

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

BIOTECHNOLOGIE AGROALIMENTAIRE-BIOSECURITE ALIMENTAIRE

Option : BIOSECURITE ALIMENTAIRE

Par

YAO Akissi Nicole épouse Konan

THEME :

Evaluation de la contamination microbienne des farines de mil (*Pennisetum glaucum*) vendues sur les marchés publics de Daloa (Côte d'Ivoire)

Date de soutenance : 22 Mai 2020 Salle de conférence

Jury

M. DIOMANDE Massé, Maître-Conférence, UJLoG, Président du jury

M. COULIBALY Ibourahema, Maître-Conférence, UJLoG, Directeur Scientifique

M. KOUASSI Kouassi Clément, Maître-Assistant, UJLoG, Encadreur

M. NIABA KOFFI Pierre Valery, Maître-Assistant, UJLoG, Examineur

Année Académique

2018-2019

Numéro d'ordre

092 /2018

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A l'Eternel DIEU, pour le don de vie,

A mon père Kouakou Yao Maxime,

A ma mère Konan N'dri Rosalie,

A mes frères et sœurs,

A mon époux,

A mon fils.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui ont participé à ma formation et à la rédaction de ce mémoire :

- A Madame **TIDOU Abiba Sanogo** Epouse **KONE**, Professeur Titulaire d'Ecotoxicologie, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour ses initiatives et pour sa bonne gouvernance ;

- A Monsieur **KONE Tidiani**, Professeur Titulaire d'Hydrobiologie, Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Chargé de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique, pour les réformes académiques entreprises afin de parfaire notre formation et aussi pour son oreille attentive à nos préoccupations ;

- A Monsieur **AKAFFOU Doffou Selastique**, Maître de Conférences de Génétique, Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Chargé de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures, pour son aide et la facilitation de ce stage par la mise à notre disposition des documents requis, et aussi saluer son dévouement pour la cause des étudiants ;

- A Madame **TONESSIA Dolou Charlotte**, Maître de Conférences de Physiologie et Pathologie Végétale, Directrice de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour tous les efforts consentis pour assurer une bonne formation au sein l'UFR Agroforesterie ;

- A Monsieur **COULIBALY Ibourahema**, Maître de conférences en Biochimie et Microbiologie à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour avoir accepté d'assurer la Direction scientifique de ce mémoire. Ses conseils, ses recommandations et sa grande sollicitude ont été très utiles dans ce travail ;

- A Monsieur **KOUASSI Kouassi Clément**, Maître-Assistant en Microbiologie et Sécurité Alimentaire, Vice-Directeur de l'UFR Agroforesterie et encadreur de ce Mémoire, merci de m'avoir confié ce travail et d'avoir œuvré pour sa réalisation. Vous avez initié, dirigé et assisté ce travail de son idée à sa réalisation. Vos qualités intellectuelles et humaines, votre amour pour le travail bien fait nous ont marqué. Veuillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre profonde gratitude ;

- A Monsieur **ANGAMAN Djédoux Maxime**, Maître de Conférences, à l'Université Jean Lorougnon Guédé, Responsable de la filière «de Biotechnologie Agroalimentaire et Biosécurité Alimentaire », pour ses conseils, sa disponibilité et surtout sa promptitude à résoudre les problèmes et aussi pour tous les efforts qu'il fait pour nous mettre dans de bonnes conditions de travail ;

- A Monsieur **KOUASSI Kra Athanase, VOKO Bi Don Rodrigue Rosin, Madame ASSOHOUN Marina Epse DJENI**, Maître-Assistant en Microbiologie et Sécurité Alimentaire. Je lui adresse exceptionnellement mes profonds remerciements pour leur aide à la réalisation de ce travail ;

- A Monsieur **OUINA Toualy Serges**, Assistant en Biochimie et microbiologie à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour son soutien, ses conseils lors des manipulations et pour son aide à la réalisation de ce travail ;

- A tous nos enseignants chercheurs de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, merci pour la qualité des cours dispensés pour notre formation.

Je remercie tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de fin d'études.

J'associe à ces remerciements, tous mes camarades de Master 2 Biotechnologie Agroalimentaire option : Biosécurité Alimentaire.

Mes vifs remerciements également aux membres du jury, Professeur **DIOMANDE Massé** et Docteur **NIABA KOFFI Pierre Valery**, respectivement Président et Examineur de jury. Veuillez trouver ici l'assurance de ma sincère gratitude.

