 % \pm 0.003), et inférieurs par rapport son homologue issue de blé d'importation, qui enregistre des valeurs comprises entre 0.016% et 0.03% avec une moyenne de (0.024 % \pm 0.005). Les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (JORA 1997), qui exigent des valeurs d'acidité grasse inférieures à 0.055%.

Les résultats d'acidité grasse de la semoule de blé dur local obtenus sont inférieurs à celui obtenu par (Zekkari, 2013) (0.036 %) et (Mokhtari, 2013) (0.046 % \pm 0.001), d'autre part les résultats d'acidité grasse des semoules issues de blé dur d'importation obtenus sont inférieurs aussi à ceux déclarés par (Chelabi et Meghdour, 2013) (0.055 % \pm 0.005), pour des semoules issues de blé importé.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

La variation des résultats d'acidité grasse est due principalement à la condition de stockage des semoules. (L'acidité grasse est en corrélation opposée avec la teneur en eau).

3- Caractéristiques technologiques de la semoule

Les résultats des analyses technologiques de la semoule sont exprimés en (moyen \pm écart type) avec (5 répétitions) ($n = 5$). L'analyse de la variance ANOVA est effectuée en utilisant le programme Microsoft Office Excel 2007, avec un seuil de signification (0.05) (voir annexes).

3-1-Teneur en gluten

Le gluten est un composant qui détermine les propriétés rhéologiques et culinaires des semoules, plus la semoule a une forte teneur en gluten plus la qualité des produits finaux sera meilleure notamment dans la fabrication des pains traditionnels.

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure (19).

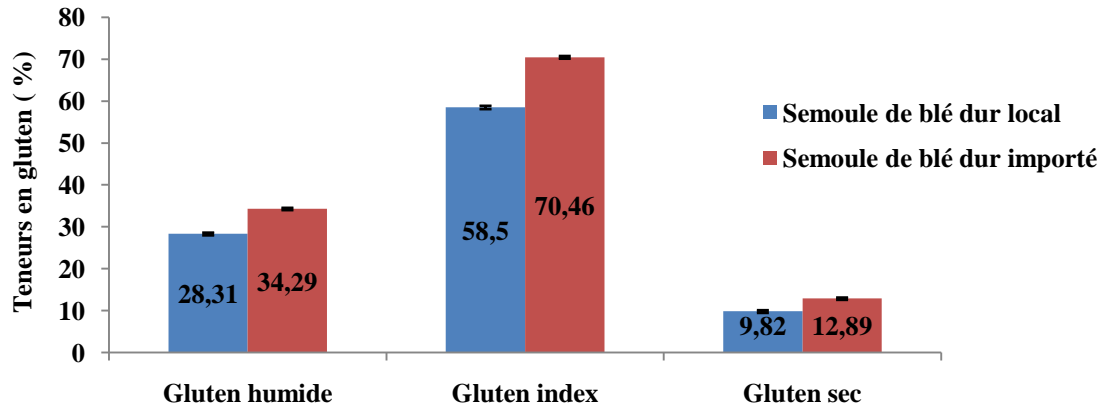


Figure 19 : Variations des teneurs en gluten (%) des semoules de blé dur local et importé.

Revenant a la figure (19) :

***Gluten humide :** est un indicateur de la quantité de gluten.

Nos échantillons de la semoule de blé dur local enregistrent des teneurs en gluten humide comprises entre 27.98 % et 28.76 %, avec une moyenne de (28.31 % \pm 0.32), et inférieurs par rapport aux semoules issues de blé dur importé, ces dernières enregistrent des teneurs en gluten humide comprises entre 33.87 % et 34.51 % avec une moyenne de (34.29 % \pm 0.27), les deux semoules sont conformes aux normes (ISO 5531), qui adoptent des valeurs inférieures à 100%.

Les résultats de gluten humide des semoules de blé dur local obtenus sont inférieurs a ceux obtenus par (**Khadhraoui, 2023**) (33.92 % \pm 4.53), d'autre part les résultats de la semoule de blé dur importé sont inférieurs a ceux obtenus par (**Souadkia, 2014**) (35.3 % \pm 0.1).

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

***Gluten index :** est un indicateur de la qualité de gluten.

La semoule de blé dur local enregistrent des teneurs en gluten index varient de 58.17 % à 59.12 %, avec une moyenne de (58.5 % \pm 0.39), et inférieurs par rapport son homologue issue de blé importé qui enregistre des teneurs en gluten index varient de 70.11 % à 70.88 % avec une moyenne de (70.46 % \pm 0.32), les deux semoules sont conformes aux normes (ISO 5531), qui exigent des valeurs supérieurs à 50 %.

Les résultats de la teneur en gluten index des semoules de blé dur local obtenus sont inférieurs à ceux obtenus par (**Khadhraoui, 2023**) (67.8 % \pm 4.51). Les résultats de la semoule de blé dur importé sont inférieurs à ceux déclarés par (**Souadkia, 2014**) (78 % \pm 0.1).

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

***Gluten sec:** est un indicateur de la quantité et la qualité de gluten.

La semoule issue de blé dur local enregistre des teneurs en gluten sec oscillent entre 9.37 % et 10.19 %, avec une moyenne de (9.82 % \pm 0.32), et inférieurs à ceux obtenus pour la semoule de blé importé, qui enregistre des teneurs en gluten sec oscillent entre 12.56 % et 13.24% avec une moyenne de (12.89 % \pm 0.27), la semoule de blé dur importé est conforme aux normes (ISO 5531) qui adoptent des valeurs supérieures à 11 %, tandis que le gluten sec de la semoule issue de blé local est inférieur à la norme.

