

Liste des abréviations

- MC : maladie cœliaque.
- PMG : poids de mille grains.
- SGNC : sensibilité au gluten non cœliaque.

Liste des figures

Fig.1. Affections liées au gluten.....	04
Fig.2. Coupe schématique du grain de sorgho d'après miche, (1980).....	12
Fig.3. Diagramme de fabrication de biscuit sans gluten.....	32
Fig.4. Mélange et pétrissage des matières premières.....	33
Fig.5. Cookies formés et mis en repos (pendant une durée de 5mn) couverts avec un papier film.....	33
Fig.6. Trois zones de cuisson.....	34
Fig.7. Ventilateurs de refroidissement des cookies.....	34
Fig. 8. Granulométrie des farines de sorgho et de mil.....	38
Fig.9. pH des deux types de farine.....	39
Fig.10. Teneur en eau des deux types de farines.....	39
Fig.11. Acidité grasse (gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière fraîche).....	40
Fig.12. Taux des cendres des deux types de farine.....	41
Fig.13. Teneur en lipides des deux types de farine.....	41
Fig.14. Quatre types de cookies formulés à base de farine de sorgho, de mil, de sorgho/mil et d'amidon de maïs.....	42
Fig.15. Teneurs en eau, en cendre et en lipides des cookies préparés à base de différentes combinaisons d'amidon et de farines de sorgho et de mil.....	43
Fig.16. Résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base de farine de sorgho.....	45
Fig.17. Résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base de farine de mil.....	45
Fig.18. Résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base de farine de farine composée.....	46
Fig.19. Résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base d'amidon de maïs.....	46

Fig.20. Scores total des quatre types de cookies.....47

Fig.21. Résultats d'analyses sensorielles des quatre types de cookies chez les enfants.....48

Liste des tableaux

Tableau 1. Symptômes de la maladie cœliaque.....	05
Tableau 2 : Production des céréales par tonnes.....	09
Tableau 3. Composition des céréales (pour 100g de grain à 10% d'humidité).....	14
Tableau 4. Correspondances, taux d'extraction et couleur des farines.....	19
Tableau 5. Grains de sorgho et de mil.....	21
Tableau 6. Appareils utilisés dans l'expérimental.....	22
Tableau 7. Farine de sorgho et de mil.....	23
Tableau 8. Les températures de cuisson de chaque zone de four.....	34
Tableaux 9. Distribution des échantillons aux dégustateurs.....	35
Tableau 10. Taux d'impureté des grains de mil et sorgho.....	36
Tableau 11. Poids de mille grains des grains de sorgho et de mil.....	37
Tableau 12. Résultats de l'indice de chute dans les deux types de farine.....	38
Tableau 13. Moyennes et score total des notes attribuées aux cookies à base de farine de sorgho.....	44
Tableau 14. Score des critères d'évaluation des quatre types de cookies.....	47
Tableau 15. Appréciation des quatre types de biscuit par les enfants qui suit un régime sans gluten.....	38

Introduction

Le gluten est un mélange complexe de protéines comprenant les gliadines et les gluténines dans le blé et des équivalents dans l'orge et le seigle, représentant 80% des protéines totales des grains. Cependant, les protéines de gluten ont également des impacts négatifs sur la santé de l'homme, en relation avec les allergies et les intolérances (**Rosell et al., 2013**).

Les pathologies associées au gluten ont augmenté ces dernières années dans le monde entier ; l'allergie alimentaire, qui touche 0,2% et 0,5% de la population mais a des implications cliniques majeures; la maladie cœliaque, qui est une maladie auto-immune causée par l'ingestion de gluten (entre 0,1% et 1,6%); et la sensibilité au gluten, affection récemment retrouvée due à l'intolérance au gluten. La sensibilité au gluten n'inclut pas la maladie cœliaque et l'allergie au blé (**Rosell et al., 2014**).

En conséquence, le marché des produits sans gluten augmente. Cependant Le développement de produits sans gluten à partir de céréales sans gluten demeure un défi pour les technologues en alimentation (**Mancebo et al., 2015**).

La nature offre une variété de céréales exemptes de toxicité pour les personnes intolérantes au gluten, notamment: le riz, le maïs, le sorgho, le millet, et le tef (**Rosell et al., 2014**). En Algérie, le sorgho est cultivé depuis longtemps dans les régions du sud, spécialement dans les oasis de l'extrême sud. Comme le mil, cette espèce utilisée à double fin dans ces régions, a joué un grand rôle dans l'alimentation humaine et animale (**Rahal et al., 2013**).

La particularité de ces deux céréales réside dans leur croissance dans un écosystème hyperaride où la température de maturité est très élevée atteignant une moyenne mensuelle de 45,2 ° C. Ils sont également connus pour leur forte résistance à la sécheresse et la capacité de croissance en utilisant des engrais agricoles à faible apport (**Boudries et al., 2009 ; Amanda et al., 2018**).

Le sorgho et le mil ont contribué fortement à la sécurité alimentaire aux côtés du blé et de l'orge au sud algérien (**Rahal et al., 2013**) avec une production en 2016 de 8935 tonnes (**FAO 2016**).

En plus de servir de source de macro et de micronutriments, semblables aux autres principales céréales du monde, les mils et le sorgho sont riches en composés phytochimiques bioactifs qui présentent une activité anti-oxydante, en particulier en composés phénoliques. De plus qu'ils sont sans gluten. (**Shahidi et Chandrasekara, 2013; Jafari et al., 2017**)

Ces grains peuvent être utilisés soit comme matière première de base, soit comme adjuvants améliorant la texture, les attributs sensoriels et la valeur nutritionnelle (**Srichuwong et al., 2017**).

Dans cette optique notre travail a pour but de produire un biscuit sans gluten et diététique, en utilisant des céréales locales à savoir le sorgho et les mils, et tester leur acceptabilité par un jury de dégustateurs et par des enfants intolérants au gluten.

Pour atteindre cet objectif, notre travail a porté sur ;

- la caractérisation de la qualité des grains de mil et de sorgho utilisés;
- La formulation d'un biscuit de type cookies à base de ces deux céréales ;
- La caractérisation de la qualité des cookies par ;
 - Les analyses physico-chimiques
 - Les analyses sensorielles par deux catégories de panels : un jury de dégustation adulte et consommateurs enfants intolérants au gluten, d'une tranche d'âge de 8-10 ans.

I. lieux de stage

La durée de stage était de trois mois ;

- Les analyses physico-chimiques et technologiques des farines ont été réalisés au niveau de :
 - Laboratoire d'autocontrôle du groupe BIMO, Baba Ali w. Alger (**Annexe 1**);
 - Laboratoire d'autocontrôle du groupe MOULA PATES, w. Blida (**Annexe 2**) ;
- L'essai de fabrication et analyses des biscuits sans gluten ont été réalisé au niveau de la biscuiterie BIMO.
- Les analyses sensorielles et les essais de dégustation ont été faits au niveau du département de biologie (université de Blida), et au niveau d'une classe spéciales d'enfants autistes sise à Douira w. Alger.

II. Matériel



II.1. Matériel biologique

Représenté par :

-Grains de variété locale de millet perlé, provenant de sud algériens, production de l'année 2018.

-Grains de sorgho, variété locale de sorgho blanc provenant de la région d'Ain Salah, production de l'année 2015, et ayant été stockés au réfrigérateur à 4°C.

Tableau 5. Grains de sorgho et de mil.

Grains de sorgho	Grains de mil
	

II.2. Matériel non biologique

En plus de petit matériel (Micropipette, Burette, Tube de centrifugeuse, Creuset, Fiole, Agitateur magnétique chauffant, Bécher, Entonnoir, Tube à essais, Spatule, Pipette, Ampoule,...), nous avons utilisé les appareils cités dans le **tableau 6**

Tableau 6. Appareils utilisés dans l'expérimental.

Appareils (annexe 3)	Marque
Balance électrique	RAGADW
pH mètre	HANNA
Four à moufle	TECNOVETRO
Humidimètre	OHAUS
Appareil de SOXHLET	FU
Dessiccateur	-
Broyeur	STAR TECHNO
Etuve	HERAEUS
Felling number	PERTEN
Plansichter	-
Centrifugeuse	CMA Métrologie
Pétrin	KENWOODKM 300

III. Méthodes

III.1. Echantillonnage

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui consistent à prendre d'un lot initial, un échantillon à analyser au laboratoire. Il a été réalisé selon la Norme Algérienne 730/1990 à partir des échantillons prélevés suivant la méthode d'écrite ci-après:

III.1.1 Grains

Pour obtenir un échantillon représentatif de grains nous avons réalisé un échantillonnage par quadrillage.



Le prélèvement de sorgho et de millet perlé a été effectué directement sur une quantité de 2 kg pour le sorgho et de 3 kg pour le millet perlé qui nous a été fournie dans une boîte en plastique. Dans cette méthode, la quantité de grains prélevée est mélangée manuellement dans un plateau rectangulaire en plastique dès leur arrivé au laboratoire. Nous avons procédé ensuite à une division sur toute la surface du plateau par quadrillage pour pouvoir prendre de chaque petit carré une quantité de grains afin de constituer un échantillon représentatif.

III.1.2. Farines

Pour obtenir la farine de sorgho et de millet perlé, les grains ont subit les opérations suivantes:

- **Triage** : les grains subissent un triage manuel dans le but d'éliminer les impuretés.
- **Broyage** : Cette opération a pour but la séparation de la fraction utilisable. Le tamisage est réalisé à l'aide d'un tamis d'ouverture de mailles de 200 μm , dont le passant constitue la farine (FAO, 1996). Cette fraction est utilisée dans les analyses et dans la fabrication du biscuit
- **Conditionnement** : les farines sont récupérées dans des bocaux hermétique en verre à une température de +4°C à fin de préserver les caractéristiques initiales.

Tableau 7. Farine de sorgho et de mil.

Farine de sorgho	Farine de mil
	

III.2. Qualité des grains

III.2.1. Poids de mille grains

La détermination la masse de 1000 grains est réalisée selon la Norme Algérienne **NA.730.1991.E, ISO 520**.

Ce critère est en fonction de la variété et les conditions de culture. En manière d'agrégé, il peut être utile d'en faire la détermination sur différentes parties d'un lot pour vérifier l'homogénéité.

Objet

La détermination de ce critère permet d'avoir une idée sur les conditions de culture des grains et les rendements en farines.

Principe

Il repose sur le comptage du nombre de graines entiers et leur pesée.

Mode opératoire

1000 grains comptés manuellement à partir du lot de grains échantillonné. Ils sont ensuite pesés à 0,01g près à l'aide d'une balance de précision.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés par rapport à la matière sèche:

$$\text{PMG} = (P (100 H))/100$$

H: teneur en eau des grains.

P: masse en g de 1000 grains entiers.

III.2.2. Taux d'impuretés

Le taux d'impuretés est évalué sur la base d'une méthode normalisée qui porte la référence **NA.2739.1999**.

Définition

Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés conventionnellement comme indésirable dans l'échantillon, elles sont constituées de grains de l'espèce cassé, attiré ou attaqués par des prédateurs, de grains étrangers à l'espèce analysée et d'élément d'origine organique et non organique.

Mode opératoire

100g environ de grains échantillonné sont pesés à l'aide d'une balance de précision.

Un tamisage de l'échantillon est réalisé à travers des mailles de 2mm. Pour extraire les différentes catégories d'impuretés qui seront ensuite pesées, un triage manuel de toutes les impuretés est effectué après examen visuel des deux fractions de l'échantillon.

Expression des résultats

Le pourcentage A, d'une des catégories d'impuretés identifiées s'obtient ainsi:

$$A = (M_1 \times 100) / M_0$$

m_1 : la masse de la catégorie d'impuretés.

m_0 : la masse de la prise d'essai.

III.3. Analyses technologique des farines**III.3.1. Indice de chute****Définition**

L'Indice de chute – Falling Number mesure l'activité des alpha-amylases dans les grains, les farines et d'autres produits à base d'amidon. L'indice de chute se définit par la durée, en secondes, requise pour mélanger et permettre à l'agitateur d'un viscosimètre de tomber d'une distance déterminée à travers un gel de farine aqueuse et chaude en cours de liquéfaction. La méthode de l'indice de chute (IC) selon Hagberg-Perten est la méthode standardisée et reconnue à l'échelle internationale pour la détermination du niveau d'activité a-amylasique des céréales.

Méthodes approuvée : **AACC n°56-81.03, ICC n°107/1, ISO n°3093 et ASBC.**

L'indice de chute (IC) représente le paramètre commercial établi pour la détection de grains germés.

Principe

L'indice de chute-Falling Number utilise l'amidon contenu dans l'échantillon comme substrat. Elle repose sur la gélatinisation rapide d'une suspension de farine au bain marie et la mesure consécutive de la liquéfaction de l'amidon par l'alpha-amylase.

Mode opératoire

- 7,0 ± 0,05 g de farine blanche ou de farine complète est pesés et placé dans un tube viscosimètre. La quantité de farine doit être corrigée selon sa teneur en eau réelle
- 25 ± 0,2 ml d'eau distillée sont ajoutés au tube. Mélangez l'échantillon et l'eau en secouant vigoureusement le tube jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène.
- Le tube contenant l'agitateur est placé au bain marie; après 5 secondes de la mise en marche de l'appareil, le mélange débute automatiquement.
- l'agitateur est automatiquement replacé dans sa position initiale au bout de 60 (5+55) secondes et est autorisé à tomber sous l'effet de son propre poids.