TABLE DES MATIERES

	Pages
DEDICACE.....	I
REMERCIEMENTS	II
TABLE DES MATIERES	IV
LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	X
INTRODUCTION.....	1
PREMIÈRE PARTIE : Généralités	
1. MIL.....	3
1.1 Historique	3
1.2. Taxonomie et classification	3D
1.3. Description botanique.....	4
1.4. Potentialités du mil	5
1.4.1. Mil en tant que plante alimentaire.....	5
1.4.2. Mil en tant que plante médicinale	6
1.4.3. Mil en tant que plante d'utilité agronomique et environnementale	7
1.4.4. Intérêt socio-économique du mil.....	7
2. FARINE DE MIL.....	8
2.1 Approche définitionnelle	8
2.2. Technologie de la transformation du mil en farine.....	8
2.3. Usages alimentaires de la farine de mil	9
2.4. Microflore de la farine de mil.....	10
3. NOTION DE RISQUES MICROBIOLOGIQUES.....	10
3.1. Notion de risque et danger.....	10
3.2. Risques microbiologiques.....	11
3.3. Contaminants microbiologiques	11
3.3.1. Bactéries.....	11

3.3.1.1. Germes aérobies mésophiles	11
3.3.1.2. Entérobactéries	11
3.3.1.3. Coliformes thermotolérants	12
3.3.1.4. Streptocoques fécaux.....	12
3.3.1.5. <i>Staphylococcus aureus</i>	13
3.3.1.6. <i>Bacillus cereus</i>	13
3.3.2. Levures et moisissures	13
 DEUXIEME PARTIE : Matériel & Méthodes	
1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	14
2. MATERIEL.....	15
2.1. Matériel biologique.....	15
2.2. Matériel technique	15
2.3. Milieux de culture.....	15
2.3.1. Eau peptonée tamponnée	15
2.3.2. Sabouraud au chloramphénicol.....	16
2.3.3. Plat Count Agar (PCA)	16
2.3.4. Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre (VRBL).....	16
2.3.5. Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBG)	16
2.3.6. Gélose Baird-Parker.....	16
2.3.7. Gélose Rapid'E. Coli 2	17
2.3.8. Gélose Bile-Esculine-Azide (BEA)	17
2.3.9. Gélose Mossel.....	17
3. METHODES	18
3.1. Enquête portant sur l'environnement de la vente de la farine de mil à Daloa	18
3.2. Echantillonnage	18
3.3. Analyses physicochimiques.....	18
3.3.1. Mesure du pH.....	18

3.3.2. Détermination de l'humidité	19
3.4. Analyses microbiologiques.....	19
3.4.1. Préparation des milieux de culture.....	19
3.4.2. Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales.....	19
3.4.2.1. Suspension mère.....	19
3.4.2.2. Dilutions décimales	20
3.4.3. Ensemencement et incubation.....	20
3.4.3.1. Ensemencement dans la masse.....	20
3.4.3.2. Ensemencement en surface par étalement.....	21
3.4.4. Dénombrement et recherche des microorganismes dans la farine de mil.....	21
3.4.4.1. Dénombrement des levures et moisissures.....	21
3.4.4.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles.....	21
3.4.4.3. Dénombrement des coliformes thermotolérants.....	22
3.4.4.4. Recherche et dénombrement de <i>E. coli</i>	22
3.4.4.5. Recherche et dénombrement des entérocoques et des streptocoques	22
3.4.4.6. Recherche et dénombrement des entérobactéries.....	22
3.4.4.7. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	22
3.4.4.8. Recherche et dénombrement de <i>Bacillus cereus</i>	23
3.4.4.9. Expression des résultats	23
3.4.5. Normes d'appréciation de la qualité microbiologique.....	23
3.4.6. Détermination de l'origine de la contamination fécale.....	24
3.4.7. Analyse statistique	24
TROISIEME PARTIE : Résultats & Discussion	
1. RESULTATS	25
1.1. Caractéristiques de la vente de farine de mil sur les marchés de Daloa.....	25
1.1.1. Profil des vendeuses de farine de mil à Daloa	25

1.1.2. Hygiène des vendeuses et environnement sanitaire de la vente de la farine de mil dans les marchés	26
1.1.3. Usage de la farine de mil	27
1.2- Caractéristiques physicochimiques de la farine de mil.	27
1.2.1. pH de la farine de mil.....	27
1.2.2. Taux d'humidité de la farine de mil.....	27
1.2.3. Flores microbiennes de la farine mil vendue dans les différents marchés de Daloa	28
1.2.3.1. Flores d'altération et de déficit des bonnes pratiques d'hygiène	28
1.2.3.2. Flores d'origine fécale et leur origine	29
1.3. Espèces potentiellement pathogènes de la farine de mil vendue dans les marchés.....	30
2. DISCUSSION	31
Conclusion et Perspectives.....	34
RÉFÉRENCES.....	37
ANNEXES	
RESUME	
ABSTRACT	

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BEA : Bile Esculine Azide

CE : Commission Européenne

CF : Coliformes fécaux

CTH : Coliformes thermotolérants

E. coli : *Escherichia coli*

EPT : Eau Peptonée Tamponnée

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GAM : Germes Aérobie Mésophile Gélose