Les résultats de la teneur en gluten sec des semoules de blé dur local obtenus sont inférieurs à ceux obtenus par (Khadhraoui, 2023) (12.1 % \pm 1.69). Les résultats de la semoule de blé dur importé sont proches à ceux déclarés par (Souadkia, 2014) (12.7 % \pm 0.1).

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

La variation des résultats de la teneur en gluten des semoules est due principalement à la variété de blé destinée à la mouture (local ou importé) et sa teneur en protéine.

3-2- Indice de chute

L'indice de chute mesure indirectement l'activité des amylases (enzyme dégradant l'amidon) ; cette activation peut devenir excessive dans le cas de la présence de grain de blé germé ou grain en voie de germination. La mesure de l'activité enzymatique révèle non seulement la présence de grains germés, mais aussi elle contribue à la qualité du pain : volume du pain, aspect de la mie, couleur de la croûte et dégagement gazeux au cours de la fermentation, plus que le temps de chute est long, l'activité enzymatique est faible et la semoule de bonne qualité.

Les résultats d'analyse de temps de chute sont illustrés par la figure (20).

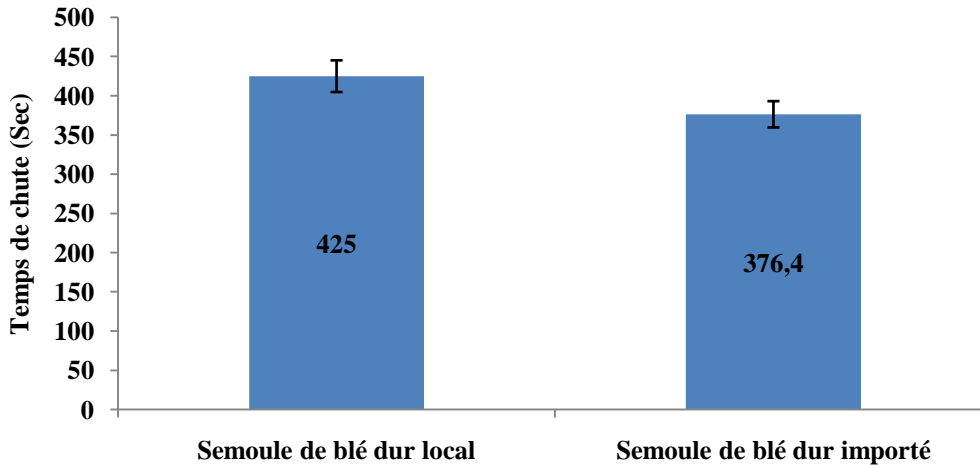


Figure 20 : Variations de temps de chute (Sec) des semoules de blé dur local et importé.

D'après la (figure 20), nos échantillons de la semoule de blé dur local enregistrent un temps de chute varie de 399 (Sec) à 451 (Sec), avec une moyenne de (425 Sec \pm 20.19), et supérieur par rapport son homologue issue de blé importé qui enregistre un temps de chute varie de 353 (Sec) à 397 (Sec) avec une moyenne de (376.4 Sec \pm 16.76), les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (JORA 1992), qui exigent des valeurs supérieur à 180 Sec.

Le temps de chute obtenu pour les deux semoules (issues de blé dur local ou d'importation) est supérieur à celui enregistré par (Tazerout, 2013) (359 Sec), et inférieur au résultat de (Salmi et Merbah, 2015) (450 Sec).

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,05$) entre les deux types de semoules (issue de blé dur local et importé).

La variation des résultats de temps de chute est liée principalement aux conditions de stockage des blés et semoule (humidité très élevée).

Conclusions

Ce travail a été réalisé au niveau de Moulin El-Baraka dans le cadre d'une étude visant à déterminer dans quelle mesure l'origine géographique du blé en tant que matière première destinée au broyage affecte l'ensemble des caractéristiques qualitatives de la semoule en tant que produit fini destiné au consommateur.

-Nous avons conclu ce qui suit :

➤ le blé dur en tant que matière première :

-Pour l'agrégé, le taux d'impuretés pour blé dur local égal à $(7.12 \% \pm 0.47)$ et supérieur au impuretés de blé dur importé $(4.15 \% \pm 0.13)$, les deux blés sont conformes aux normes (ISO 5223), qui exigent des valeurs d'impuretés inférieures à 10%, d'autre part la moucheture de blé dur local égale à $(1.95 \% \pm 0.23)$ et supérieure par rapport son homologue d'importation $(0.5 \% \pm 0.09)$, et les deux blés sont conformes aux normes Algérienne (NA 1183) qui exigent des valeurs inférieurs à 2%. Le mitadinage de blé dur local égal à $(14.84 \% \pm 1.08)$ et supérieur par rapport son homologue de blé importé $(3.67 \% \pm 0.94)$, tous sont conforme aux normes Algérienne (NA 1183) qui exigent des valeurs ne dépassent pas les 20 %. Le mitadinage est en corrélation opposé avec l'indice de jaune (b^*) des semoules.

- Le poids de mille grains (PMG) de blé dur local égal à $(36.18 \text{ g} \pm 0.08)$ et inférieur à (PMG) de blé dur importé $(41.35 \text{ g} \pm 0.18)$, les deux blés sont conformes aux normes Algériennes (JORA 2007), qui adoptent des valeurs $\leq 45\text{g}$, le poids de mille grains (PMG) est en corrélation directe avec le rendement semoulier, d'autre part le blé dur local enregistre un poids spécifique (PS) égal à $(79.18 \text{ kg/hl} \pm 0.35)$ et inférieur à son homologue d'importation $(81.48 \text{ kg/hl} \pm 0.11)$, les deux blés sont conformes aux normes Algériennes (NA 1613), qui adoptent des valeurs supérieurs ou égal à 78 kg/hl.