Lecture : La durée totale en secondes entre le démarrage de l'appareil et la chute de l'agitateur à une certaine distance est sauvegardée par l'appareil.

III.3.2. Taux d'affleurement (granulométrie)

La détermination de taux d'affleurement est réalisée selon la norme **NFV 03.712.JUIN 1994**.

Définition

On appelle taux d'affleurement la quantité de farine ou semoule extraite ou refusée par un tamis dont l'ouverture de maille est choisie en fonction de la finesse du produit à considérer.

Principe

La détermination de taux d'affleurement est réalisée à l'aide d'un plansichter possédant un tamis 7xx.

Mode opératoire

- Introduire 100g de farine dans un tamis (disposé de 2 ou 3 boules de caoutchouc qui assurent le nettoyage des garnitures et le diagramme de la surface de blutage), puis le placer sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniforme pendant 10 min à une amplitude de 60.
- Peser le refus de chaque tamis.

Expression de résultats

Les refus obtenus sont pesés et les résultats sont exprimés en pourcentage.

$$\text{Taux d'affleurement (\%)} = (m_0/m_1).100$$

Avec :

m₀ : masse de refus (g) ;

m₁ : masse de l'échantillon (g).

Le passage de farine doit être total à travers le tamis (norme interne de l'entreprise).

III.4. Analyses physico-chimiques

III.4.1. pH

Le potentiel hydrogène est déterminé par la méthode de référence (**NFV05-108 de Juillet 1970**). La méthode est applicable aux liquides, épais congelés ou non et au produits secs après dilution appropriée.

Mode opératoire

- Etalonner le pH-mètre avec deux solutions au moins (acide et base)
- Placer 5g d'échantillon broyé (farine ou biscuit) convenablement dans un bécher et compléter le volume à 50 ml avec d'eau distillée, puis mélanger bien la solution pour qu'elle soit homogène et la filtre
- Plonger l'électrode dans le filtre.

Lecture : Lire directement le résultat sur le cadre du pH-mètre

III.4.2. Teneur en eau

Elle est effectuée selon la méthode normalisée en Algérie, **NA/1133/1990**.

Principe

La méthode de référence pratique consiste en un étuvage à pression atmosphérique, à une température de 130-133°C, dans des conditions opératoires définies, la perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit (farine).

Mode opératoire

-Prise d'essai : avant d'effectuer le prélèvement sur l'échantillon de laboratoire, il est nécessaire de bien homogénéiser ce dernier.

-Peser à 1mg près une quantité de 5g de farine dans la capsule préalablement séchée et tarée, couvercle compris.

-Les capsules doivent être manipulées à l'aide d'une pince.

-Déshydratation : introduire les capsules prises de l'essai (couvercle compris) dans l'étuve une fois la température de 130°C est atteinte, laisser les capsules durant 2 heures.

-Une fois le temps de l'étuvage écoulé, retirer les capsules de l'étuve rapidement et les laisser refroidir dans le dessiccateur (40 à 45min).

- Peser les capsules quand ils atteignent la température du laboratoire.

Expression des résultats

La teneur en eau peut être évaluée par la formule suivante :

$$\text{Teneur en eau} = (m_0 + m_1) - m_2 / m_1 \times$$

Avec :

m₀ : la masse en gramme de la capsule et son couvercle vide ;

m₁ : la prise d'essai avant séchage ;

m₂ : la masse en gramme de la capsule et son couvercle plus la prise d'essai après séchage.

III.4.3. Acidité grasse

La méthode utilisée porte la référence suivante : **NA 1.1.82.1990**

-Principe

La mesure repose sur un dosage colorimétrique. Les acides gras libres sont mis en solution dans l'éthanol à 95%. Après centrifugation, le surnageant est titré par l'hydroxyde de sodium.

-Mode opératoire

• **Extraction de l'acidité**

• Introduire dans 4 tubes 2.5g de produit, ajouté 15 ml d'alcool à 95%, fermez les tubes hermétiquement et agiter où mécaniquement durant 20 minutes. Après verser chaque deux tube dans un godet, il faut veiller ce que l'extraction se fasse à une température voisine de 20°C.

Procéder à deux centrifugations successive deux minutes chacune à une vitesse de 5000 à 6000 tours/mn. Les deux centrifugations sont bien plus efficaces qu'une seule de plans longue durée et permettant d'éliminer entre les deux séparations les produits déposés sur les long des parois.

• **Titration**

- Prélever sur le liquide surnageant 20 ml d'extrait éthanolique et le verser dans un erlenmeyer
- Ajouter 5 gouttes de phénolphthaléine.
- Titrer la solution par l'hydroxyde de sodium N/20
- On arrête le titrage lorsque la coloration vire ou rose pale.

Soit (v) le volume nécessaire pour le titrage.

• **Essai à blanc**

- Introduire 20 ml d'éthanol utilisé par l'extraction de l'acidité des produits dans un erlenmeyer
- Ajouter 5 gouttes de phénolphthaléine
- Titrer l'acidité comme précédemment.

Soit (v1) volume de NaOH nécessaire.

-Expression des résultats

L'acidité grasse est exprimée en gramme d'hydroxyde de potassium par 100g de matière sèche ou en gramme de sodium par 100g de matière sèche.

L'acidité grasse est donnée par la formule suivante :

$$\text{Acidité grasse} = 7,35 \times (v-v_1) \times T/M$$

Avec :

V : volume de NaOH (ml) de l'échantillon ;

V₁ : volume de NaOH (ml) de l'essai à blanc ;

T : normalité (0.05) ;

M : matière sèche (100g / humidité).

III.4.4 Taux de cendres

Le taux e cendres est déterminé selon la norme **NA/732/1991** qui est en concordance technique avec la norme française **NE.11.28.1985**.

-Principe

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C (céréales et produits de mouture) jusqu'à combustion complète de la matière organique. La teneur en cendre est déterminée par la pesée du résidu.

-Mode opératoire

- peser à 1mg près environ 5g de la farine dans une nacelle tarée dans laquelle on peut ajouter 1 à 2ml d'éthanol.
- On place les nacelles et leur contenu à l'entrée du four sur la porte de four jusqu'à ce que la matière s'enflamme, s'assurer que la combustion n'est pas trop rapide, de façon à éviter la perte par projection de particule solides de substance.
- Incinération : placer les nacelles dans le four à 900°C jusqu'à la disparation des particules charbonneuses qui peuvent être incluse dans le résidu, en général le temps d'incinération est de une heure et demie (ou 2heures).
- Retirer la nacelle du four et l'à mettre à refroidir dans un dessiccateur jusqu'à température ambiante (au bout de 30 min).

-Expression des résultats

Le taux de cendre exprimé en pourcentage en masse est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendre (\%)} = m_1(100/m_0.(100/[100-h]))$$

Avec :

m₀ : La masse en gramme de la prise d'essai ;

m₁ : La masse en gramme du résidu ;

H : La teneur en eau, exprimé en pourcentage, en masse de l'échantillon.

III.4.5. Lipides totaux**Principe**

La détermination de la teneur en lipides totaux consiste à :

- l'extraction de la matière grasse par de l'hexane réalisée dans un appareil d'extraction de type SOHXLET pendant 5 heures ;
- l'élimination de l'hexane par séchage de l'extrait lipidique dans une étuve de marque « Mamert ».

Expression de résultats

La teneur en lipides en g pour 100f de produit sec est calculée par la formule suivante

$$\text{Taux de lipides (\%)} = m. (100/pe). [100 / (100-H)]$$

Avec :

- **m** : masse en g du résidu lipidique ;
- **Pe** : masse en g de la prise d'essai ;
- **H** : teneur en eau de l'échantillon en % de la masse humide.

III.5. Formulation d'un biscuit sans gluten

III.5.1. Composition et préparation de biscuits

La fabrication du biscuit (sans gluten) à base de farines de sorgho et/ou de mil a été réalisée suivant la même formule, fournie par la biscuiterie BIMO.

a- Proportions des farines

Quatre formules de biscuits ont été préparées :

- B1 : cookies formulés à base de farine de sorgho (60%) et d'amidon de maïs (40%) ;
- B2 : cookies formulés à base de farine de millet perlé (60%) et d'amidon de maïs (40%) ;
- B3 : cookies formulés à base de farine composite (30% de farine de sorgho, 30% de farine de millet perlé et 40% d'amidon de maïs) ;
- B4 : cookies formulé à base d'amidon de maïs (100%).

b- Formule

mélange farine/amidon de maïs (34%), matière grasse (14%), sucre en poudre (22,4%), poudre de cacao (2%), dextrose (1,2%), Bicarbonates de sodium (0,3%), pyrophosphate (0,2%), Bicarbonates d'ammonium (0,24%), lait en poudre 26 (2%), jaune d'œuf (1,6%), sel (0,4%), arôme (0,16%), pépites de chocolats (12%) et l'eau (9,2%) ont été utilisés pour la préparation de biscuits.

*Les ingrédients ont été fournis par la biscuiterie BIMO.

** Toutes les formulations ont été préparées en utilisant les mêmes quantités d'ingrédients.

c- Etapes de préparations

La préparation des cookies est passée par plusieurs étapes selon le diagramme présenté dans la **figure (5)**.

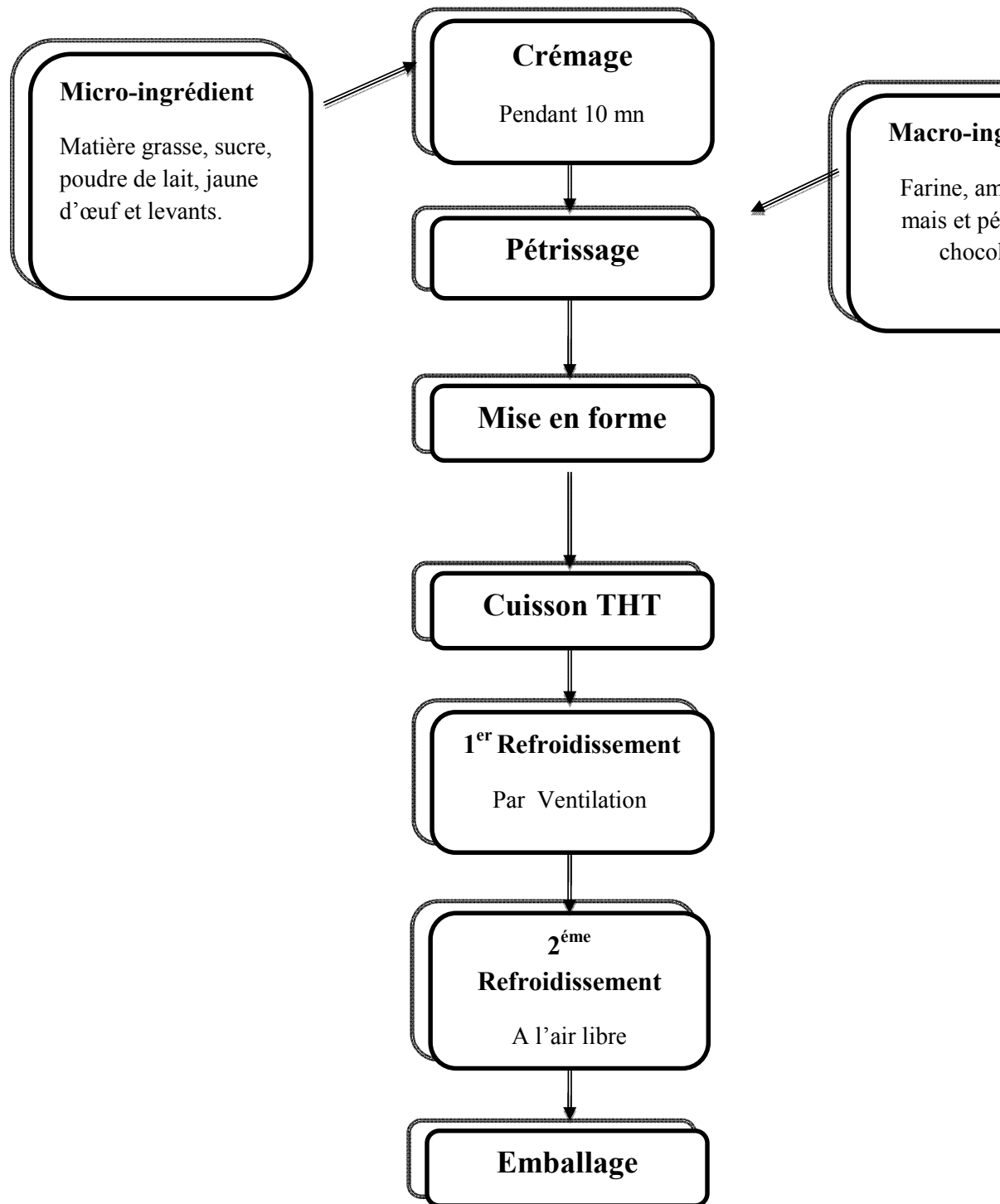


Fig.3. diagramme de fabrication de biscuit sans gluten (originale).

- Entreposage et pétrissage des matières premières

Le mélange et le pétrissage, ont été effectués au niveau du laboratoire dans un pétrin automatique, de marque Kenwood m300, mené d'un bol de pétrissage de type KENLYTE et d'une capacité de 3,8 L.

Les ingrédients mineurs ont été ajoutés et mélangés à vitesse moyenne pendant 3 minutes à vitesse moyenne, puis les ingrédients majeurs ont été ajoutés et mis en écrémage pendant 10mn à vitesse élevée.



Fig.4. mélange et pétrissage des matières premières.