GNO : Gélose Nutritif Ordinaire

GPS : Global Positioning System

ISO : Organisme International de Normalisation

LIHME : Laboratoire des Interactions Hôtes-Microorganismes et Evolution

NaCl : Chlorure de sodium

NF : Norme française

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCA : Plate Count Agar

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

SF : Streptocoques fécaux

SM : Solution Mère

UFC : Unité Formant Colonie

VRBG : Gélose Violet Rouge neutre Bile Glucose

VRBL : Gélose Violet Rouge neutre Bile Lactose

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1: Photographie de (a) la céréale de mil (<i>P. glaucum</i>) et (b) des grains de mil (FAO, 1995).....	5
Figure 2: Diagramme de la transformation du mil en farine	8
Figure 3: Présentation de la zone d'étude.....	14
Figure 4: Photographie de la farine de mil	15
Figure 5: Schéma de dilution décimale	20
Figure 6: Environnement sanitaire des lieux de vente de la farine de mil	26
Figure 7: Etat d'hygiène corporelle des vendeuses de farine de mil.....	26
Figure 8: Usage des farines de mil destinées à la consommation	27

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I : Comparatifs de la composition chimique des grains de mil, blé et riz.....	6
Tableau II: Critères pour la détermination de l'origine de la contamination fécale.....	24
Tableau III: Caractéristiques sociodémographiques des vendeuses de farine de mil à Daloa	25
Tableau IV: Caractéristiques physico-chimiques de la farine de mil	28
Tableau V: Charges moyenne des flores d'altération et de contamination.....	29
Tableau VI: Charge moyenne des flores de contamination d'origine fécale.....	30
Tableau VII: Charge des microorganismes potentiellement pathogènes	30

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les céréales sont des graines alimentaires appartenant à la famille des graminées comportant plusieurs espèces végétales les plus consommées au monde. Les produits céréaliers occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Ils constituent une base essentielle de l'alimentation des populations d'Afrique subsaharienne (Slama *et al.*, 2005 ; FAO, 2007). Les estimations de la FAO concernant la production céréalère mondiale en 2017 font état d'un nouveau record de 2,64 milliards de tonnes soit 1,35% de plus que l'estimation de 2016. Quant à l'Afrique, la production de céréale s'élevait à 162 millions de tonnes en 2015 (FAO, Division des Statistiques de la FAO 2015). En ce qui concerne la Côte d'Ivoire, elle a produit 1,4 millions tonnes de céréale en 2016 (Agence Ecofin). Parmi ces céréales, le mil (*Pennisetum glaucum*) occupe une place importante. Il a une capacité à croître et à présenter des rendements élevés même dans des conditions difficiles comparativement à bien d'autres cultures. Le mil occupe la 7^{ème} place parmi les céréales les plus importantes au monde (Moumouni, 2014). La production mondiale du mil dépasse aujourd'hui 32 millions de tonnes (Amadou *et al.*, 2013, FAOSTAT, 2018). Le mil est cultivé dans les régions arides et semi-arides de l'Afrique essentiellement pour l'alimentation humaine et accessoirement comme fourrage et matériau de construction (Bashir *et al.*, 2014 ; Kannan *et al.*, 2014). Ainsi, le mil fait objet de multiples usages. Ces usages vont de la transformation de grains comme ressource alimentaire ou médicinale à la valorisation de la paille (chaume) comme œuvres d'art, fourrage, biocarburant ou comme bois de chauffe (Hamadou *et al.*, 2017).

En Afrique, les grains du mil sont souvent moulus en farine, roulés en grosses boules, étuvés, puis consommés sous forme de patte, de la bouillie ou de la boule. Le mil est parfois utilisé dans la fabrication des boissons alcoolisées dans certains pays comme la Côte d'Ivoire. De ce fait, le mil est très important dans les systèmes de sécurité agricole et alimentaire de millions d'agriculteurs d'Afrique subsaharienne (Amadou *et al.*, 2013).

En Côte d'Ivoire, le mil est à la base de plusieurs (aliments) mets notamment le couscous, les beignets, les boissons alcoolisées et non alcoolisées et les substituts alimentaires infantiles (Amané *et al.*, 2009 ; Bsadjo-Tchamba *et al.*, 2014). Dans les marchés publics, le mil déjà moulu est très souvent conditionné ou vendu en vrac sur des étagères. Cette farine de mil à l'instar de beaucoup de produits locaux est très souvent produite essentiellement selon un procédé artisanal ou semi-artisanal dans des environnements non maîtrisés (N'Goran-AW *et*