-La teneur en eau de blé local égale à $(10.23\% \pm 0.23)$ et inférieur à l'humidité de blé importé $(12.61\% \pm 0.12)$ et tous sont conformes à la norme Algérienne (JORA 2007) qui exige des valeurs d'humidité inférieures à 14%, d'autre part la teneur en protéines de blé local égale à $(11.24\% \pm 0.24)$ et inférieure aux valeurs de son homologue d'importation $(15.12 \% \pm 0.36)$, les deux blés sont conformes aux normes Algériennes (NA 1185) (protéines $> 11\%$).

➤ La semoule en tant que produit fini :

Concernant la granulométrie, les deux semoules (issue de blé dur local et importé) présente une homogénéité, et en termes d'hydratation et la capacité d'absorption, la semoule issue de blé dur importé est de meilleure qualité que la semoule issue de blé dur local. La teneur en eau de la semoule de blé dur local égale à $(13.37 \% \pm 0.25)$ et inférieure à son homologue issue

de blé d'importation ($13.89 \% \pm 0.27$). Les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (JORA 2007) qui exigent une humidité inférieure à 14.5%, d'autre part les cendres de la semoule de blé dur local égal ($0.88 \% \pm 0.03$) et supérieurs par rapport son homologue issue de blé importé ($0.77 \% \pm 0.03$) et les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (NA 733) qui exigent de valeurs inférieures à 1.1%.

Le test de couleur montre que le jaune (b^*) de la semoule de blé dur local égal à (32.11 ± 0.2) et inférieur au jaune (b^*) de la semoule de blé dur importé (42.09 ± 0.44), le brun (a^*) de la semoule de blé dur local égal (-1.87 ± 0.06), et supérieur au brun (a^*) de son homologue d'importation (-2.21 ± 0.14), les deux semoules sont accords avec l'intervalle d'acceptabilité adopté par laboratoire El-Baraka.

La teneur en protéines de la semoule de blé local égale ($11.6 \% \pm 0.15$) et inférieure par rapport la semoule issue de blé importé ($13.57 \% \pm 0.09$) et les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (NA 1185), qui exigent de valeurs supérieures à 11.5%, d'autre part la semoule de blé local enregistre une acidité grasse égale ($0.017 \% \pm 0.003$) et inférieure par rapport son homologue issue de blé importé ($0.024 \% \pm 0.005$). Les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (JORA 1997), qui exigent des valeurs d'acidité grasse inférieures à 0.055%.

L'analyse technologique montre un pauvreté en gluten de la semoule issue de blé local: gluten humide ($28.31 \% \pm 0.32$), gluten index ($58.5 \% \pm 0.39$) et gluten sec ($9.82 \% \pm 0.32$), par rapport la semoule issue de blé importé : gluten humide ($34.29 \% \pm 0.27$), gluten index ($70.46 \% \pm 0.32$) et gluten sec ($12.89 \% \pm 0.27$), d'autre part la semoule issue de blé dur local enregistrée un temps de chute égal ($425 \text{ Sec} \pm 20.19$) et supérieur de son homologue issue de blé importé ($376.4 \text{ Sec} \pm 16.76$). Les deux semoules sont conformes aux normes Algériennes (JORA 1992), qui exigent des valeurs supérieures à 180 Sec.

➤ Nous proposons les perspectives suivantes à notre étude :

-Construire des laboratoires scientifiques pour un projet sérieux d'amélioration des variétés de blé locales afin d'obtenir des sous produits de qualité qui concurrencent leurs homologues issus de blé importé.

-Mener une étude des expériences de coupage entre blé local et blé importé pour l'industrie de transformation en semoule, et conclure dans quelle mesure il est possible d'obtenir des sous produits de qualité en utilisant la technologie coupage.

Références bibliographique

(A)

- ❖ **Abidi Lila, (2009)**. Etude de l'interaction génotype-environnement sur les paramètres agronomiques et technologiques de quelques variétés de blé dur (*triticum durum desf.*) Mémoire Magister. Université Blida. P 98.
- ❖ **Abcassis j et Chaurand M (1997)** : Appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et plastification.in Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Ed : Tec & Doc, Lavoisier Paris.2émé édition. Pp 746-774.
- ❖ **AFNOR., (1991)**. Association Française de Normalisation. Norme Codex pour la Alimentation et nutrition humaines.ESF. P 932
- ❖ **Attri Bilal, Attar Naima, Laachache Bassma.(2023)** Transformation technologique de blé tendre (*Triticum aestivum L.*) : Analyses physico-chimiques et caractérisation de la farine panifiable. Mémoire master. Université M'sila. p 31

(B)

- ❖ **Bar, I. (2001)**. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux guide pratique. 2, Paris: institut technique des céréales et fourrages (ITCF), P179-196-267
- ❖ **Benbelkacem, A., Kellou, K. (2000)**. Evolution du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) cultivées en Algérie. Symposium blé. Enjeux et stratégie, P192
- ❖ **Benchikh C, (2015)**. Valorisation de la qualité de 3 variétés locales de blé dur (*Triticum durum Desf.*) Cultivées en région semi - aride. Mémoire Magister. Université hadj lakhdar batna.P32
- ❖ **Benmounah houda (2021)**. Evaluation des réponses adaptatives, physiologiques, biochimiques et génotypiques d'un germoplasme de blé dur (*Triticum durum Desf*) sous stress hydrique. Thèse de Doctorat, Université Annaba. P15
- ❖ **Benteboula mohammed nidhal, Boudra rayane, Kolli mouad, (2021)**. Contribution à l'étude de la qualité des pâtes alimentaires « Amor Benamor ». Mémoire Master. Université Guelma. P 47.
- ❖ **Boulala Zineb, Rouabeh Amira (2018)** .Appréciation de la qualité technologique de 8 variétés homologuées de blé dur cultivées dans la région de Constantine. Mémoire master. Université Constantine. p 33
- ❖ **Boudreau, A. et Menard, G. (1992)**. Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les presses de l'université de LAVAL. Québec, P 29, 32, 34, 101, 102, 131, 173, 197.