- Mise en forme des pâtes

La mise en forme des cookies sans gluten s'est effectuée manuellement au niveau de laboratoire. Chaque élaboration de biscuits différents était effectuée plusieurs fois.



Fig.5. cookies formés et mis en repos (pendant une durée de 5mn) couverts avec un papier film.

-Cuisson

La cuisson des cookies sans gluten a été réalisée dans l'unité de production des cookies, dans un four à une longueur de 40m, composé de trois zones, dont chaque zone est composée de deux étages chauffés à températures différentes **(annexe 3) (tableau 8)**.

Le temps moyen de cuisson est fixé à 9 minutes approximativement par appréciation de la couleur de surface des biscuits.

Tableau 8. Les températures de cuisson de chaque zone de four.

Zone 1	°C supérieure	111°C
	°C inférieur	119°C
Zone 2	°C supérieur	206°C
	°C inférieur	161°C
Zone 3	°C supérieur	208°C
	°C inférieur	157°C

Refroidissement et emballage:

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sans refroidis par des ventilateurs puis à l'air libre (température ambiante) pendant 10 minutes, ensuite ils sont emballés dans des barquettes hermétiques et enveloppées par un film en plastique pour être conservés (**annexe 3**).

III.6. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle des biscuits a été faite par deux catégorie de dégustateurs ;

- panel de 10 personnes adultes enseignants spécialisés dans le secteur agroalimentaire, leurs moyenne d'âge est entre [25–35] ans. La dégustation à été réalisée selon une distribution aléatoire de produit (les quatre cookies), selon un mode de distribution aléatoire (**tableau 7**). Chaque juge donne une note entre 0 et 10 pour chaque produit.
- Panel de 10 enfants qui suivent un régime sans gluten, leurs moyenne d'âge est entre [8-10] ans. Après dégustation de chaque produit ; l'enfant estime ce dernier comme bon ou mauvais.

Ils ont dégusté les quatre cookies et juger la qualité organoleptique de produit à savoir l'aspect, le goût, l'arrière goût, l'odeur, la texture et la couleur.

Tableaux 9. Distribution des échantillons aux dégustateurs.

rang Juges	R 1	R 2	R 3	R 4
1	P 1	P 2	P 3	P 4
2	P 2	P 3	P 4	P 1
3	P 3	P 4	P 1	P 2
4	P 4	P 1	P 2	P 3
5	P 1	P 2	P 3	P 4
6	P 2	P 3	P 4	P 1
7	P 3	P 4	P 1	P 2
8	P 4	P 1	P 2	P 3
9	P 1	P 2	P 3	P 4
10	P2	P3	P4	P1

Avec :

P1 : cookies d'amidon de maïs ;

P2 : cookies de sorgho ;

P3 : cookies de mil ;

P4 : cookies de sorgho/mil.

II. Résultats et discussions

II.1. Qualité des grains

Les grains de sorgho sont des grains entiers ou décortiqués obtenus à partir de l'espèce *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

Les grains de millet perlé doivent être entiers ou décortiqués et éventuellement adéquatement séchés. Ils doivent présenter les caractéristiques de l'espèce *Pennisetum americanum* L.

Les résultats de taux d'impuretés et de poids de mille grains de sorgho et de millet sont représentés par les **tableaux 10 et 11**.

II.1.1 Taux d'impuretés

La présence d'impuretés dans un lot de grains a des incidences négatives sur la qualité des farines produites, c'est pourquoi le nettoyage doit être effectué avec beaucoup de soin (**Bar, 2001**).

Tableau 11. Taux d'impureté des grains de mil et sorgho.

	Désignation	Grains		Norme selon CODEX STAN 169- 1989/CODEX STAN 172-1989
		Sorgho	Mil	
Taux d'impureté	Prise d'essai (g)	500	500	-
	Grains sains (g)	99,1746	98,766	-
	Grains cassés (g)	0,82	1,04	< 3
	Matière inerte (poussière) (g)	0,054	0,194	< 3
	Total d'impureté (g)	0,874	1,234	≤ 12

- D'après les résultats le total d'impuretés pour les deux céréales (sorgho et mil) est Conforme à la norme ($\leq 12\%$). Les résultats montrent que ;
- Les impuretés se résument en grains cassés qui se trouve avec des taux faibles par rapport à la norme.
- Les grains de sorgho et de mil sont exempts de souillures, débris végétaux et débris animaux.
- une faible présence de grains étrangers, une catégorie qui comporte les grains nuisibles et toxiques, et les graines de mauvaises herbes. Ceci peut être dû aux bonnes conditions culturales (**Bar, 2001**).

II.1.2 Poids de mille grains

La détermination de ce critère permet d'avoir une idée sur les conditions de culture des grains et les rendements en farine.

Tableau 11. Poids de mille grains des grains de sorgho et de mil.

	PMG (g)	Norme selon CODEX STAN 172- 1989/CODEX STAN 169- 1989
Sorgho	28.3	3 à 70g
Mil	8,82	5 à 10 g

Le PMG de mil est élevé (8,82), ceci montre qu'il est de bonne qualité, et indique un bon rendement et des bonnes conditions de culture. Par contre, le sorgho présente un faible PMG égale à 28,3g mais qui n'est pas inférieure à la norme.

II.2. Analyse technologique

II.2.1 Taux d'affleurement

La distribution granulométrique d'une farine permet d'apprécier le comportement de celle-ci lors de l'hydratation (quantité d'eau absorbée et vitesse d'hydratation) (**Feillet, 2000**). Les résultats sont illustrés dans la **figure 8**.

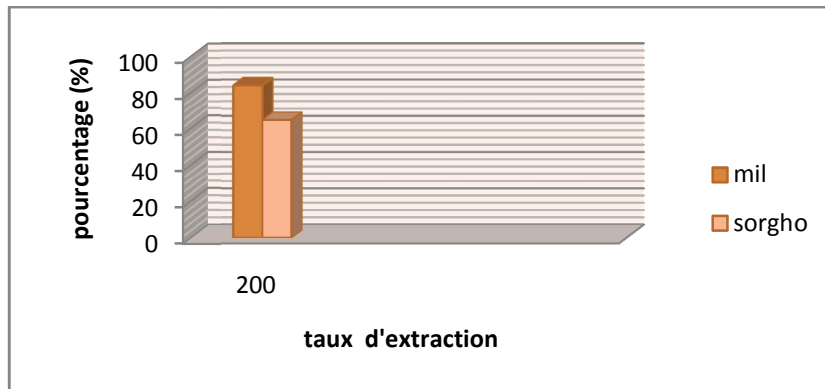


Fig.8. Granulométrie des farines de sorgho et de mil.

Les résultats obtenus sont acceptable parce que la mouture des grains a été faite dans un petit moulin à café est indiquent que :

- La farine de sorgho présente une granulométrie élevée (65%) à une ouverture de mailles de 200 μ c'est pratiquement le résultat obtenu par **(Rao et al 2015) avec** une granulométrie entre (180 et 251 mm) et qui a donné des biscuits de sorgho de qualité supérieure.

La farine de mil présente une bonne granulométrie avec un taux d'extraction de 84% au tamis dont l'ouverture de maille est de 200 μ .

L'analyse granulométrique permet de caractériser la répartition en taille et en pourcentage des particules composant une farine **(Matsuo, 1988)**.

II.2.2 Indice de chute

L'indice de chute de Hagberg mesure indirectement l'activité des amylases qui peut devenir excessive dans le cas de présence de grains germés ou en voie de germination.

Tableau 12. Résultats de l'indice de chute dans les deux types de farine.

Type de farine	Indice de chute (secondes)
Farine de sorgho	333
Farine de millet perlé	264

A la lecture des valeurs de ce tableau, on constate que l'indice de chute de la farine de sorgho est de 333 secondes, alors que celui de la farine de millet perlé est de 264 secondes.

La farine de sorgho présente un indice de chute très élevé 333 secondes ce qui signifie une très faible activité amylasique et c'est pareil pour la farine de mil.

I.3. Qualité des farines

II.3.1 pH

Les résultats de pH sont illustrés dans la figure 9.

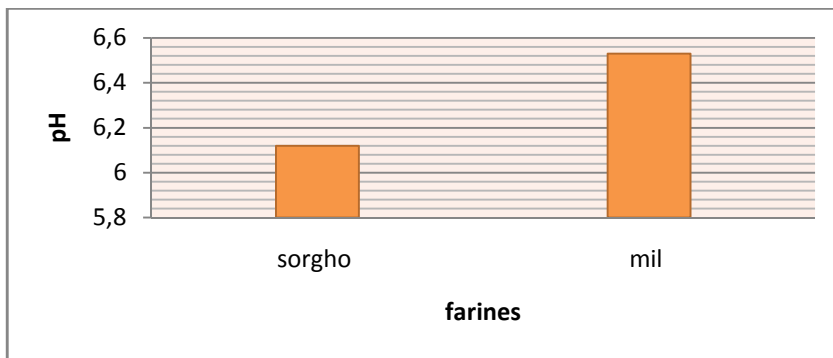


Fig.9. pH des deux types de farine.

La figure 9 montre que le pH de la farine de mil est de 6,53 ; et celui de la farine de sorgho est de 6,12, ce dernier est peut être considéré comme légèrement acide.

Le pH des deux types de farine est conforme à la norme **AFNOR (NFV05-108)** qui exige une valeur de pH proche à la neutralité.

II.3.2. Teneur en eau

Les résultats des teneurs en eau des deux types de farine sont illustrés par la **figure 10**.

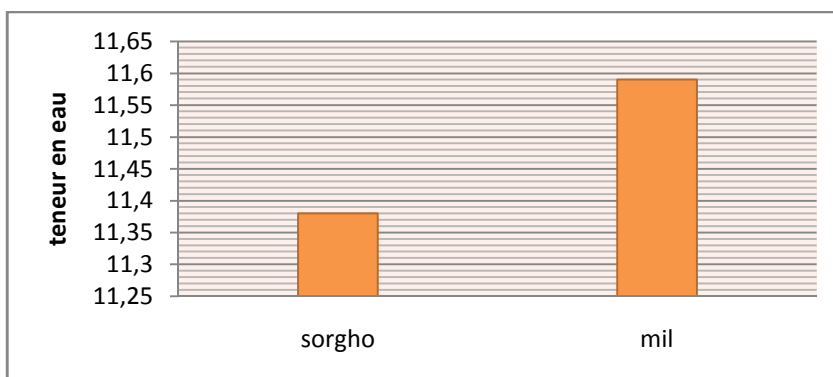


Fig.10. Teneur en eau des deux types de farines.

La figure montre que la teneur en eau de la farine de sorgho est de 11,38% alors que celle de la farine de mil est de 11,59%.

A partir de ces résultats, l'humidité de la farine de sorgho est nettement inférieure à celle (15%) fixée par le **CODEX STAN 173-1989** et de même pour la farine de mil qui a une humidité inférieure à la norme (13,5%) fixée par le **CODEX STAN 170-1989** et à la valeur (12,39 %) donnée par **OBADINA et al (2016)**.

Ces farines peuvent être stockées sans risque d'altération majeure (**Chene, 2001**).

II.3.3 Acidité grasse

Les résultats de l'acidité grasse sont représentés sur la **figure 11**.

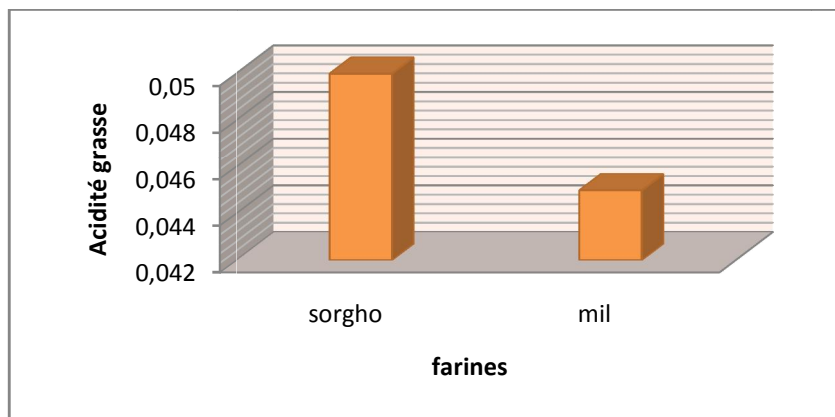


Fig.11. Acidité grasse (gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière fraîche).

L'acidité grasse est un bon indicateur de l'état de conservation des grains et des farines et aussi du bon dégermage (**Godon et Willm, 1998**).

La figure montre que l'acidité grasse de farine de sorgho est égale à 0,05 et celle de farine de mil est égale à 0,045.

Ces résultats sont conformes à la norme algérienne (**NA : 1182/1990**) qui rapporte une teneur comprise entre 0,04 à 0,05% MF pour une farine biscuitière

II.3.4 Cendres

La teneur en cendres de la farine de sorgho et de mil est représentée sur la **figure 12**.