al., 2017). De telles conditions caractérisées par la diversité des procédés de transformation, la non-maitrise des systèmes de production peuvent entraîner diverses contaminations notamment une contamination microbienne impactant ainsi la qualité de cette farine. Malgré sa grande consommation et ses nombreux usages par les populations ivoiriennes, il existe peu de données scientifiques sur les farines artisanales vendues dans les marchés publics de Côte d'Ivoire. Daloa, la troisième ville la plus peuplée de la Côte d'Ivoire après Abidjan et Bouaké, avec une population plus de 245 350 habitants, connaît aujourd'hui de profonds bouleversements de modes de vie, une diversité des activités socio-professionnelles et économiques qui cristalliseraient le problème de la sécurité alimentaire (RGPH, 2014 ; Kouassi *et al.*, 2018). A l'instar des autres marchés publics des grandes villes, la farine de mil est commercialisée en vrac dans des récipients sur étagères dans les marchés de Daloa. Aussi, à notre connaissance, aucune étude exhaustive concernant la vente et le risque de contamination microbienne de cette farine de mil n'a encore fait l'objet d'étude scientifique. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude dont le thème est : « Evaluation de la contamination microbienne de farine de mil (*Pennisetum glaucum*) vendue sur les marchés publics de Daloa (Côte d'Ivoire) ». Cette étude a pour objectif général d'évaluer la contamination microbienne de la farine de mil vendue dans différents marchés publics de Daloa. Il s'agira de façon spécifique de :

- étudier la vente et le profil des vendeurs ou vendeuses de la farine de mil ;
- déterminer les caractéristiques physicochimiques notamment le pH et le taux d'humidité ;
- Rechercher certaines flores microbiennes qui impactent la qualité de la farine : les germes aérobies mésophiles, les entérobactéries et les levures et moisissures ; les coliformes thermotolérants, les streptocoques fécaux,
- Rechercher des espèces potentiellement pathogènes notamment *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Bacillus cereus* dans la farine vendue dans les marchés de Daloa.

Hormis, l'introduction, la conclusion, les perspectives et les références, le présent mémoire est subdivisé en trois parties. La première partie présente les généralités sur le mil, la farine et quelques notions microbiologiques. La deuxième partie décrit succinctement le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail. La dernière partie présente les principaux résultats obtenus au cours de cette étude, suivie de la discussion.

PREMIÈRE PARTIE :
GENERALITES

1. MIL

1.1 Historique

Le mil est une plante céréalière originaire d’Afrique de l’ouest. L’on y rencontre les formes cultivées et sauvages qui ont par la suite été propagées sur toute la bordure Sud du Sahara. Cette culture a en effet été domestiquée depuis plus de 4500 ans aux frontières du Niger et du Mali (ISICRAT, 2017). Depuis l’Afrique occidentale, le mil s’est propagé rapidement et atteint l’Inde 3000 avant J-C où différents cultivars ont été mis au point. Ce qui a fait de cette zone le second centre de diversification. L’appellation "mil" renferme une diversité de graminées alimentaires annuelles ayant en commun la petite taille des graines (FAO, 1997 ; Dupuy, 2017 ; Kadri *et al.*, 2019). Ces céréales sont cultivées sur les terres marginales dans les régions sèches des zones tempérées, subtropicales et tropicales. Les espèces les plus importantes sont le mil pénicillaire, l’éléusine, le millet commun et le millet des oiseaux (Diouf, 2001).

1.2. Taxonomie et classification

Le mil est une céréale à petits grains appartenant à la famille des *Poacées*. Parmi la diversité de céréales existantes et connues sous le terme « mil », le mil à chandelle, *Pennisetum glaucum* (L), également appelé mil pénicillaire ou mil perlé, se distingue de par sa plus grande taille, ses plus gros grains et sa plus forte production (Figure 1). Les autres espèces telles que *Eleusine coracana*, *Panicum miliaceum*, *Setaria italica*, *Echinochloa crusgalli* sont qualifiées de céréales mineures (Diouf, 2001 ; Kadri *et al.*, 2019). Selon Tapsoba (1991), les mils cultivés peuvent être répartis en trois groupes en fonction de leur cycle de développement :

- **les mils tardifs** : ils sont photosensibles et atteignent la maturité entre 100 et 150 jours après le semis. Ils sont cultivés dans les zones où la pluviométrie est suffisante pour permettre le bouclage du cycle,

- **les mils hâtifs ou précoces** : ils ont un cycle qui varie entre 80 et 100 jours,

- **les mils très hâtifs** : ils arrivent à maturité 65 à 75 jours après les semis. Leurs épis sont généralement courts (25 à 30 cm). Ces mils précoces sont cultivés principalement dans les zones à faible pluviométrie.

La position systématique suivante du mil à chandelle peut être observée (ISICRAT, 2017).