❖ **Bourson, Y. (2009).** "Mouture du blé tendre et techniques d'obtention de la farine," Ed. Techniques Ingénieur.

❖ **Boujnah, M., Abecassis, J., Bakhella, M., Amri, A., Ouassou, A., Nachit M., Chaurand, M., et Jaouhari, A. (2004).** Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. AL AWAMIA 111.Vol. 1 N. 3. Eté 2004.

(C)

❖ **Cherdouh A., Khelifi D., Carillo J.M et Nieto-Taladriz M.T (2000).**, « Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés durs algériens. Relation avec la qualité », Symposium Blé 2000 : enjeux et stratégies / Alger, 7- 9 février 2000, pp : 311-314.

❖ **Chelabi Djamila, Meghdour Meryem. (2013).** Analyses physicochimiques microbiologiques et toxicologique au cours de la fabrication du couscous issue de deux types de blé dur local et importé à l'unité MOULA pâte. Université Blida. P 54.

❖ **CIC, 2000.** Marché des céréales, disponible sur <http://www.igc.int/>, Conseil international des céréales.

❖ **Codex Stan 178.1991.** Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur.

(D)

❖ **Dexter JE et Matsuo R R., (1980):** Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. J. Agric. Food Chemistry.

❖ **Dexter, JE., Matsuo, RR., (1988).** Durum wheat and pasta products. Wheat: Chemistry and technology 2,. Pp 507-547.

❖ **Djelti .H ., (2013).** Etude de la qualité de blé tendre utilise en Meunerie Algérienne.

❖ **Dubois. M., (1996) :** Les farines : caractéristiques des farines et des pates. In : Industries des céréales. N°97. Ed : Lavoisier, Paris. 19-29.

(E)

❖ **El hadef El okki, (2015).** Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie. Mémoire Magister. Université Setif 1.p 21.

(F)

❖ **Feillet P. (2000).** Feillet P., 2000. Le Grain de blé: composition et utilisation. INRA. Ed Quae. 2000. Paris. France, 308p

❖ **Feillet P., (2000):**Le grain de blé : composition et utilisation. Ed. INRA. Paris, P 23-34,57, 58,72-94, 114, 115,123-135,187-199,229, 253, 261.

❖ **Feldman M., (2001).** Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 3-58 p.

(J)

❖ **JORA (2005).** Journal officiel République Algérienne 2005.

(G)

❖ **Ghezali Hamid (2014).** Contrôle physico-chimique et microbiologique du couscous fabriqué à base de blé dur au niveau de l'unité « Moula pates » BLIDA. Mémoire Master. Université Blida. P 62

❖ **Godon B et Loisel W., (1997) :** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. 2^{ème} éd : Tec & Doc, Lavoisier.

❖ **Godon B., et Willm C. 1991.** Les industries de première transformation des céréales. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris : 679 p.

❖ **Gouaidia Hadil, Filali Manal, Ghorab Mohamed Ali, (2021).** Influence du climat sur la qualité technologique du blé dur (*Triticum durum*) de la wilaya de Guelma. Mémoire Master. Université Guelma. P46.

(H)

❖ **Hamadache A. (2013)** .Eléments de Phytochimie Générale. Grandes Cultures. Tome 1 Le blé, P 256

(K)

❖ **Kaan, F., Branlard, G., Chihab, B., Borries, C., Monneveux, P. (1993).** Prebreeding and breeding durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.) for quality products.

❖ **Khadhraoui Ikram (2023).** Etude comparative de la qualité physicochimique des pâtes alimentaires à base de blé importé et de blé local. Mémoire master. Université Biskra. p26

❖ **Kiger JL., Kiger JG.,(1967).** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industriel et artisanal et les produits de légumes. Dunod. Tome 1.Paris .P 696

❖ **Kleijer G ; levy I ; schwerzei R ; fossati D ; et brabant C. (2007)** .Relation entre le poids a l'hectolitre et plusieurs paramètres de la qualité dans le blé, revue suisse agric.

(L)

❖ **Larbi Hafida, GHALI Asmae (2022).** Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des grains de blé local et importé lors du stockage. Mémoire Master. Université Mostaganem. Pp 65-66

❖ **Le Bail, M. (2001).** Spécificité locale pour un produit banal.

❖ **Loué, A. (1970).** Fumure et qualité. Document technique de la SCPA, P 24.

(M)

❖ **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.

❖ **Maoucha Chaima (2021).** Processus de fabrication de la semoule à partir du blé dur et contrôle de qualité. Mémoire licence. Université Bouira. P 39

❖ **Mauze C., Richard M. et Scatti G. (1972).** Contrôle de la qualité des blés. Guide pratique de l'industrie technique des céréales et des fourrages. Paris. Pl 70-188.