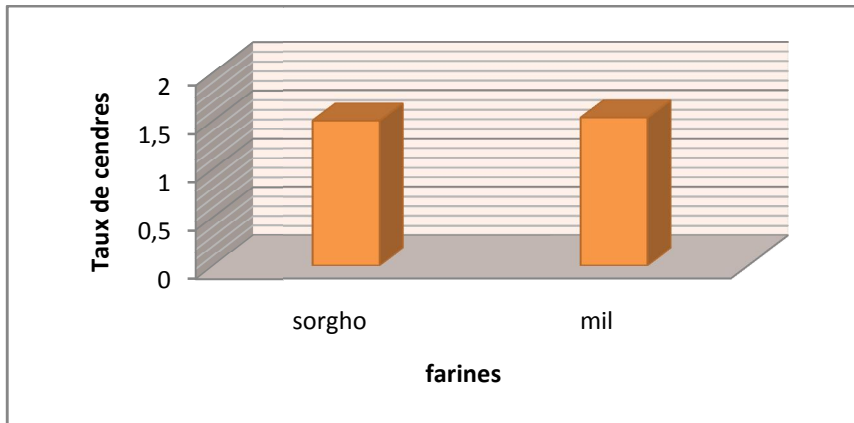


Fig.12.Taux des cendres des deux types de farine.

La teneur en cendres est un indicateur de la pureté d'une farine. Elle est en relation avec son taux d'extraction et la minéralisation des grains mis en mouture. Elle définit en outre les types commerciaux de la farine (**Godon, 1978 ; Colas, 1998 ; Feillet, 2000**).

Selon les résultats de la figure 12 nous constatons que le sorgho et le mil sont riches en minéraux avec une teneur de 1,5 % et 1,53% respectivement.

Le taux de cendres est excessivement élevé dans la farine du mil par rapport à la norme de **CODEX STAN 170-1989** qui exige une fourchette de 0,8 à 1%, mais il reste inférieur par rapport à la valeur (1,68%) rapportée par **OBADINA et al (2016)** dans leurs études. Tandis que celui de sorgho présente la limite maximale de l'intervalle (0,9-1,5%) fixé par le **CODEX STAN 173-1989**.

II.3.5. Lipides totaux

Les résultats de taux de lipides sont rapportés dans la **figure 13**.

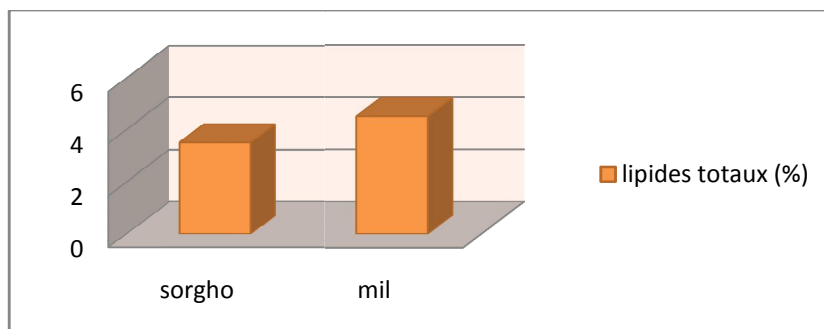


Fig.13.Teneur en lipides des deux types de farine.

D'après la figure 13, la teneur en lipides est de 3,5 pour la farine de sorgho, une valeur qui se range bien dans l'intervalle 3-4% cité par **Glew et al (1997)** et inférieure à 4% maximum fixé par le **Codex Standard 172-1989**.

La farine de mil est riche en matière grasse avec une teneur de 4,5 % qui ne dépasse pas 5% la valeur maximale fixée par le **CODEX STAN 170-1989**, tandis qu'elle est inférieure à celle (7,05%) donnée par **OBADINA et al (2016)**.

II.4 Qualité de biscuit

L'essai de fabrication a permis d'élaborer quatre types de cookies (**Fig.14**) à différents types de farines qui ont des propriétés physico-chimiques et organoleptiques différentes.

Cookies à base de farine de sorgho	Cookies à base de farine de mil	Cookies à base de farine de sorgho + farine de mil	Cookies à base d'amidon de maïs
			

Fig.14. 4 types de cookies formulés à base de farine de sorgho, de mil, de sorgho/mil et d'amidon de maïs.

II.4.1. Analyses physico-chimiques des produits finis

Les teneurs en eau, cendres, et lipides totaux des cookies sont présentées dans la **figure 15**.

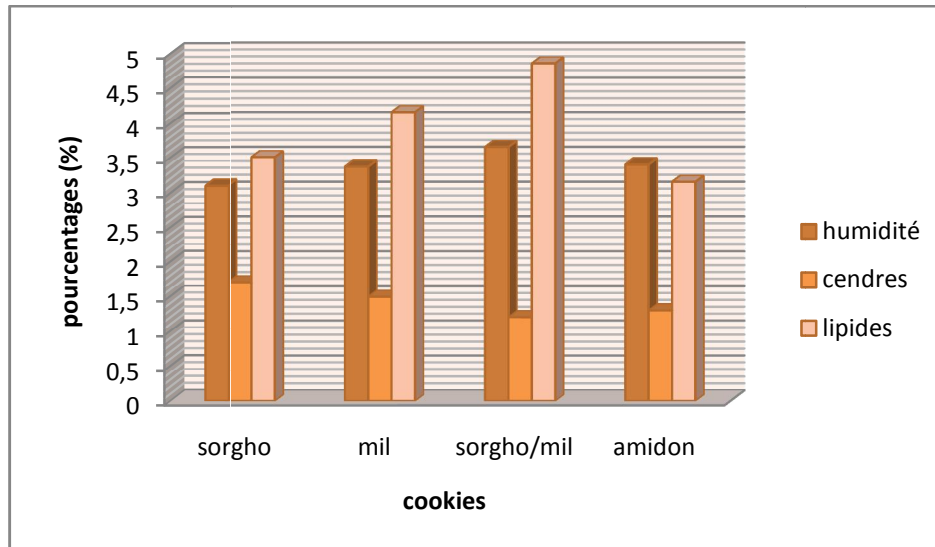


Fig.15. Teneurs en eau, en cendres et lipides des cookies préparés à base de différentes combinaisons d'amidon et de farines de sorgho et de mil.

Les cookies préparés à base de différentes combinaisons d'amidon et de farines de sorgho et de mil ont montré des teneurs de lipides qui varient entre 19 et 21,5% (**fig.15**). La teneur maximale a été enregistrée dans les cookies à base de farine de sorgho et de mil.

Ces valeurs sont équivalentes à celles rapportées par **Rai et al. (2014)** qui ont montré que des biscuits de plusieurs combinaison de céréales sans gluten (sorgho, riz, mil) avaient une teneur maximale en lipides équivalente à 19,2% et Les taux de cendres oscillent entre 1,2 et de 1,7% (**fig.15**). Ces taux élevés correspondent à ceux observés dans les farines de base (**fig.12**). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **Rai et al., (2014)** Ces écarts observés entre le taux de cendres des différents cookies est probablement due à la réaction de Maillard. Selon **Delgado-Andrade (2011)** la réaction de Maillard peut engendrer la formation de complexe et la désintégration des composés, ce qui augmente la disponibilité et la solubilité des minéraux. Il semble que l'intensité de ses réactions a diminuée dans les biscuits à de mélange sorgho/mil. Il a été également rapporté l'augmentation du taux de cendre après cuisson (**Adebiyi 2016**) dans des biscuits à base de mil.

II.4.2 Analyses sensorielles

Les propriétés organoleptiques des biscuits ont été effectuées par des analyses sensorielles. L'évaluation sensorielle est importante dans le développement et l'évaluation des nouveaux produits.

II.4.2.1 Appréciation de biscuit par les adultes

Les résultats d'analyse sensorielle sont présentés dans le tableau 13 et les figures (16, 17, 18,19)

- Cookies à base de farine de sorgho

Tableau 13. Moyennes et score total des notes attribuées aux cookies à base de farine de sorgho.

Critères dégustateurs	Aspect	Intensité de couleur	Odeur	Goût	Texture	Arrière goût
D1	8	8	4	8	7,5	10
D2	8	9	7	9	9	9
D3	8	8,5	7	7	7,5	7,5
D4	7	5	8	8	8	5
D5	7	8	7	8	8	7
D6	7	4	9	5	4	4
D7	9	9	9	8	9	8
D8	7	7	8	8	8	6
D9	6	5	7	7	6	5
D 10	7	8	6	8	7	8
Moyennes	7,4	7,15	7,2	7,4	7,4	6,94
Score total	43,49					

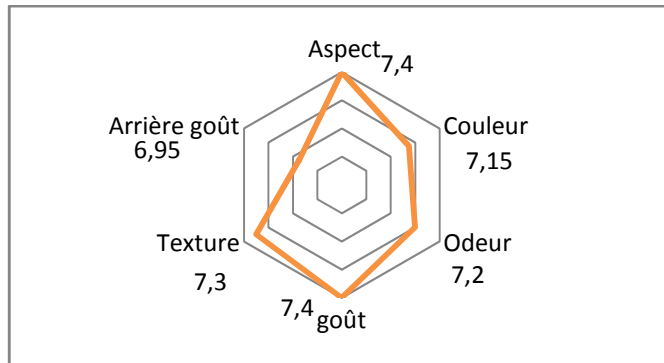


Fig.16. Résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base de farine de sorgho.

- Il ressort de la **figure 16** que le goût, l'aspect, la texture, la couleur et l'odeur ont été jugés très bonnes avec des moyennes variant entre 7,15 et 7,4.
- Les cookies sont déficitaires par rapport à l'arrière goût (6,95).
- Les dégustateurs ont déclarés ressenti un arrière goût astringent et des grains insolubles dans la bouche, ceci est préalablement dû en premier, à la granulométrie de la farine de sorgho qui n'est pas assez fine comme celle de la farine de blé, et en second à l'amertume de la poudre de cacao ajoutée, ce qui à accentué la astringences de sorgho.
- **Cookies à base de farine de mil**

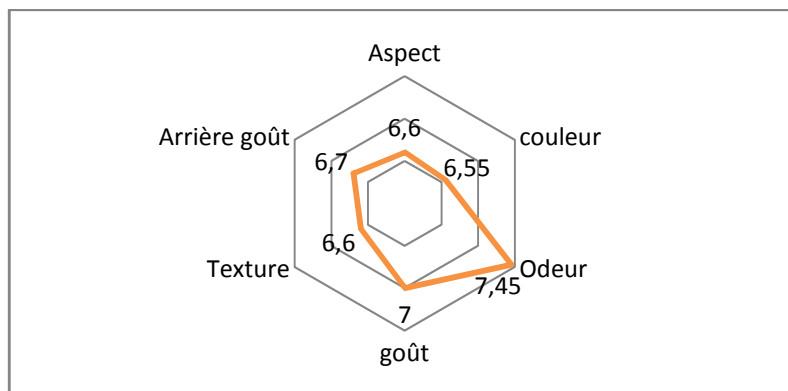


Fig.17. Résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base de farine de mil.

Les jurys de dégustation ont jugée une très bonne odeur de biscuit avec une moyenne attribuée de 7,45.

Le paramètre de goût, texture, couleur et arrière goût a été jugée bon avec une moyenne de 7 ; 6,6 ; 6,55 et 6,7 respectivement.

Ce biscuit à été jugé trop salé par les dégustateurs, cette salinité est normalement due aux fausses mesures de pesée de bicarbonates de sodium et d'ammonium lors de mélange des ingrédients sont probablement due au nom familiarisation du mil par les dégustateurs.

- **Cookies à base de farine composée (mil + sorgho)**

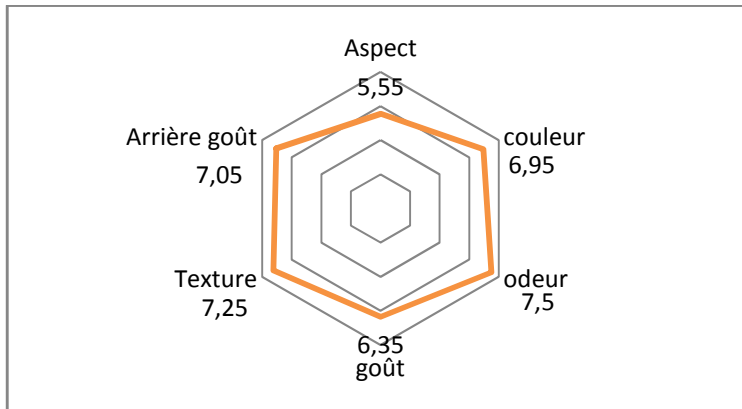


Fig.18. résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base de farine de farine composée.

D'après la figure tous les critères ont été jugés très bons sauf l'aspect.

- **Cookies à base d'amidon de maïs**

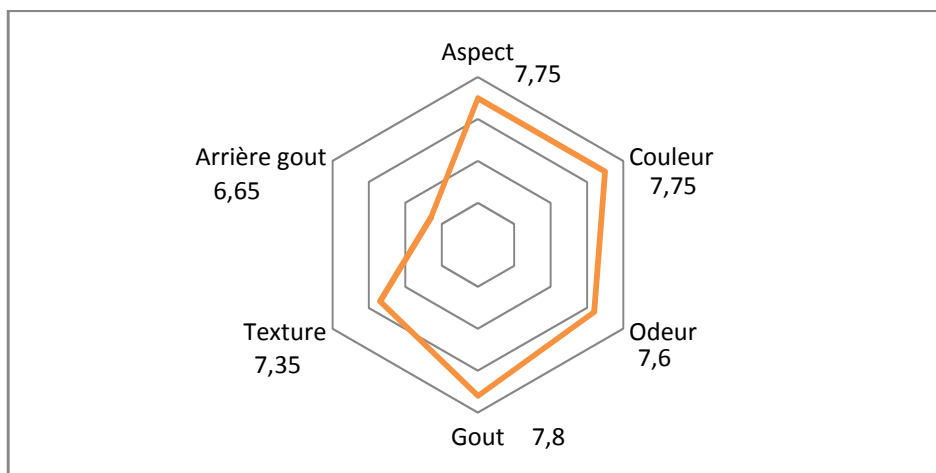


Fig.19. Résultats de l'évaluation sensorielle de cookies à base d'amidon de maïs.