Règne	:	Plantae
Division	:	<u>Magnoliophyta</u>
Classe	:	Liliopsida
Ordre	:	Cyperales
Famille	:	Poacées (Graminées)
Sous famille	:	Panicoidae
Tribu	:	Paniceae
Section	:	Penicillariae
Genre	:	Pennisetum
Espèce	:	Glaucum

1.3. Description botanique

Le mil est une plante des climats tropicaux cultivé annuellement comme une culture pluviale dans les régions tropicales arides et semi-arides d’Afrique. Considéré comme une seule espèce, il renferme plusieurs races cultivées. Cette culture en raison de son excellente tolérance à la sécheresse, s’est établie dans les environnements les plus arides (secs), (Ati *et al.* 2015). C’est l’unique espèce diploïde avec $x = 7$ ($2n=14$ chromosomes) de la section Penicillariae du genre *Pennisetum* de la famille des Gramineae (Tostain & Marchais, 1993). Cette graminée annuelle est une plante bisexuée, hermaphrodite, allogame préférentielle grâce à une protogynie prononcée (Andrews, 1993). A maturité et suivant les variétés, la taille de la plante varie de 1 à 6 m de haut. Chaque nœud de la tige porte un bourgeon axillaire susceptible de donner dans certaines conditions une pousse axillaire. Le mil est constitué de tiges densément velues, solides et pleines. Ses feuilles sont longues, glabres et assez minces. La durée du cycle de culture, du semis à la récolte, peut s’étendre entre 60 et 180 jours respectivement pour les variétés les plus précoces et les plus tardives (Loumrem, 2004). Le mil est une plante à rachis dressé, cylindrique, solide, ayant souvent 8 à 9 mm de diamètre et sans aucune ramification. Celui-ci s’étend sur toute la longueur de l’inflorescence et est couvert de poils courts. Chaque panicule peut former 870 à 3000 épillets avec une moyenne de 1600 épillets. Plusieurs types d’épillets (uniflores, biflores, triflores et jusqu’à six fleurs) peuvent être distingués. Chaque épillet est constitué de deux (2) glumes dont une glume inférieure courte, large, et une glume supérieure plus longue qui atteint environ la moitié de la

longueur de l'épillet. La glume supérieure a une forme ovale et montre 3 à 4 nervures. Certaines des fleurs d'épillets sont fertiles et forment des caryopses (**Figure 1**).



a) Céréale de mil (*P. glaucum*)



b) Grains de mil (*P. glaucum*)

Figure 1: Photographie de (a) la céréale de mil (*P. glaucum*) et (b) des grains de mil (FAO, 1995)

1.4. Potentialités du mil

Les intérêts associés à la culture du mil se situent à divers niveaux (nutritionnel, médicinal, économique). Ils sont en effet liés aux multiples usages dont cette culture fait l'objet selon les zones géographiques et les pratiques socioculturelles. Ces usages intègrent la transformation du grain comme ressource alimentaire ou médicinale, la valorisation de la paille (chaume) comme œuvres d'art ou comme fourrage, la production de biocarburant et la protection de l'environnement entre autres (Hamadou *et al.*, 2017, Anonyme 1, 2020).

1.4.1. Mil en tant que plante alimentaire

A l'instar de nombreuses cultures d'intérêt alimentaire, le mil a connu un processus de domestication. Les exploits réalisés en agronomie dans le cadre de l'amélioration variétale, lui ont conféré une grande importance sur le plan nutritionnel (Tostain, 1998). Cette culture est prioritairement une plante alimentaire cultivée pour ses graines. C'est une céréale de base pour les populations des zones arides et semi-arides d'Afrique et Asie (Shelke & Chavan, 2010). Plus de 38 millions de personnes dans le Sahel, dépendent du mil qui leur fournit plus de 1000 calories par jour (Kole, 2006 ; Vadez *et al.*, 2012). Le mil a une valeur énergétique des plus élevées parmi les céréales (Nambiar *et al.*, 2011). Avec 8 à 19% de protéines et 56 à

65% des carbohydrates, sa valeur nutritionnelle est supérieure à celle du riz, du sorgho et du maïs (Saritha *et al.*, 2017). Ses grains sont sans gluten et conservent leurs propriétés alcalines après la cuisson, faisant un aliment indiqué pour les personnes ayant une allergie au blé (Léder, 2004). Le tableau 1 présente un comparatif de la composition chimique (teneur dans 100 g) de grains de mil et d'autres céréales de grande consommation.

Tableau I : Comparatifs de la composition chimique des grains de mil, blé et riz

Constituants chimiques	Mil	Blé	Riz
Matières grasses (g)	5,0	1,5	0,5
Vitamine C (mg)	0	0	0
Fibres (g)	1,2	1,2	0,2
Protéines (g)	11,6	11,8	11,6
Vitamine A (RE)	132	64	0
Calcium (mg)	42	41	10
Minéraux (mg)	2,3	1,5	0,6
Calcium (mg)	42	41	10
Phosphore (mg)	296	306	160
Fer (mg)	8	5,3	0,7
Carbohydrates (g)	67,5	71,2	78,2
Sodium (mg)	10,9	17,1	-
Zinc (mg)	3,1	2,7	1,4
Magnésium (mg)	137	138	90
Thiamine (mg)	0,33	0,45	0,06
Riboflavine (mg)	0,25	0,17	0,06
Niacine (mg)	2,3	5,5	1,9
Acide folique (mg)	45,5	36,6	8

Source : Nambiar *et al.* (2011).