❖ **Mazouz Lakhdar, (2006).** Etude de la contribution des paramètres phéno morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi aride. Mémoire Magister. Université Batna. P76

❖ **Melas V., Morel M H., Feuillet P., (1993)-** Les sous unités gluténives du blé de faible poids moléculaires : des produits d'avenir industrie des céréales. Pp 3-14

❖ **Melloul Amel, Lahnichat Chaima,(2022).** Caractérisation Physico-chimique et Technologique D'une Variété De Blé Dur <BELIOUNI> Provenant De La Région De Sétif. Mémoire Master. Université Boumerdes. P 38

❖ **Menasria Fatima Ez Zahra, Seraiche Chourouk. (2022).** Analyse physico-chimique et technologique de la semoule de deux types de blé dur local et importé à l'unité Agro-div Hodna -M'sila. Mémoire Master. Université M'sila. P 21

❖ **Mok, C. 1997.** Mixing properties of durum wheat semolina as influenced by protein quality and quantity. Food and Technology. Vol. 6. NO. 1

❖ **Mokhtari Ferial (2013).** Contrôle de Qualité et comparaison entre deux types de Couscous de blé Dur. Mémoire Master. Université Blida. P53

❖ **Monneveux P, (2002).** Bilan d'activités du laboratoire sur le thème : Amélioration de la tolérance à la sécheresse du blé dur. UER de génétique et amélioration des plantes, ENSA-INRA Montpellier.

❖ **Mouloud Abdelhamid (2013).** Etude de la qualité technologique des pâtes courtes. Mémoire Master. Université Blida. P69.

(N)

❖ **Nedjah I., (2012).** Changements physiologiques chez des plantes Blé dur (*Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb), Thèse de doctorat 3ème cycle. Université badji Mokhtar-Annaba., p98.

(P)

❖ **Pomeranz Y., (1985):** wheat flour lipids- what they can and cannot do in bread. Cereal. Food. World.Vol.31N° 3. Pp443-446.

❖ **Porceddu E., (1995) :** Durum wheat quality in the Mediterranean Countries, Options Méditerranéennes, Série A: N°22, Zaragoza (ESP), University of Tuscia. Dept. Of Agrobiology and Ag rochimistry, Viterbo, Italy, pp 11 - 21.

(R)

❖ **Remil Asma, (2018).** Etude électro phorétique et physicochimique de quelques variétés de blé et des produits à base de blé consommés dans l'ouest Algérien. Recherche des protéines inductrices de la maladie cœliaque. Thèse Doctorat. Université Sidi Bel Abbes. P 52.

(S)

❖ **Salmi mebarka et Merbah safia (2015)** Etude de la qualité globale de semoules du commerce Algérien. Mémoire d'ingénieur en agronomie. UMMTO p 18.

❖ **Samson, M.F et Desclaux, D. (2006).** Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadinage. Colloque régional. Campus INRA Montpellier, P 5.

❖ **Sayoud Ilham Allel Romayssa, Lahoues Roumayssa, (2021).** Etude de la qualité du blé dur et de la semoule « Amor Ben Amor ». Mémoire Master. Université Guelma. Pp27-28

❖ **Souadkia Amine (2014).** Le Suivi de Qualité de fabrication De Semoule et Pates Alimentaire et Application HACCP. Mémoire Master. Université Guelma. P 26

❖ **Souci S.W., Fachmann W., Kraut H., (1994).** La composition des aliments : Tableaux des valeurs nutritives. Medpharm Scientific Publishers, 5ème edition. Stuttgart. Germany 1091p.

(T)

❖ **Tazerout Chahinez (2013).** Etudes biochimique et technologique de quelques fractions de mouture de blé dur : Relation avec la qualité boulangère. Mémoire Magister. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - El Harrach-Alger.

❖ **Troccoli A ., Borrellig. M ., Devita P ., Fares C ., Difonzk N ., 2000 :** Durum wheat quality, a multidisciplinary concept.J. Cereal. Sci (32) : pp 99 - 113.

(W)

❖ **Wieser H., (2000):** Comparative investigation of gluten proteins from different wheat species. Qualitative and quantitative composition of gluten protein types. Eur. Food REStech nol.211:262-268.

(Z)

❖ **Zekkari Amine (2013)**. Contribution a l'étude qualitative et quantitative des semoules issues des différents passages des sasseurs. mémoire master. Université blida. p 55.

Annexes

Annexe 01 :

Tableau 03 : Prise d'essai en fonction de la teneur en eau de l'échantillon (NA 1176 : 2015)

| Teneur en eau % | Prise d'essai, g | | Teneur en eau % | Prise d'essai, g | |
|-----------------|--|--|-----------------|--|--|
| | pour une masse nominale de 7 g à 15 % de teneur en eau | pour une masse nominale de 9 g à 15 % de teneur en eau | | pour une masse nominale de 7 g à 15 % de teneur en eau | pour une masse nominale de 9 g à 15 % de teneur en eau |
| (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| 9,0 | 6,40 | 8,20 | 13,6 | 6,85 | 8,80 |
| 9,2 | 6,45 | 8,25 | 13,8 | 6,90 | 8,85 |
| 9,4 | 6,45 | 8,25 | 14,0 | 6,90 | 8,85 |
| 9,6 | 6,45 | 8,30 | 14,2 | 6,90 | 8,90 |
| 9,8 | 6,50 | 8,30 | 14,4 | 6,95 | 8,90 |
| 10,0 | 6,50 | 8,35 | 14,6 | 6,95 | 8,95 |
| 10,2 | 6,55 | 8,35 | 14,8 | 7,00 | 8,95 |
| 10,4 | 6,55 | 8,40 | 15,0 | 7,00 | 9,00 |
| 10,6 | 6,55 | 8,40 | 15,2 | 7,00 | 9,05 |
| 10,8 | 6,60 | 8,45 | 15,4 | 7,05 | 9,05 |
| 11,0 | 6,60 | 8,45 | 15,6 | 7,05 | 9,10 |
| 11,2 | 6,60 | 8,50 | 15,8 | 7,10 | 9,10 |
| 11,4 | 6,65 | 8,50 | 16,0 | 7,10 | 9,15 |
| 11,6 | 6,65 | 8,55 | 16,2 | 7,15 | 9,20 |
| 11,8 | 6,70 | 8,55 | 16,4 | 7,15 | 9,20 |
| 12,0 | 6,70 | 8,60 | 16,6 | 7,15 | 9,25 |
| 12,2 | 6,70 | 8,60 | 16,8 | 7,20 | 9,25 |
| 12,4 | 6,75 | 8,65 | 17,0 | 7,20 | 9,30 |
| 12,6 | 6,75 | 8,65 | 17,2 | 7,25 | 9,35 |
| 12,8 | 6,80 | 8,70 | 17,4 | 7,25 | 9,35 |
| 13,0 | 6,80 | 8,70 | 17,6 | 7,30 | 9,40 |
| 13,2 | 6,80 | 8,75 | 17,8 | 7,30 | 9,40 |
| 13,4 | 6,85 | 8,80 | 18,0 | 7,30 | 9,45 |