Les résultats montrent une appréciation des critères d'évaluation de cet biscuit avec une moyenne allant de 7,35 à 7,8, sauf l'arrière goût qui à été jugé trop fort.

Choix de la meilleure formule

Les résultats de la comparaison entre les quatre types de cookies sont présentés dans le tableau 14 et la figure 20.

Tableau 14. Score des critères d'évaluation des quatre types de cookies.

Cookies	Sorgho	Mil	Sorgho/mil	Amidon de maïs
Scores totaux	43,49	40,9	40,65	45,9

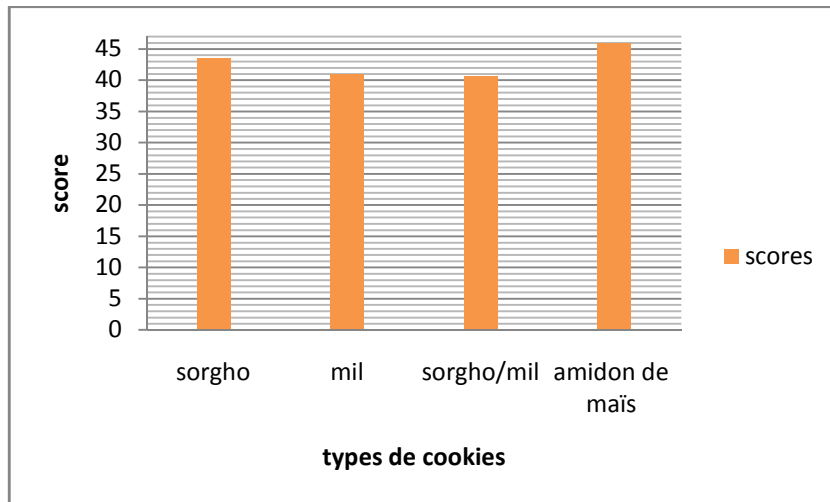


Fig.20. Scores total des quatre types de cookies.

- D'après les résultats de la figure 20 nous constatons que les cookies témoin à base de farine d'amidon ont le meilleur score (45,9).
- Les cookies à base de farine de sorgho ont été jugés excellents par rapport aux autres formules (43,49).
- Les cookies formulés à base de farine de mil et de farine composée (mil/sorgho) ont été jugés bons avec un score de 40,65 et 40,9 respectivement.

D'après les résultats précédents, il parait clairement que la formulation de biscuit sans gluten à base de farine de sorgho a les meilleurs caractéristiques (Aspect, Couleur, Odeur, Goût, et Texture), donc elle a été appréciée pour sa friabilité et moyennement pour son arrière goût. Des résultats similaires sont obtenus avec des farines composites à base de riz et légumes sec (fève et pois chiche) (Benkadri, 2010).

II.4.2.2. Appréciation de biscuit par les enfants

Tableau 15. Appréciation des quatre types de biscuit par les enfants qui suit un régime sans gluten

Biscuit \ Appréciation	B 1	B 2	B 3	B 4
Bon	3	9	8	10
Mauvais	7	1	2	0

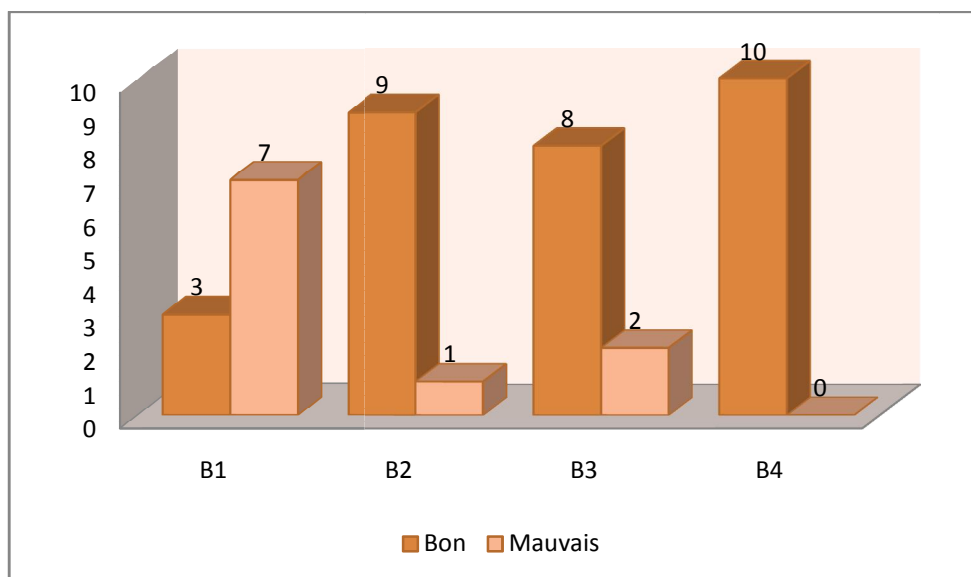


Fig.21. Résultats d’analyses sensorielles des quatre types de cookies chez les enfants.

Le B1 est jugé mauvais, est la majorité des enfants ne l’avaient pas apprécié.

Le B2 et B3 sont jugés bons et la majorité des enfants les ont appréciés.

Le B4 est jugé bon par la totalité des enfants dégustateurs.

Tenant compte des propriétés sensorielles analysées par les enfants intolérants au gluten, les cookies sans gluten à base de farine composée (sorgho + mil) présente la bonne appréciation.

I. PATHOLOGIES LIEES AU GLUTEN

Introduction

Les produits de blé sont des aliments de base importants dans le monde entier. Cependant, une petite partie de la population doit éviter les aliments contenant du blé en raison des réponses immunitaires nocives (**Moneret, 2006**).

Le blé est un des huit aliments reconnus responsables de la majorité des réactions allergiques alimentaires (**Bouteloup, 2016**).

La Farine de blé est, d'après les données du Cercle d'investigations cliniques et biologiques en allergologie alimentaire (CICBAA), le cinquième allergène le plus fréquent chez l'adulte (**Monert-Vautrain, 2006**).

Les manifestations digestives induites par la consommation de blé ou de gluten sont nombreuses, variées et parfois difficiles à différencier les unes des autres (**Saintot et al., 2017**).

I.1.Définition du gluten

Gluten est dérivé du mot latin qui signifié la colle en raison de ses propriétés viscoélastiques, le gluten est le matériau qui reste après le lavage de l'amidon et des composants hydrosolubles de la pâte de blé. Il se compose principalement d'un groupe de protéines appelées prolamines ; gliadines solubles et gluténines insolubles (**Naik et al., 2018**).

I.2.Céréales contenant du gluten

Le gluten se trouve naturellement dans le blé le seigle et l'orge, l'avoine pure est dépourvue de gluten mais sa transformation avec des grains contenant de gluten a incité de nombreuses personnes à éliminer l'avoine dans le cadre d'un régime sans gluten (**Naik et al., 2018**).

I.3.Nomenclature et classification des pathologies liées au gluten

Le gluten peut être responsable de nombreux tableaux cliniques aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte (**fig.1**) (**Sapone et al., 2012**).

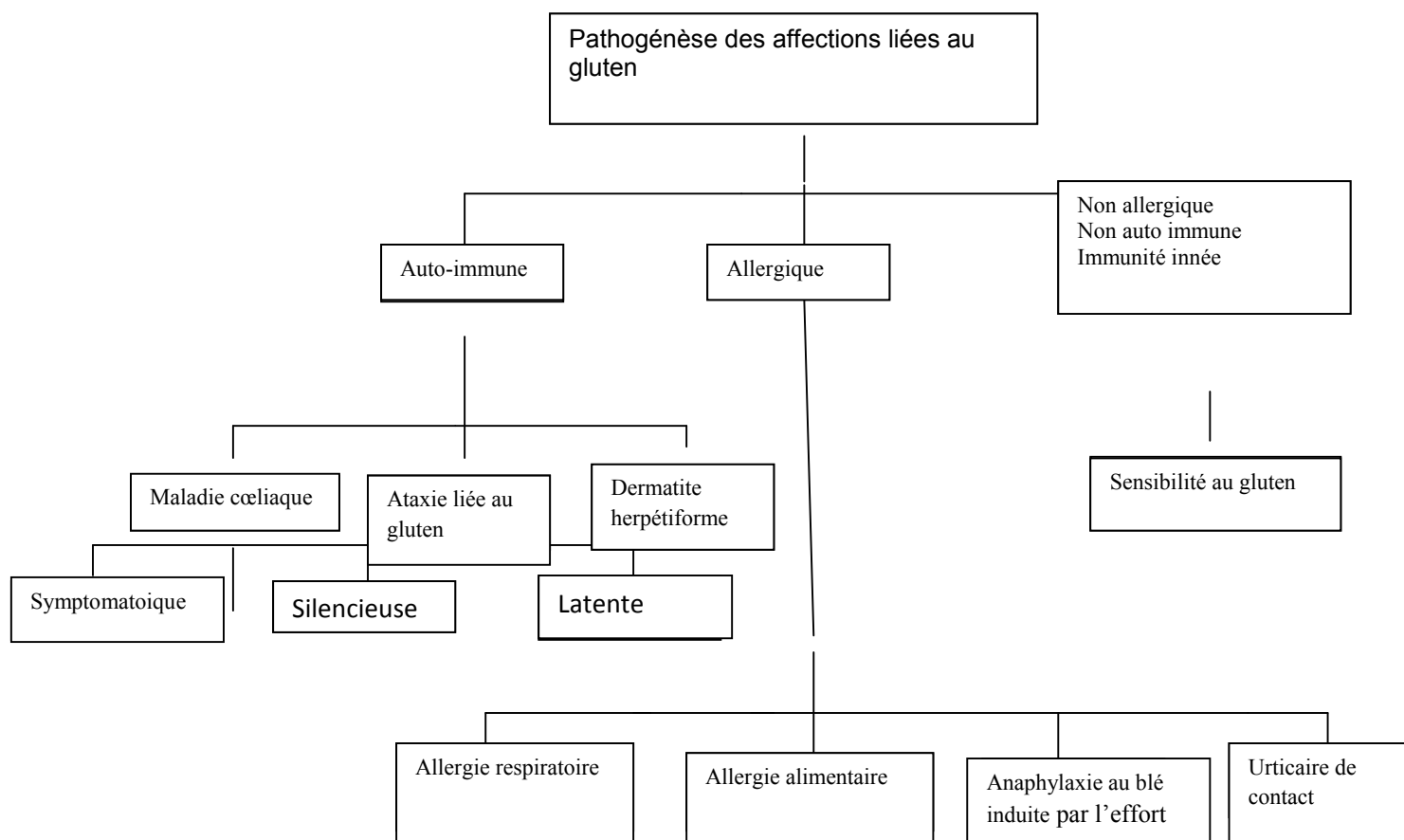


Fig.1.Affections liées au gluten (Sapone et al., 2012).

I.4. Maladie cœliaque

La maladie cœliaque (MC) est une entéropathie auto-immune déclenchée par le gluten alimentaire chez une population génétiquement prédisposée, elle affecte la lamina propria et l'épithélium de l'intestin grêle. La consommation de gluten déclenche la production d'anticorps et de cellules inflammatoires, résultant d'une réponse immunitaire anormale, qui endommage les minuscules protubérances en forme de doigts appelées «villosités» qui tapissent l'intestin grêle et facilitent l'absorption des nutriments par les aliments (Lebwohl et Sanders, 2017).

I.4.1. Symptômes

Les symptômes de la maladie cœliaque peuvent se produire à tout âge. Le nombre et la gravité des symptômes associés à la maladie cœliaque non traitée varient beaucoup d'une personne à l'autre. La présence d'obésité et ou de constipation n'excluent pas le diagnostique de la maladie cœliaque (tableau 1) (Mississauga et Ontario, 2006).

Tableau 1. Symptômes de la maladie cœliaque (**Naik et al, 2018**)

Typique	Atypique
diarrhée	Fatigue
Perte de poids	Constipation
Ballonnements	Dyspepsie
Douleur abdominale	Anémie
	carences en vitamines
	Ostéoporose
	Dermatite herpétiforme
	Stomatite aphteuse récidivante
	Hépatite
	Hypoplasie de l'émail dentaire
	Infertilité
	Neuropathie
	Hyposplénisme
	Puberté retardée

I.4.2 Epidémiologie

La prévalence mondiale combinée de la maladie cœliaque était de 1,4%, les valeurs de prévalence de la maladie cœliaque étaient de 0,4% en Amérique du Sud, de 0,5% en Afrique et en Amérique du Nord, de 0,6% en Asie et de 0,8% en Europe et en Océanie (**Batuu 2017**). Elle varie selon le sexe, l'âge et l'emplacement (**Prashant et al, 2018**).

La prévalence a longtemps été sous-estimée en raison des formes silencieuses, paucisymptomatiques ou atypiques qui sont actuellement les formes les plus fréquentes (**Bouteloup, 2016**).

En Algérie, les études actuelles de l'ampleur de la maladie sont très peu. En 2003 d'ans l'est Algérien, a été estimé à 1,4% à Guelma, 1,7% à Mila, et 0,88% à Khenchela ; la prévalence moyenne calculée sur les trois villes est au moins 1,33% **Benatallah (2009)**.