1.4.2. Mil en tant que plante médicinale

Le mil est une céréale qui, parallèlement à son utilité alimentaire, présente des effets thérapeutiques. Au regard de la richesse de ses grains en calories, sa consommation est spécialement recommandée aux enfants, aux convalescents, aux personnes âgées et aux femmes enceintes. La consommation du mil est également très indiquée pour les personnes souffrant d'anémie à cause de sa richesse en fer. Sa teneur élevée en fibres (1,2g/100g) est une caractéristique pouvant être exploitée dans la confection d'aliments à l'endroit des personnes qui montrent un besoin d'alimentation riche en (Hamadou, 2017).

1.4.3. Mil en tant que plante d'utilité agronomique et environnementale

Le mil est un monocotylédone doté d'un système racinaire puissant, pouvant descendre jusqu'à 3 m de profondeur. Il œuvre à cet effet au décompactage du sol et contribue au recyclage des éléments fertilisants éventuellement lessivés. Les ramifications latérales des racines, importantes sur les 30 premiers cm du sol, améliorent la structure de la couche arable. La forte potentialité de production de biomasse du mil fait que cette culture constitue une source non négligeable de matière organique du sol. Cette biomasse de mil est relativement lignifiée et sa minéralisation se fait lentement dans le sol (Anonyme 1, 2020). Bien d'autres caractéristiques de cette culture telles que la taille de la tige (parfois plus 2 m de hauteur), la potentialité importante de tallage et le feuillage relativement dense, lui permettent d'exercer une protection efficace contre les vents desséchants. C'est le cas des cultures de maïs protégées par des haies de mil, qui arrivent à maturité dans les zones où les champs non protégés n'ont pas pu résister à la sécheresse. On constate aussi dans le cadre de la lutte contre l'érosion éolienne, par exemple au Burkina Faso, que les tiges de mil, lorsqu'elles sont coupées à 1 m et sont laissées verticales à la surface du sol, piègent un volume important de poussières et feuilles d'arbres qui sont soufflées par les vents à l'époque des tornades (FAO, 1994, Anonyme 1, 2020).

1.4.4. Intérêt socio-économique du mil

L'importance socio-économique du mil est étroitement corrélée à la diversité de ses utilisations possibles. Il intervient en tant que matière première en alimentation humaine et animale, en médecine et dans bien d'autres secteurs industriels. Le mil se présente ainsi comme l'une des potentielles réponses à ce slogan : « Quel fruit se mange, produit de l'alcool, des médicaments, du papier, de la corde, de la ficelle, du fil, des objets artisanaux variés ? » (Ouina, 2017). En dehors des grains, l'utilisation d'autres organes du mil (tige en général) permettent d'éviter des baisses de production de certaines cultures (maïs) liées à l'érosion éolienne. La commercialisation du mil et des aliments dérivés constitue au niveau local, une source de revenus pour les populations rurales.

2. FARINE

2.1 Approche définitionnelle

La dénomination « farine sans aucun qualificatif » également connue sous l'appellation « farine de froment » ou « farine de blé », ramène exclusivement au produit pulvérulent obtenu à partir d'un lot de blé (*Triticum aestivum*, ssp. *vulgare*) sain, loyal et marchand préparé en vue de la mouture et industriellement pur (Jeantet *et al.*, 2007). Les produits de la mouture des autres graines de céréales (riz, mil, maïs, sarrasin) ou légumineuses (pois, lentille, fève), nettoyées et industriellement pures, seront désignés par le mot farine suivi d'un qualificatif indiquant le nom de la graine de céréales ou légumineuses entrant dans la composition soit à l'état isolé, soit à l'état de mélange » (Godon & Willm, 1998).

2.2. Technologie de la transformation du mil en farine

La farine de mil est définie comme le produit d'une transformation primaire des grains de mil à travers une série d'opérations consistant à nettoyer-calibrer, à décortiquer et à moudre par voie sèche le mil (Godon & Willm, 1998). Les différentes étapes du procédé peuvent être décrites de la manière suivante (CORAF, 2012).