Annexe 02 :

Tableau 04 : Variations des résultats des analyses physicochimiques de blé dur local et importé.

| Caractéristiques | Blé dur local | | | | Blé dur importé | | | |
|--|---------------|-------|-------|---------------------|-----------------|-------|-------|---------------------|
| | E1 | E2 | E3 | M+E | E1 | E2 | E3 | M+E |
| 1-Agréage (%) | | | | | | | | |
| -Grains sains | 92.35 | 93.03 | 93.25 | 92.88 ± 0.47 | 95.94 | 95.91 | 95.71 | 95.85 ± 0.13 |
| -Impureté total | 7.65 | 6.97 | 6.75 | 7.12 ± 0.47 | 4.06 | 4.09 | 4.29 | 4.15 ± 0.13 |
| *grains cassés | 3.67 | 3.21 | 3.3 | 3.39 ± 0.24 | 1.61 | 1.79 | 1.93 | 1.78 ± 0.16 |
| *grain échaudé | 2.11 | 2.02 | 1.81 | 1.98 ± 0.15 | 1.53 | 1.53 | 1.68 | 1.58 ± 0.09 |
| *gros impureté | 0.47 | 0.31 | 0.37 | 0.38 ± 0.08 | 0.09 | 00 | 0.03 | 0.04 ± 0.05 |
| *petit impureté | 1.4 | 1.43 | 1.27 | 1.37 ± 0.09 | 0.83 | 0.77 | 0.65 | 0.75 ± 0.09 |
| -Moucheture | 2.18 | 1.94 | 1.73 | 1.95 ± 0.23 | 0.49 | 0.59 | 0.41 | 0.5 ± 0.09 |
| -Métadinage | 15.82 | 15.02 | 13.69 | 14.84 ± 1.08 | 2.99 | 4.74 | 3.27 | 3.67 ± 0.94 |
| 2-Poids de mille grains (PMG) (g) | 36.1 | 36.26 | 36.18 | 36.18 ± 0.08 | 41.23 | 41.56 | 41.27 | 41.35 ± 0.18 |
| 3-Poids spécifique (PS) (Kg/hl) | 78.78 | 79.32 | 79.44 | 79.18 ± 0.35 | 81.47 | 81.59 | 81.38 | 81.48 ± 0.11 |
| 4-Humidité (%) | 9.98 | 10.27 | 10.43 | 10.23 ± 0.23 | 12.38 | 12.49 | 12.66 | 12.61 ± 0.12 |
| 5-Teneur en protéines totales (%) | 10.97 | 11.31 | 11.44 | 11.24 ± 0.24 | 14.97 | 14.86 | 15.53 | 15.12 ± 0.36 |

* M+E : (moyen ± écart type) ; E : Essai

*Impuretés totales = grains cassés + grains échaudés + gros impuretés + petites impuretés.

* Grains sains = Blé sale - Impuretés totales.

Annexe 03 :**Tableau 05 :** Analyse de la variance ANOVA de teneur en eau (%) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 0,69169 | 1 | 0,69169 | 9,99913263 | 0,01335182 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 0,5534 | 8 | 0,069175 | | | |
| Total | 1,24509 | 9 | | | | |

Tableau 06 : Analyse de la variance ANOVA de teneur cendres (%) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 0,03364 | 1 | 0,03364 | 38,4457143 | 0,0002593 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 0,007 | 8 | 0,000875 | | | |
| Total | 0,04064 | 9 | | | | |

Tableau 07 : Analyse de la variance ANOVA d'indice de jaune (b*) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 249,20064 | 1 | 249,20064 | 2159,54452 | 5,0815E-11 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 0,92316 | 8 | 0,115395 | | | |
| Total | 250,1238 | 9 | | | | |

Annexe 04 :

Tableau 08 : Analyse de la variance ANOVA d'indice de brun (a*) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 0,30276 | 1 | 0,30276 | 27,263394 9 | 0,00080118 | 5,3176550 6 |
| A l'intérieur des groupes | 0,08884 | 8 | 0,011105 | | | |
| Total | 0,3916 | 9 | | | | |

Tableau 09 : Analyse de la variance ANOVA des teneurs en protéines (%) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 9,74169 | 1 | 9,74169 | 639,21850 4 | 6,4146E-09 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 0,12192 | 8 | 0,01524 | | | |
| Total | 9,86361 | 9 | | | | |

Tableau 10 : Analyse de la variance ANOVA d'acidité grasse (%) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 0,0001089 | 1 | 0,0001089 | 6,1699716 7 | 0,03787815 | 5,3176550 6 |
| A l'intérieur des groupes | 0,0001412 | 8 | 0,00001765 | | | |
| Total | 0,0002501 | 9 | | | | |

Annexe 05 :**Tableau 11 :** Analyse de la variance ANOVA de teneur en gluten humide (%) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 89,46081 | 1 | 89,46081 | 1024,34087 | 9,8918E-10 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 0,69868 | 8 | 0,087335 | | | |
| Total | 90,15949 | 9 | | | | |

Tableau 12 : Analyse de la variance ANOVA de teneur en gluten index (%) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 357,48441 | 1 | 357,48441 | 2872,28354 | 1,6291E-11 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 0,99568 | 8 | 0,12446 | | | |
| Total | 358,48009 | 9 | | | | |

Tableau 13 : Analyse de la variance ANOVA de teneur en gluten sec (%) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|-----------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 23,50089 | 1 | 23,50089 | 273,85527 | 1,7952E-07 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 0,68652 | 8 | 0,085815 | | | |
| Total | 24,18741 | 9 | | | | |

Annexe 06 :**Tableau 14 :** Analyse de la variance ANOVA de temps de chute (Sec) de la semoule à base de blé dur local et importé.