I.5.Sensibilité au gluten non cœliaque

En dehors de l'allergie au blé et de la maladie cœliaque, il existe des cas de réaction au gluten pour lesquels ni les mécanismes allergiques ni les mécanismes auto-immunes sont impliqués **(Sapone et al, 2012)**.

Ce nouveau syndrome a été désigné sous le terme « non celiac gluten sensitivity », en français « sensibilité au gluten non cœliaque» ou « gluten sensitivity», et il a été inclus dans la nouvelle liste publiée en 2012 dans les affections Liées aux troubles liés au gluten. **(Molkhou, 2016)**.

La définition retenue par les experts est la suivante : «Entité clinique au cours de laquelle l'ingestion de gluten entraîne des symptômes digestifs et/ou extradiigestifs et qui régressent sous régime sans gluten, après élimination d'une allergie au blé et d'une maladie cœliaque» **(Bouteloup, 2016)**.

I.5.1. Épidémiologie

La prévalence de la sensibilité au gluten non cœliaque est actuellement inconnue; Cependant, elle est estimée entre 0,6 et 6%, elle touche en majorité les femmes avec une sex-ratio H/F : 1/5, avec un âge médian de 40 ans **(Czaja-Bulsa, 2015)**.

I.5.2.Symptômes

La sensibilité au gluten non cœliaque se manifeste de manière peu spécifique par des symptômes digestifs qui miment un trouble fonctionnel intestinal (douleurs abdominales, modification de fréquence et de consistance des selles, ballonnements) et des symptômes extra-digestifs variés et fréquents (fatigue, douleurs musculo-squelettiques, céphalées, troubles antidépresseurs, difficultés de concentration) **(Boettcher et al., 2013 ; Volta, 2014)**.

I.6. L'allergie au blé

Le blé est responsable d'allergies IgE et non IgE médiées et les manifestations cliniques sont liées à diverses protéines du blé et pas seulement au gluten. Selon le mécanisme immunologique impliqué et la voie de contact avec l'allergène, quatre types d'allergie au blé sont décrits **(Sapone, 2012 ; Tavoli, 2015) :**

- L'allergie alimentaire « classique » avec atteinte digestive, cutanée et possiblement respiratoire ;
- l'anaphylaxie au blé induite par l'exercice physique;
- l'allergie respiratoire (asthme du boulanger et rhinite) ;
- l'urticaire de contact, plus rare.

I.6.1 Epidémiologie

L'allergie au blé débute le plus souvent dans la première année de vie. Sa prévalence est très variable selon les études, allant de 0,5 % à 9 % chez l'enfant et de 0,4 à 1% chez l'adulte (**Sapone, 2012 ; Leonard et Vasgar, 2014**).

I.6.2. Symptômes

Elle se manifeste par divers symptômes typiques de l'allergie IgE médiée tels que brûlures, démangeaisons et gonflement au niveau de la bouche et de la gorge, rhino-conjonctivite, rash cutané, bronchospasme, douleurs abdominales avec nausées, ballonnement et diarrhée, voire, dans les formes les plus sévères, un choc anaphylactique (rare chez le nourrisson)

(Bouteloupe, 2016).

I.7. Traitement

Le seul traitement actuellement disponible pour les MC et les SGNC consiste à éviter toute ingestion orale de blé, de seigle et d'orge ou de tout produit dérivé ou contaminé par ces grains (**Green, 2016**).

- Régime sans gluten

Un régime sans gluten est une stratégie de traitement nécessaire pour les personnes qui ont un diagnostic médical de maladie cœliaque, d'allergie au blé, d'ataxie au gluten, de sensibilité au gluten non-cœliaque et de dermatite herpétiforme (**Sapone, 2012 ; Krishnareddy et al, 2014**).

Il consiste à supprimer totalement et définitivement le gluten de l'alimentation. Ainsi, toutes les denrées à base de blé, de seigle, d'orge et d'avoine doivent être éliminées (**Lebwoh, 2015 ; Batuu, 2017**).

III. TECHNOLOGIE DE FABRICATION DE BISCUIT

C'est aux Français que revient la désignation du terme « biscuit », signifiant « bi-cuire », c'est-à-dire cuire deux fois. En effet, le procédé exigeait que les pâtons soient d'abord cuits comme le pain, puis placés dans les compartiments au-dessus du four pour réduire leur teneur en humidité (**Boudreau et Ménard, 1992**). Cette double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il sera plus juste d'entendre le terme biscuit par « bien cuit » (**Kiger et Kiger, 1967**).

Les biscuits représentent la plus grande catégorie de collations dans l'industrie de la boulangerie de ce fait ils peuvent servir de véhicule efficace d'apport de nutriments aux consommateurs. Les biscuits doivent avoir une faible teneur en eau (1-5%) et peuvent également contenir des ingrédients mineurs comme des agents levants, du sel, des émulsifiants et de la levure (**Pareyt et Delcour, 2008**).

III.1. Définition du biscuit

Le terme biscuit se réfère au produit cuit contenant trois ingrédients principaux: farine, graisse, sucre, et autres produits alimentaires, parfum et condiments autorisés, susceptible, après cuisson de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois, et peuvent dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (pâtisserie industrielle) » (**Kiger et Kiger 1967 ; Mohtedji-Lambalais, 1989 ; Pareyt et Delcour, 2008**).

Le développement de biscuits peut être un meilleur choix que n'importe quel autre produit en raison de la durée de conservation relativement longue, de la consommation étendue, de la forme prête à consommer et d'une meilleure appétibilité (**Tse et al., 1973**).

Par ailleurs les biscuits sans gluten disponibles sont de mauvaise qualité avec une saveur et une sensation en bouche médiocres (**Pestorić et al., 2017**).

D'après **Dotsey (2009)** l'urbanisation a augmenté la consommation de produits alimentaires et de boulangerie entraînant des coûts de production élevés ainsi que l'augmentation de la demande d'importation de blé.

Les Principaux ingrédients dans la formulation des biscuits comprennent la farine, le sucre et graisse avec les substances aromatisantes désirées.

III.2. Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (**Kiger et Kiger, 1967; Mohtedji-Lambalais, 1989 ; Feillet, 2000**) :

- Les pâtes dures ou semi dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse-croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60 % de la consommation de biscuits.
- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle (à ne pas confondre avec la pâtisserie fraîche). Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que boudoirs, langues de chat et d'articles moelleux tels que génoises, madeleines, cakes, macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses. Ils représentent environ 26.5 % de la consommation.
- Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses.

Ce sont les pâtes à gaufrettes (10.5 % de la consommation). Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que ; la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication telles que le pétrissage, le repos et le moulage de la pâte, et enfin la cuisson et le refroidissement des biscuits (**Maache-Rezzoug et al, 1998 ; Manoharr et FAO, 2002**).

III.3. Caractéristiques de la farine biscuitière

Les caractéristiques d'une farine dépendent de plusieurs paramètres et facteurs sont :

- L'automatisation de fabrication.
- La qualité des variétés de blé.
- La teneur en gluten.
- L'état de l'amidon.
- La composition chimique de la farine.
- La saison et le milieu de croissance de blé.

Par conséquent pour obtenir une pâte aux propriétés constantes et un biscuit de bonne qualité et de conservation parfaite, on doit exiger de meunier l'une des caractéristiques les plus précieuses de la farine : la régularité, évaluée lors de la production ou des ajustements de formules qui sont inévitables afin de satisfaire les normes de la qualité des produits finis (**Boudreau et Ménard, 1992**).

III.3.1 Caractéristiques physico-chimiques de la farine

Les caractéristiques d'une farine destinée à la biscuiterie selon les normes recommandées sont les suivantes (**Boudreau et Ménard, 1992**) :

- Taux d'humidité : 13,5 à 14,5%.
- Taux de cendre : 0,62 à 0,70%.
- Gluten sec de 5 à 7%
- Gluten humide de 20 à 24%
- Acidité : 0,05% /MS

III.3.2 Caractéristiques organoleptique de la farine

a- La couleur

La couleur varie avec l'espèce et le taux d'extraction défini comme le pourcentage en masse de graines transformées en farine (**Tableau 3**) (**Cheftel, 1997**).

Tableau 4. Correspondances, taux d'extraction et couleur des farines.

Taux d'extraction	70%	70-80%	>80%
Farine de blé	Blanc	Jaune	Marron
Farine de mil	Blanc	Gris-clair	Gris
Farine de maïs	Crème	Jaune- clair	Jaune

Source: Etude technique de la transformation du mil (**Cheftel, 1979** et **ITA, 1986**)

b. L'odeur

L'odeur est modifiée par la présence de son (farine à taux d'extraction élevé), elle est rance, acide ou âcre pour les farines altérées (**Lecoq, 1965**).

c. La saveur

Les farines céréalières ont une saveur caractéristique qui est modifiée par l'altération ou l'addition de particules étrangères issues de graines différentes de celles de base.

Les farines ne doivent pas crisser sous la dent (sable) (**Lecoq, 1965**).

III.4. Farines composées

Le concept de l'utilisation des farines composées pour compléter le blé dans la fabrication du pain et des biscuits n'est pas nouveau, l'augmentation globale de la production de blé depuis la révolution verte et la réduction de son prix en termes réels ont stimulé la consommation de cette céréale **(FAO, 1995)**.

On a au départ utilisé le terme «technologie de farine composites» pour décrire le processus de mélange de farine de blé avec des farines d'autres céréales et de légumineuses pour la fabrication du pain et des biscuits, cependant, le mélange de farine d'autres céréales, de racines et de tubercules, de légumineuses ou d'autres éléments peut aussi être considéré comme de la technologie de farine composites **(Dendy,1992)**. Un exemple est le cas du mélange de farine de sorgho et de maïs pour la confection des tortillas **(FAO, 1995)**.

L'utilisation du sorgho ou les mils pour la fabrication du pain, il faut ajouter des améliorateurs de pain ou modifier le processus de fabrication, le niveau de substitution possible est plus élevée avec de la farine de blé dur qu'avec la farine de tendre **(Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, 1985)**.

II. CEREALES

Leur nom vient du latin «céréalís», qui fait référence à Créés, déesse romaine des moissons **(Larousse des plantes médicinales, 2008)**.

Les céréales sont des aliments de base pour une grande partie de la population mondiale. Les grains de céréales apportent une quantité importante d'énergie, de protéines, et de micronutriments dans l'alimentation des populations du monde entier **(BNF2004)**.

Les produits alimentaires à base de céréales et les céréales fournissent plus de 56% de l'énergie et 50% des protéines consommées dans le monde **(BNF, 2004)**. Les céréales économiquement importantes dans le monde sont le maïs, le riz, le blé, l'orge, le sorgho, le millet, l'avoine et le seigle **(FAO, 1997)**.

Le développement de nouveaux aliments à partir de telles espèces végétales ayant une multitude d'avantages pour la santé et peut offrir une excellente occasion d'améliorer la santé publique; par conséquent, ces aliments prennent de l'importance à partir de la communauté scientifique, consommateurs et fabricants de produits alimentaires **(Gul, 2016)**.

II.1 Nomenclature et classification des céréales

Les céréales appartiennent à la famille des Poacées (graminées). On y distingue plusieurs familles, dont celle des triticiées qui regroupent le blé tendre, le blé dur, le seigle et l'orge **(Saadoun-Cousin, 2002)**.

II.2. Production

Le maïs, le riz et le blé représentent les cultures les plus populaires dans le monde, bien que d'autres céréales mineures soient également produites; **Tableau 2 (Guerrieri et al, 2018)**

Tableau 2 : production de des céréales par tonnes.

culture	Tonnes (× 10)
Maïs	1260
Riz	560
Blé	365
Orge	72
Millet	31
L'avoine	23

II.3. Sorgho et millet perlé

II.3.1 Sorgho

Le sorgho tient son nom du nom italien *sorgo* qui signifie « je surgis », et qui sous entendu la capacité de cette céréale à pousser d'un seul coup, dès qu'il fait chaud (Collaert, 2013).

Le sorgho (*Sorghum bicolor* L.), céréale originaire d'Afrique et membre de la famille des Poaceae, peut avoir une valeur nutritionnelle et fonctionnelle potentiellement bénéfique pour la santé humaine (Stefoska-Needham et al, 2015, Lopes et al, 2018).

Il occupe le cinquième rang des céréales après le blé, le riz, le maïs et l'orge avec une production variant entre 58 millions de tonnes et 64 millions de tonnes par an (Mwithiga et al, 2006 ; FAOSAT, 2015).

II.3.2. Taxonomie

La position systématique actuelle du sorgho cultivé est la suivante (Saint-Clair, 1989) :

Famille : Poaceae

Tribu : Andropogoneae

Sous-tribu : Sorghastrae

Genre : Sorghum

Espèce : *Sorghum bicolor*

Sous espèce : bicolor (L.) Moench

II.3.3 Millet perlé

Les millets sont considérés comme les premières céréales domestiquées il y a des milliers d'années au début de la civilisation humaine. Il y a quelques preuves dans le nord de la Chine montrant que les nouilles ont été faites à partir de deux types de millet, il y a 4000 ans (**Lu et al, 2005**).

Le mil perlé ou mil à chandelle, *Pennisetum glaucum*, est la céréale la plus tolérante à la sécheresse (**Taylor, 2016; FAOSTAT, 2015**)

En 2016, le millet distingue comme la sixième céréale la plus produite au monde (**FAOSTAT, 2017**), avec une production de 28 millions à 32 millions de tonnes par an.

II.3.4. Taxonomie

Selon **Ishwaret al., (1990)**, les mils ont la position systématique suivante:

Famille: *Gramineae*

Sous famille: *Panicoideae*

Tribu: *Paniceae*

Sous tribu: *Panicinae*

Section: *Penicillaria*

Genre: *Pennisetum*

Espèce: *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.