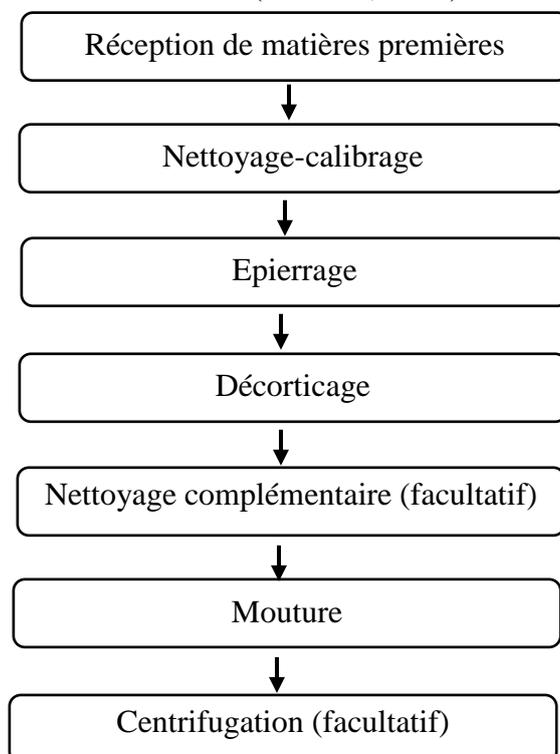


Figure2 : Diagramme de la transformation du mil en farine

- **Réception des matières premières** : un contrôle des matières premières est observé par les unités et entreprises de transformation en raison entre autres, généralement de la présence des impuretés (sables, pierres, pailles ou autres graines).

- **Nettoyage/calibrage** : il s'agit à cette étape d'éliminer par tamisage les impuretés, les pailles, les céréales étrangères, les grains immatures et d'avoir une matière première homogène. Le nettoyage peut se faire manuellement à l'aide de tamis artisanaux ou à l'aide de tamis nettoyeurs ayant la capacité de réaliser une séparation granulométrique des grains et des matières étrangères.

- **Epierrage** : c'est une opération qui permet d'éliminer par séparation densimétrique la matière première des particules de même taille plus lourdes (pierres). Cette étape est importante car elle permet d'éliminer les pierres qui risquent d'être broyées en même temps que les grains et de se retrouver dans la farine.

- **Décorticage** : il permet de débarrasser le grain de son enveloppe et d'une partie du germe. La qualité du décorticage conditionne la qualité des produits finis sur les plans organoleptique, nutritionnel et technologique.

- **Nettoyage complémentaire (facultatif)** : il s'agit d'une opération complémentaire pour éliminer le son résiduel dans le mil décortiqué. La présence de son résiduel donne une amertume et une coloration sombre à la farine et aux produits dérivés.

- **Mouture** : elle se fait à l'aide d'un moulin à marteaux fixes ou mobiles. Cette opération consiste à pulvériser le grain contre les parois de la chambre de broyage.

2.3. Usages alimentaires de la farine de mil

Les aliments à base de la farine mil sont en majeure partie des produits traditionnels obtenus à partir des grains entiers, concassés ou réduits en farine ou en semoule après décorticage et mouture. La farine de mil constitue la matière première d'une diversité de mets beaucoup prisés par les populations d'Afrique subsaharienne. Les principaux aliments qui en dérivent sont en fonction des zones géographiques. Selon les travaux de Tankoano *et al.* (2017), il est possible d'observer entre autres :

- **la bouillie de farine de mil** fermenté appelée « Baca » en Côte d'Ivoire, « Boko » au Ghana, « Ben-salga » au Burkina Faso,
- **les aliments fermentés à base de mil et de lait** tels que le « Deguè » (Côte d'Ivoire, Ghana, Burkina Faso) appelé aussi « Tiakri » au Sénégal,

- **les fritures de pâtes fermentées sucrées ou salées** (beignets) appelées « Womi » (Côte d'Ivoire, Ghana, Burkina Faso, Mali),
- **la pâte de farine fermentée ou non cuite ou gélatinisée** appelée « Tô » ou « Wo » (Côte d'Ivoire, Mali, Benin, Burkina Faso). Elle peut se consommer accompagnée de sauce,
- **les boissons fermentées à base de mil** telles que le « Oti-oka », le « Kunun-zaki » au Nigéria,
- **les boissons alcoolisées** « Tchapalo » et non alcoolisées « Zoom-koom » (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Mali),
- **les poudres pour préparations des nourrissons** (bouillies infantiles) (Amané *et al.*, 2009 ; Bsadjo-Tchamba *et al.*, 2014).

2.4. Microflore de la farine de mil

Les grains de mil sont recouverts ou colonisés par des micro-organismes depuis les champs. Cette flore (endophytes, germes d'altération ou pathogènes) sera répartie dans l'ensemble du produit au cours de la mouture. Au cours des diverses autres manipulations post-récoltes, il peut se produire des recontaminations par l'air ou l'appareillage. Ainsi, la flore de la farine peut être constituée essentiellement de bactéries telles que les *Bacillus*, de coliformes et autres entérobactéries, de genres *Achromobacter*, *Flovobacterium*, *Sarcina*, *Micrococcus*, ... et des nombreuses spores de moisissures (Guiraud & Galzy, 1980).