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes | 5904,9 | 1 | 5904,9 | 17,1579253 | 0,0032435 | 5,31765506 |
| A l'intérieur des groupes | 2753,2 | 8 | 344,15 | | | |
| Total | 8658,1 | 9 | | | | |

Tableau 15 : Granulométrie de la semoule issue de blé dur local.

| | RT 630 | RT 600 | RT 500 | RT 450 | RT 355 | RT 250 | RT 200 | RT 150 | PT150 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 0,20 | 1,1 | 22,9 | 18,9 | 20,7 | 14,2 | 11,7 | 6,4 | 4,1 |
| | 0,20 | 1,2 | 23,2 | 19,1 | 20,9 | 14,9 | 11,2 | 5,9 | 3,7 |
| | 0,30 | 1,1 | 21,7 | 19,3 | 21,1 | 15,2 | 11,6 | 5,9 | 3,9 |
| | 0,20 | 1 | 23,1 | 18,5 | 20,2 | 14,4 | 11,5 | 6,7 | 4,4 |
| | 0,30 | 1,4 | 21,6 | 19,4 | 21 | 14,1 | 11,8 | 6,5 | 4 |
| Moyenne | 0,24 | 1,16 | 22,50 | 19,04 | 20,78 | 14,56 | 11,56 | 6,28 | 4,02 |
| écart-type | 0,05 | 0,15 | 0,78 | 0,36 | 0,36 | 0,47 | 0,23 | 0,36 | 0,26 |

Tableau 16 : Granulométrie de la semoule issue de blé dur importé.

| | RT 630 | RT 600 | RT 500 | RT 450 | RT 355 | RT 250 | RT 200 | RT 150 | PT150 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 0,2 | 1,5 | 24,8 | 19,7 | 22 | 15,6 | 10,2 | 4,1 | 2 |
| | 0,3 | 1,8 | 24,7 | 19,8 | 22,1 | 15,9 | 10 | 3,8 | 1,7 |
| | 0,2 | 1,4 | 24,1 | 20,9 | 21,8 | 15,2 | 10,1 | 4,3 | 2,1 |
| | 0,4 | 1,7 | 24,5 | 19,4 | 21,6 | 16,1 | 10,5 | 3,9 | 1,9 |
| | 0,4 | 1,9 | 24,8 | 19,9 | 22,1 | 16,5 | 9,8 | 3,2 | 1,5 |
| Moyenne | 0,30 | 1,66 | 24,58 | 19,94 | 21,92 | 15,86 | 10,12 | 3,86 | 1,84 |
| écart-type | 0,10 | 0,21 | 0,29 | 0,57 | 0,22 | 0,49 | 0,26 | 0,42 | 0,24 |

Annexe 07 :

Tableau 17: Taux d'humidité (%) de la semoule issue de blé dur local et importé.

| | Semoule de blé dur local | semoule de blé dur importé |
|------------|--------------------------|----------------------------|
| | 13,09 | 13,67 |
| | 13,31 | 13,59 |
| | 13,18 | 14,23 |
| | 13,70 | 14,09 |
| | 13,55 | 13,88 |
| Moyenne | 13,37 | 13,89 |
| écart-type | 0,25 | 0,27 |

Tableau 18: Taux des cendres (%) de la semoule issue de blé dur local et importé.

| | Semoule de blé dur local | Semoule de blé dur importé |
|------------|--------------------------|----------------------------|
| | 0,86 | 0,74 |
| | 0,86 | 0,75 |
| | 0,91 | 0,75 |
| | 0,87 | 0,79 |
| | 0,92 | 0,81 |
| Moyenne | 0,88 | 0,77 |
| écart-type | 0,03 | 0,03 |

Tableau 19: Test de couleur des semoules issues de blé dur local et importé.

| | Semoule de blé dur local | | Semoule de blé dur importé | |
|------------|--------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | b* | a* | b* | a* |
| | 31.86 | -1.85 | 41.75 | -2.33 |
| | 31.98 | -1.89 | 41.66 | -2.18 |
| | 32.34 | -1.91 | 42.39 | -2.28 |
| | 32.09 | -1.91 | 41.97 | -1.99 |
| | 32.27 | -1.77 | 42.69 | -2.29 |
| Moyenne | 32.11 | -1.87 | 42.09 | -2.21 |
| Ecart-type | 0.2 | 0.06 | 0.44 | 0.14 |

Annexe 08 :**Tableau 20 :** Teneurs en protéines (%) des semoules issues de blé dur local et importé.

| | Semoule de blé dur local | Semoule de blé dur importé |
|------------|--------------------------|----------------------------|
| | 11,46 | 13,61 |
| | 11,83 | 13,47 |
| | 11,50 | 13,69 |
| | 11,53 | 13,58 |
| | 11,66 | 13,5 |
| Moyenne | 11,60 | 13,57 |
| écart-type | 0,15 | 0,09 |

Tableau 21 : Taux d'acidité grasse (%) des semoules issues de blé dur local et importé.