II.3.5. Appellations de sorgho et millet

Sorghum bicolor (L.) Moench, est connu sous divers noms: grand mil et herbe de Guinée en Afrique de l'Ouest, blé kafir en Afrique du Sud, dura au Soudan, mtama en Afrique orientale, jowar en Inde et kaoliang en Chine (**Purseglove, 1972**). Aux Etats-Unis, on l'appelle généralement milo ou milo-maïs (**FAO, 1995**).

Pennisetum glaucum (L.) R. Br. a beaucoup de noms différents Autour du monde. Aux États-Unis, le millet perlé, les mil à chandelles, tandis qu'en Europe il est appelé le millet à chandelle et le millet noir. En France, il est connu sous le nom de mil du Soudan ou petit mil, et en Espagne et dans les pays arabes: mijo perla et duhun, respectivement.

De plus, dans les pays africains, *P. glaucum* est connu sous les noms de gero (Nigéria, lingua Hausa), hegni (Niger, lingua Djerma), mahangu, sayo (Mali), dukhon (Sudão) **Taylor, 2016**). Par ailleurs l'appellation locale du mil perlé est Bachna ou Enélé chez les Touaregs. (**Boudries, 2017**).

II.3.6. Morphologie et composition des grains

- Sorgho

Le sorgho est une céréale à petits grains sphériques à abovales, parfois dissymétriques, de 4 à 8 mm de diamètre et varie en dimension et en forme. Le poids de 1000 g est le plus souvent de 20 à 35 g selon les variétés, la couleur, des grains est très diverse et varie du blanc au brun en passant par différentes tonalités de jaune et de rouge. Le grain de sorgho est un caryopse, fruit sec indéhiscent, habituellement nu après battage, mais chez certains races, il peut être partiellement ou totalement recouvert de glumes, A la base du grain, sur une face on repère le hile qui présente un point noir à maturité et sur l'autre le germe relativement gros (**Chantereau et al, 2013 ;Taylor, 2016**).

Comme les autres céréales, le grain de sorgho est formé de trois parties : l'albumen, le germe, et les enveloppes (**fig.2**) (**Chantereau et al, 2013**)

- **L'albumen**

Est la partie du grain la plus importante en volume et en poids : 60 à 90 %. Il contient principalement de l'amidon; ses teneurs en protéines, lipides, minéraux et vitamines sont plus faibles que celles du germe et des enveloppes. De plus, la qualité nutritionnelle de ses protéines est inférieure à celle des protéines des parties périphériques du grain (**Fouabi, 1982**). D'où l'intérêt de l'utilisation de la farine complète de sorgho dans la fabrication du pain et des biscuits sans gluten.

- **Germe**

Le germe est riche en minéraux, protéines, lipides et vitamines. Selon les céréales, il contient à lui seul une grande partie, parfois la plus grande partie des lipides et de la vitamine E liposoluble. Le scutellum est très riche en thiamine.

- **L'enveloppe**

Sont caractérisées essentiellement par leur teneur:

- Non négligeable en protéines (7 %), lipides (2 %), minéraux et vitamines du groupe B (à l'exception de la vitamine B12 absente dans le règne végétal) (**Fouabi, 1982**).

- Très élevée en fibre, Le terme de fibre alimentaire est utilisé pour décrire divers polysaccharides végétaux non assimilables: cellulose, hémicelluloses, pectines, oligosaccharides, gommages et divers composés lignifiés. Selon la définition modifiée de (**Trowell, 1976**).

La fibre alimentaire est définie comme la somme de la lignine et des polysaccharides qui ne sont pas hydrolysés par les enzymes endogènes du tube digestif de l'homme. En 1980, Kamath et Belavady ont constaté que le principal élément insoluble de fibre dans le sorgho était la cellulose, qui variait de 1,19 à 5,23 % selon les variétés de sorgho. Toute graine comporte deux sources de fibre alimentaire, L'enveloppe ou le péricarpe et les composants structurels de la paroi de la cellule (**FAO, 1995**).

Le sorgho est riche également en composés phytochimiques, tels que les tanins, les acides phénoliques, les anthocyanes, les phytostérols et les policosanols (**Awika et Rooney, 2004**).

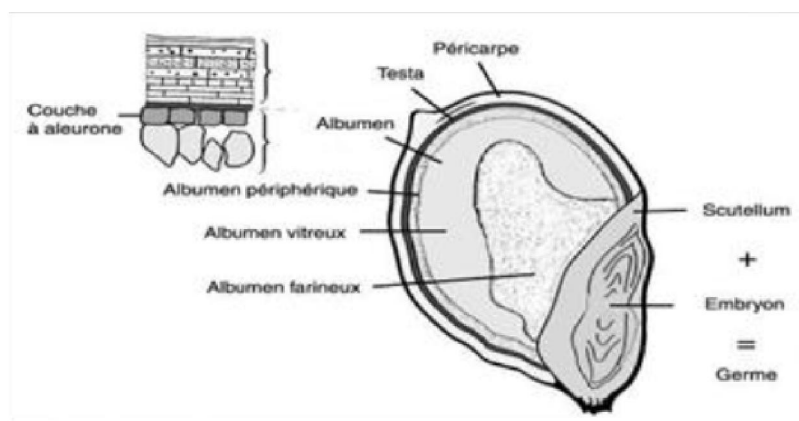


Fig.2. Coupe schématique du grain de sorgho d'après miche, (1980).

- Millet

Les grains se trouvent sur des panicules cylindriques compactes de 2 à 3 cm de large et de 15 à 60 cm de long capables de porter entre 500 et 2000 grains par panicule (**Durães et al, 2003; Taylor, 2016**). Ses graines sont de forme ovale, semblable à une perle, d'où il tire son nom. Les grains ont une longueur de 3 à 4 mm. En général, 1000 graines des espèces de millet perlé ont un poids moyen de 8 g, presque trois fois le poids du millet commun (**Durães et al, 2003, FAO, 1995**).

Les millets sont significativement riches en amidon résistant, soluble, insoluble, fibres alimentaires, minéraux, antioxydants (acides phénoliques, flavonoïdes glyqués) et nutraceutiques. Il contient environ 92,5% de matière sèche, 2,1% de cendres, 2,8% de fibres brutes, 7,8% de matières grasses brutes, 13,6% de protéines brutes, et 63,2% d'amidon (**Ali et al, 2003 ; Khairwal et al, 2007**).

Les grains de millet perlé et de sorgho peuvent être considérés comme une alternative possible à la diversification alimentaire en raison de leur richesse en nutriment avec des niveaux similaires voire supérieurs à ceux des céréales traditionnelles telles que le riz et le maïs (**Saldivar, 2003, Taylor, 2016**).

Tableau 3. Composition des céréales (pour 100g de grain à 10% d'humidité) d'après la **FAO, (1970).**

Composition \ Céréales	sorgho	Mil	Mais
Protéines (g)	11	10,6	9,5
Lipides (g)	3,2	4,1	4,0
Glucides disponibles (g)	59,3	73,2	66
Fibres diététiques (g)	14,5	-	9
Calcium (mg)	26	22	16
Phosphore (mg)	330	286	220
Fer (mg)	10,6	20,7	3,6
Thiamine (Vit. B1) (mg)	0,34	0,30	0,33
Riboflavine (Vit. B2) (mg)	0,15	0,22	0,10

II.3.7. Sorgho et mil dans les régimes alimentaires

Le millet et le sorgho sont souvent considérés comme des céréales à grains grossiers et des cultures pauvres en raison de leur large utilisation par des populations économiquement défavorisées dans les pays asiatiques et africains. De plus, ils restent sous-utilisés dans les systèmes agro-écologiques où ils se développent des systèmes alimentaires commerciaux, et il y'a manque de recherche et de nouveaux processus de développement de produits (**Shahidi, 2013**).

Au cours des dernières années, il y a eu une augmentation des produits basés sur les grains parce qu'ils contiennent une teneur plus élevée en fibres alimentaires, en micronutriments et en composés bioactifs (**Gong et al., 2018**) qui ont un rôle positif sur la santé et la nutrition des

humains, en particulier chez les personnes souffrant de troubles du mode de vie tels que la maladie cœliaque, diabète et obésité (**Austin et al., 2012; Pontieri et al., 2013**).

Un certain nombre d'études in vivo ont démontré le rôle bénéfique de la consommation de grains de mil dans la réduction des maladies associées au stress oxydatif (**Lakshmi Kumari et Suma- thi, 2002**).

En plus de ses propriétés anti-inflammatoires, antihypertensives, anticancérigènes et de la présence de composés antioxydants, le millet perlé contribue également à réduire le risque de maladies cardiaques, de maladies inflammatoires de l'intestin et d'athérosclérose.

(**Chandrasekara et Shahidi, 2011a, 2011b; Romier et al 2009**).

les millets peuvent également être exploités dans la prise en charge du diabète de type II en raison de leurs propriétés hypoglycémiques (**Geetha et Easwaran, 1990; Anju et Sarita, 2010; Shukla et Srivastava, 2014, Ugare et al., 2014; Ren et al., 2016**).

Cette céréale a une importance significative pour la sécurité alimentaire et une alternative viable pour les consommateurs qui sont à la recherche de produits alimentaires peu coûteux, nutritifs et durables (**Amanda et al., 2018**).

II.3.8 Production sorgho

- Sorgho

Aujourd'hui, c'est justement sur le continent américain que l'on produit le plus de sorgho, les Etats-Unis étant leader (8 à 12 millions de tonnes), devant le Mexique (6 à 7 millions de tonnes), l'Afrique toute entière produit 19 millions de tonnes dont le Nigeria étant numéro 1, suivi du Soudan, la production française de grains de sorgho s'établit aux alentours de 280 000 tonnes. Le rendement moyen, aux alentours de 5,7 tonnes par hectare, n'est dépassé qu'en Algérie, en Italie et en Turquie (**Collaert, 2013**).

L'Algérie, à travers les programmes nationaux de recherche, a élaboré des stratégies pour inventer les cultivars de sorgho et développer leur production agricole pour leur valeur ajoutée, donnant la qualité du grain et des applications nutritionnelles et industrielles potentielles de l'amidon, des protéines et autres composants. De nombreux cultivars de sorgho ont la capacité de pousser dans le sud de l'Algérie où la température de maturité est très élevée, atteignant une moyenne mensuelle de 45,2 °C et leur irrigation est faite avec eau souterraine saline. Ces facteurs environnementaux et géotypes affectent les

propriétés de l'amidon qui, à leur tour, affectent la qualité des produits alimentaires fabriqués à partir du grain (**Matsukiet et al., 2003**).

Mil

L'Inde est le premier producteur mondial de millets dans le monde, suivie par la Chine. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en 2014, 12,49, 0,31, 14,83 et 0,79 million de tonnes de mil ont été produites respectivement en Afrique, en Amérique, en Asie et en Europe (**FAOSTATS, 2016**).

La contribution des mil à la production céréalière mondiale est d'environ 1% (**FAOSTAT, 2011**).

Références bibliographiques

- Adebiyi, J.A., Obadina, A.O., Adebo, O.A., et Kayitesi, E., (2017).** Comparison of nutritional quality and sensory acceptability of biscuits obtained from native, fermented, and malted pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour, Food Chemistry.
- Ali, Mam E.I., Tinay, A.H., et Abdalla, A.H., (2003).** Effect of fermentation on the in vitro protein digestibility of pearl millet. J. Food Chem. 80, 51-54.
- Amanda M. Dias-Martins, Kênia Letícia Pessanha, Sidney Pacheco, José Avelino S. Rodrigues, et Carlos Wanderlei Piler Carvalho., (2018).** Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, Health benefits and nutritional products. The address for the corresponding Author was captured as affiliation for all authors. Please check if appropriate.
- Anju, T., et Sarita, S. (2010).** Suitability of foxtail millet (*Setaria italica*) and barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*) for development of low glycemic index biscuits. Malaysian Journal of Nutrition, 16(3), 361-368.
- Austin, L. D., Turner, N. D., McDonough, C. M., et Rooney, L. W. (2012).** Effects of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] crude extracts on starch digestibility, estimated glycemic index (EGI) and resistant starch (RS) contents of porridges. Molecules, 17(9), 11124-11138.
- Awika, J. M., et Rooney, L. W. (2004).** Sorghum phytochemicals and potential impact on human health. Phytochemistry, 65, 1199 -1221.
- Bar L, (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, Institute technique des céréales et fourragers, paris, p267.
- Benattalh, L. (2009).** Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaque : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Diplôme de doctorat en science alimentaires. INATAA. Constantine. Algérie.
- BNF (British Nutrition Foundation) (2004).** Nutritional aspects of cereals. London: BNF
- Boettcher E, et Crowe SE, (2013).** Dietary proteins and functional gastrointestinal disorders. Am J Gastroenterol; 108:728–36.
- Boudreau A ; et Ménard G, (1992).** Le blé éléments fondamentaux et transformation.