| | Semoule de blé dur local | Semoule de blé dur importé |
|------------|--------------------------|----------------------------|
| | 0,014 | 0,025 |
| | 0,014 | 0,03 |
| | 0,020 | 0,025 |
| | 0,020 | 0,016 |
| | 0,019 | 0,024 |
| Moyenne | 0,017 | 0,024 |
| écart-type | 0,003 | 0,005 |

Tableau 22: Teneurs en gluten (%) des semoules issues de blé dur local et importé.

| | Semoule de blé dur local | | | Semoule de blé dur importé | | |
|------------|--------------------------|--------------|------------|----------------------------|--------------|------------|
| | Gluten humide | Gluten Index | Gluten sec | Gluten humide | Gluten Index | Gluten sec |
| | 28,09 | 58,17 | 9,37 | 34,39 | 70,28 | 13,03 |
| | 28,21 | 58,43 | 9,68 | 34,50 | 70,33 | 12,56 |
| | 28,76 | 58,20 | 10,19 | 33,87 | 70,11 | 13,24 |
| | 27,98 | 59,12 | 9,83 | 34,19 | 70,69 | 12,71 |
| | 28,51 | 58,58 | 10,03 | 34,51 | 70,88 | 12,89 |
| Moyenne | 28,31 | 58,50 | 9,82 | 34,29 | 70,46 | 12,89 |
| écart-type | 0,32 | 0,39 | 0,32 | 0,27 | 0,32 | 0,27 |

Annexe 09 :**Tableau 23 :** Temps de chute (Sec) des semoules issues de blé dur local et importé.

| | Semoule de blé dur local | Semoule de blé dur importé |
|------------|--------------------------|----------------------------|
| | 399,00 | 368 |
| | 415,00 | 397 |
| | 438,00 | 379 |
| | 422,00 | 385 |
| | 451,00 | 353 |
| Moyenne | 425,00 | 376,40 |
| Ecart-type | 20,19 | 16,76 |

Résumé

Notre étude scientifique comparative a été menée sur la semoule destinée au consommateur de la marque El-Baraka, fabriquée à partir de deux types de blé dur d'origine géographique différente (local et importé), afin de déterminer dans quelle mesure les propriétés physicochimiques du blé (taux des impuretés, poids de milles grains, humidité, teneur en protéines,...) en tant que matière première destinée à la mouture influencent les propriétés physicochimiques (granulométrie, teneur en eau, taux des cendres, indices de couleur,...), et technologiques (teneur en gluten, indice de chute,...) de la semoule destinée à la consommation en tant que produit fini.

Les résultats des analyses physicochimiques de blé (local et importé) ont montré qu'ils sont conformes aux normes algériennes, avec un avantage qualitatif en faveur de blé importé. Les résultats des analyses physicochimiques et technologiques des semoules issues de la mouture de blé local et importé ont prouvé qu'elles sont conformes aux normes algériennes avec une supériorité de qualité en faveur de la semoule issue de blé importé.

La granulométrie et la teneur en gluten de la semoule sont des facteurs essentiels pour évaluer la qualité technologique (capacité d'absorption et pétrissage) de la semoule destinée au consommateur.

Mots-clés : blé local, blé importé, semoule de consommateur, analyses physicochimiques, analyses technologiques, qualité.

المخلص :

تم انجاز دراسة مقارنة علمية على منتج السميد الموجه للمستهلك للعلامة التجارية البركة، والمصنع انطلاقا من نوعين من القمح الصلب من مصدر جيوغرافي مختلف (محلي ومستورد) لتحديد مدى تأثير الخصائص الفيزيوكيميائية (نسبة الشوائب، وزن ألف حبة، الرطوبة، محتوى البروتين،...) للقمح باعتباره مادة أولية موجهة للطحن، على الخصائص الفيزيوكيميائية (تحليل الحبيبات، محتوى الماء، محتوى المعادن، معايير اللون،...)، والتكنولوجية (محتوى الغلوتين، معيار السقوط) للسميد الموجه للاستهلاك كمنتج نهائي.

أظهرت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية للقمح المحلي والمستورد مطابقتها للمعايير الجزائرية، مع أفضلية في النوعية لصالح القمح المستورد. اثبتت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية والتكنولوجية للسميد الناتج عن طحن القمح المحلي والمستورد مطابقتها للمعايير الجزائرية مع تفوق في النوعية لصالح السميد المصنوع من القمح المستورد.

تعتبر التركيبة الحبيبية للسميد ولذا محتوى الغلوتين عاملا أساسيا لتقييم الجودة التكنولوجية للسميد الموجه للمستهلك.

الكلمات المفتاحية : القمح المحلي، القمح المستورد، السميد الموجه للمستهلك، التحاليل الفيزيوكيميائية، التحاليل التكنولوجية، الجودة.

Abstract

Our comparative scientific study was carried out on El-Baraka brand consumer semolina, made from two types of durum wheat of different geographical origin (local and imported), in order to determine the extent to which the physicochemical properties of wheat (level of impurities, weight of thousand kernels, moisture, protein content,...) as a raw material for milling influence the physicochemical properties (grain size, water content, ash content, color index, etc.) and technological properties (gluten content, falling number, etc.) of semolina intended for consumption as a finished product.

The results of physicochemical analyses of wheat (local and imported) showed that they comply with Algerian standards, with a qualitative advantage in favor of imported wheat. The results of physicochemical and technological analyses of semolina milled from local and imported wheat have shown that they comply with Algerian standards, with a quality advantage in favor of semolina milled from imported wheat.

The granulometry and gluten content of semolina are essential factors in assessing the technological quality (absorption and kneading capacity) of semolina intended for the consumer.

Key-words : local wheat, imported wheat, consumer semolina, physicochemical analysis, technological analysis, quality.