- Boudries et al. (2009).** Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria *Carbohydrate Polymers* 78 475–480.
- Boudries Nadia (2017).** Caractérisation des amidons de sorgho et de mil perlé cultivés dans le Sahara algérien. Thèse de doctorat. Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, 225 p.
- Bouteloup C., (2016).** Les pathologies digestives liées au blé ou au gluten: certitudes et doutes. *Cahiers de nutrition et de diététique*.
- Chandrasekara, A., et Shahidi, F. (2011a).** Antiproliferative potential and DNA scission inhibitory activity of phenolics from whole millet grains. *Journal of Functional Foods*, 3(3), 159-170.
- Chandrasekara, A., et Shahidi, F. (2011b).** Bioactivities and antiradical properties of millet grains and hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9563-9571.
- Chanteau J., Cruz J.F., Ratnadass A., et Trouche G., (2013).** Le sorgho, Claire Parmentier, press agronomique de Gembloux, 245p.
- Cheftel J.C, (1979).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Lavoisier, Paris, 19 : pp 105-142.
- Chene A, (2001).** « La farine lière partie », *Journal de l'ADRIANOR Agro jonction* 26, pp 1-8.
- Colas A., (1998).** Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations.
- Commission économique pour l'Afrique, (1985).** Technical compendium on composite flours. Addis-Abeba Ethiopie p 109.
- Czaja-Bulsa G, (2015).** Non coeliac gluten sensitivity – A new disease with gluten intolerance. *Clinical Nutrition*. 34(2):189-194.
- Dayakar Rao B., Kalpana. K., Sunooj. K., Patil., et Ganesh T., (2016).** Influence of milling methods and particle size on hydration properties of sorghum flour and quality of sorghum biscuits *LWT - Food Science and Technology* 67 8-13.
- Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., García, M. M., Galdo, G., et Navarro, P., (2011).** Increased intake of Maillard reaction products reduces phosphorous digestibility in male adolescents. *Nutrition*, 27, 86-91.
- Dendy D.A.V., (1992).** Composite flour-past, present and the future : a review with special emphasis on the place of composite flour in the semi-arid zones. In M.I Gomez, L.R. House, L.W.Rooney and D.A.V. Dendy, éd. Utilisation of sorghum and millet, p 67-73. Patancheru, Inde, ICRISAT.
- Dotsey, P., (2003).** The use of cocoyam, cassava and wheat flour composite in the

- Durães, F. O. M., Magalhães, P. C., et dos Santos, F. G., (2003).** Fisiologia da planta de milho. *Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica*.
- FAO (1995).** Sorghum and millets in human nutrition. Food and Agricultural Organization of the United Nations- Agriculture and Consumer Protection.
- FAO (1997).** Human nutrition in the developing world . Rome: FAO
- FAO, 1995.** (Food and agriculture organisation of the united nation). Le sorgho et le mil dans la nutrition humaine. Rome. Pp 142-194
- FAOST AT. (2011).** <<http://www.faostat.fao.org/>>
- Feillet P., (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. Paris, INRA, pp 17-43.
- Food Science and Technology* (2017),
- Fouabi K., (1982).** Céréale en région chaudes. Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leur transformation, Eds John libbez Eurotest, paris, pp 285-297.
- Geetha, C., et Easwaran, P. P., (1990).** Hypoglycemic effect of millet incorporated breakfast items on selected non-insulin dependent diabetic patients. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 27(11), 316-320.
- Glew, R.H.; Vanderjagt, D.J.; Lockett, C., et al. (1997),** Amino Acid, Fatty Acid, and Mineral Composition of 24 Indigenous Plants of Burkina Faso. *J Food Compost Anal.* 10(3), 205-217.
- Godon B, willim C., (1991).** Les industries de première transformation de céréale. Ed. Lavoisier. Paris, 697p.
- Gong, L., Cao, W., Chi, H., Wang, J., Zhang, H., Liu, J., et Sun, B. (2018).** Whole cereal grains and potential health effects: Involvement of the gut microbiota. *Food Research International*, 103, 84-102.
- Green PHR, et Cellier C., (2007).** Celiac disease. *N Engl J Med*, 357(17):1731-1743.
- Green PHR, et Jones R., (2016).** *Gluten Exposed: The Science Behind the Hype and How to Navigate to a Healthy, Symptom-Free Life.* HarperCollins.
- Guerrieri N., et Cavaletto M., 2018.** Proteins in Food Processing, 223–244.
- Gul, K., Singh, A.K., et Jabeen, R. (2016).** Nutraceuticals and functional foods: The foods for future world. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(16), 2617 -2627.

- H. Rahal Bouziane ; Y. Semiani ; S.Yahiaoui ; S. Oumata ; M. Kharsi ; S. Nait Merzoug ; et R. Djeddou., (2013).** Caractérisation de quelques génotypes traditionnels de sorgho (*Sorghum bicolor* L.), dans les conditions de la Mitidja (Algérie) RecheRche AgRoNomIque N° 26 – 2013.
- Ishwar S.K.,Chandgi R. et Ashok K.C., (1990).** *Pearl millet seed production and technology*. Department of Plant breeding. Haryana Agricultural University HisarManochar, ISBN 81-854-25-08-6, 224 p.
- Jean-Paul Collaert., ((2013).** céréales la plus grande saga que le monde ait vécu, édition Rue de l'échiquier 640pages.
- John M. Eisenberg (2016).** Centre des décisions cliniques et des sciences de la communication. Collège de médecine Baylor, Houston, Texas.
- Khairwal I S, Rai K N, Diwakar B, Sharma Y K, Rajpurohit BS, Bindu N, et Ranjana B. (2007).** *Growth and Development of Pearl Millet Plant*. International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics, Andhra Pradesh, India. p. 104.
- Kiger J.L. et Kiger J.G., (1967) .** Techniques Moderne de la biscuiterie. DUNO, paris, pp : 25-33.
- krishnareddy S, Lewis S, et Green P., (2014).** Dermatitis Herpetiformis: Clinical Presentations Are Independent of Manifestations of Celiac Disease. *American Journal of Clinical Dermatology*. 15(1):51-56.
- Lakshmi Kumari,P.,et umathi,S.(2002).** Effect of consumption of finger millet on hyperglycemia in non-insulin dependent diabetes mellitus (NIDDM) subjects. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57, 205–213.
- Lebwohl B, Ludvigsson JF, et Green PHR., (2015).** Celiac disease and non-celiac gluten sensitivity. *The BMJ*. 351:h4347.
- Lebwohl, Sanders, et Green. (2017).** Coeliac disease. *The Lancet*. 6736(17)31796-8
- Lecoq R, (1965). *Manuel d'analyse alimentaire et d'expertise usuelle*. Paris Doin, pp 941-979.
- Leonard MM, et Vasagar B., (2014).** US perspective on gluten-related diseases. *Clin Exp Gastroenterol* 7:25-37.
- Lionetti E, et Catassi C., (2011).** New clues in celiac disease epidemiology, pathogenesis, clinical manifestations, and treatment. *Int RevImmunol* 2011; 30:219–231.
- Lu, H., Yang, X., Ye, M., Liu, K. B., Xia, Z., Ren, X., et al. (2005).** Millet noodles in late Neolithic China. *Nature*, 437, 13–14.

- Maache-Rezzoug Z ; Bouvier J.M ; Patra C ; et Allaf K (1998).** Study of mixing in connection with rheological properties of Biscuit Dough and Dimensional characteristics of Biscuit. *Journal of Food Engineering*.35: 43-56.
- Mancebo M., (2015).** *LWT - Food Science and Technology* 64, 264-269.
- Manoharr S ; FAO P. H, (2002)** Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *Food Research International*. 35: 807-813.
- Matsuki, J., Yasui, T., Kohyama, K., et Sasaki, T., 2003.** Effects of environmental temperature on structure and gelatinisation properties of wheat starch. *Cereal Chem.* 80, 476–480.
- Mississauga, Ontario., 2006.** Canadien celiac association, www.celiac.ca.
- Mohtedji-Lamballais C., 1989.** *Les aliments*. Edition Maloine. Paris, 203p.
- Molkhou P., (2016).** La sensibilité au gluten non maladie cœliaque. Où en sommes-nous en 2016? *Revue Française d'Allergologie*.
- Moneret-Vautrin DA., (2006).** Épidémiologie de l'allergie alimentaire: données du CICBAA et apport du Réseau d'Allergo-Vigilance. Charleroi: Communication Orale. Réunion ABEFORCAL.
- Multon J, 1982.** «Les interactions entre l'eau et les constituants des grains, grains et produit dérivés». Ed APRIA, techniques et documentation, Paris, pp 161-185.
- Mwithiga, G. et Sifuna, M.M. 2006.** Effect of moisture content on the physical properties of three varieties of sorghum seeds.*Journal of Food Engineering*, 75. (4): 480-486.
- Naik D, Seidner L, et Adams D. (2018).** Nutritional consideration in celiac disease and nonceliac gluten sensitivity. *Gastroenterology clinics of north America* volume 47 issue 1 2018 page 139-154.
- Obadina, A., Ishola, I.O., Adekoya, I.O., Soares, A.G., de Carvalho, P., Wanderlei, C., Barboza, et H.T., (2016).** Nutritional and physico-chemical properties of flour from native and roasted whole grain pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.]R. Br.), *Journal of Cereal Science*
- Pareyt, B., et Delcour, J. A. (2008).** The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(9), 824-839.

Pestorić, M., Sakač, M., Pezo, L., Škrobot, D., Nedeljković, N., Jovanov, P., et Mandić, A., (2017). Physicochemical characteristics as the markers in predicting the self-life of gluten-free cookies. *Journal of Cereal Science*, 77, 172-179.

Pontieri, P., Mamone, G., De Caro, S., Tuinstra, M. R., Roemer, et E., Okot, J. (2013). Sorghum, a healthy and gluten-free food for celiac patients as demonstrated by genome, biochemical, and immunochemical analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 2565-2571.

Prashant Singh, Ananya Arora, Tor A. Strand, Daniel A. Leffler, Carlo Catassi, Peter H. Green, Ciaran P. Kelly, Vineet Ahuja, et Govind K. Makharia., (2018). Global Prevalence of Celiac Disease: Systematic Review and Meta-analysis *Clinical Gastroenterology and Hepatology* .

Rai S, Kaur A, et Singh B. (2014). Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations. *J. Food Sci. Technol.*, 51(4): 785–789.

Ren, X., Chen, J., Molla, M. M., Wang, C., Diao, X., et Shen, Q. (2016). In vitro starch digestibility and in vivo glycemic response of foxtail millet and its products. *Food & Function*, 7(1), 372-379.

Rodrigues, et Carlos Wanderlei Piler Carvalho. (2018). Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) In Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products, (109):175-186.

Romier, B., Schneider, Y.-J., Larondelle, Y., et During, A. (2009). Dietary polyphenols can modulate the intestinal inflammatory response. *Nutrition reviews*, 67(7), 363-378.

Rosell, C. M., Barro, F., Sousa, C., et Mena, M. C. (2014). Cereals for developing gluten free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science*, 59, 354-364.

Rosell, C.M., et al., (2013). Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection, *Journal of Cereal Science*.

Saadoun-Cousin C, Paty E, et Scheinmann P. (2002). Wheat flour allergy. *Revue Française d'Allergologie*; 42:583–94.

Saint-Clair P. M., 1989. Les cultures importantes de l'espace tropical. Tome II : Les cultures vivrières. *Quebec, Canada, les entreprises Papyrus, p.1-60.*

Saintot M., Flabbee J.-A., Ziegler O., Schmutz J.-L., et Barbaud A. (2017). Manifestations digestives des intolérances au blé. *Revue Française d'Allergologie*.

- Saldivar, S. (2003).** Cereals: dietary importance. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Reino Unido: Academic Press, Agosto, London, 1027-103.
- Sapone A, Bai JC, Ciacci C, Dolinsek J, Green PHR, et Hadjivassiliou M, et al. (2012).** Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. BMC Med; 10:13.
- Shah AV, Serajuddin ATM, et Mangione RA. (2018).** Making All Medications Gluten-free, Journal of Pharmaceutical Sciences.
- Shahidi F., et Chandrasekara A., (2013).** Millet grain phenolics and their role in disease risk reduction and health promotion: A review, journal of functional foods (5):571-580.
- Shukla, K., et Srivastava, S. (2014).** Evaluation of finger millet incorporated noodles for nutritive value and glycemic index. Journal of Food Science and Technology, 51(3), 527-534.
- Srichuwong, S., Curti, D., Austin, S., King, R., Lamothe, et al., et Gloria-Hernandez, H., (2017).** Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents, *Food Chemistry*.
- Taylor, J. R. N. (2016).** Millet Pearl: Overview Encyclopedia of Food Grains (Second Edition) (pp. 190-198). Oxford: Academic Press.
- Tovoli F, Masi C, Guidetti E, Negrini G, Paterini P, et Bolondi L. (2015).** Clinical and diagnostic aspects of gluten related disorders. World J Clin Cases; 3:275—84.
- Trowell H, (1976).** Definition of dietary fiber and hypothesis that it is a protective factor in sorghum hybrids to bird damage in louisiana. Agron. J., 62: pp 211-213.
- Tse C., Peters C., E. M., Schaffer, T., et Hoover, W. J. (1973).** High protein cookies. Effect of soy fortification and surfactants. Bakers Digest, 47(4), 34-39.
- Ugare, R., Chimmad, B., Naik, R., Bharati, P., et Itagi, S. (2014).** Glycemic index and significance of barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*) in type II diabetics. Journal of Food Science and Technology, 51(2), 392-395.
- Volta U, Bardella MT, Calabrò A, Troncone R, et Corazza GR, (2014).** Study Group for Non-Celiac Gluten Sensitivity. An Italian prospective multicenter survey on patients suspected of having non-celiac gluten sensitivity. BMC Me;12:85.
- Wanderlei, C., et Barboza, H.T., (2016).** Nutritional and physico-chemical properties of flour from native and roasted whole grain pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.]R. Br.), *Journal of Cereal Science*.