3. NOTION DE RISQUES MICROBIOLOGIQUES

3.1. Notion de risque et danger

Il existe une étroite corrélation entre les notions de danger et de risque. Le danger peut se définir comme un agent biologique, chimique ou physique présent dans un aliment, ou une propriété de cet aliment pouvant avoir un effet néfaste sur la santé. Le risque en revanche désigne la probabilité d'un effet néfaste et de l'importance d'un tel effet résultant de la présence d'un danger dans un aliment. Le « risque » est lié à l'exposition au danger, c'est-à-dire à la consommation de la denrée contaminée (quantité et fréquence de consommation) (FAO, 1995).

3.2. Risques microbiologiques

L'on rattache les risques microbiologiques à la contamination des aliments par des microorganismes pathogènes. Ces derniers pouvant appartenir à divers groupes microbiens (virus, bactéries ou champignons) sont responsables de nombre de cas d'intoxications alimentaires en rapport avec la consommation d'aliments. La biocontamination peut avoir lieu à n'importe quelle étape de la chaîne de production. Dans le cas de la fabrication de farine de mil, il peut s'agir soit des étapes de la réception des grains de mil contaminés au niveau des champs ou du transport des grains, de l'entreposage, du tri, du calibrage, de l'épierrage, du décorticage, de la mouture. Il est ainsi possible de rattacher les dangers biologiques et par conséquent les risques microbiologiques à cinq facteurs que sont le milieu, le matériel, la main d'œuvre, la matière première et la méthode (Alli, 2004 ; Ray, 2005).

3.3. Contaminants microbiologiques

3.3.1. Bactéries

3.3.1.1. Germes aérobies mésophiles

Les germes aérobies mésophiles constituent la flore microbienne globale présente dans un aliment au moment de l'analyse microbiologique. Il s'agit des bactéries, des levures et des moisissures qui se développent en présence d'air à température moyenne (entre 30 ± 2 °C). Ces germes se développent sur milieux ordinaires. Leur dénombrement permet d'apprécier le degré de contamination microbienne du produit analysé et d'envisager sa conservabilité (Wognin, 2014). La plupart de ces microorganismes ne sont pas dangereux pour la santé, leur détection dans les aliments traduit une insuffisance du traitement thermique ou de mauvaises conditions d'hygiène. S'ils sont en nombre élevé, ils peuvent affecter la qualité marchande de l'aliment et même la qualité sanitaire, c'est un indicateur d'altération au sens strict (Doyle & Erickson, 2008 ; Koro *et al.*, 2010).

3.3.1.2. Entérobactéries

Les entérobactéries constituent un grand groupe de bactéries ayant une forte similitude. Définis par un ensemble de caractères généraux communs, ils renferment entre autres les genres *Escherichia*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Shigella*. Ce sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, le plus souvent mobiles, aéro-anaérobies facultatifs. Leurs dimensions (longueur et largeur) sont respectivement comprises entre 2 et 4 μm et entre 0,4 et 0,6 μm .

Ils fermentent le glucose avec ou sans production de gaz et réduisent les nitrates en nitrites (Khan *et al.*, 2011). Leur présence en nombre significatif indique une défaillance du traitement et par conséquent un risque pour le consommateur. Les matières d'origine végétale telles que les farines de mil peuvent contenir aussi des *Enterobacteriaceae* issus soit de l'environnement soit d'autres sources (Signs *et al.*, 2011).

3.3.1.3. Coliformes thermotolérants

Les coliformes thermotolérants sont définis comme étant des entérobactéries ne formant pas de spores, à Gram négatif, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à la température de 44 °C (Lachhab, 2013). Il s'agit d'un groupe qui comprend les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Salmonella*, *Klebsilla*. Les coliformes se cultivent sur des milieux ordinaires. Les coliformes thermotolérants vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs de contamination fécale de la première importance. Par ailleurs, leur résistance aux agents antiseptiques et notamment au chlore et à ses dérivés est voisine de la résistance des bactéries pathogènes. Ils constituent donc des indicateurs d'efficacité de traitement (Rodier *et al.* 2009).

3.3.1.4. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou streptocoques du groupe D) sont des commensaux de l'intestin. *Enterococcus faecalis* et *E. faecium* sont les deux espèces le plus souvent identifiées chez l'humain. Elles sont présentes dans les intestins d'environ 75 % des humains à des concentrations variant de 10^5 à 10^8 bactéries/g (Hancock & Gilmore, 2000). Les streptocoques du groupe D telle que *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus* et *S. alactolyticus* sont typiques des déjections animales. Ces espèces colonisent les intestins du bétail, des chevaux et de la volaille bien qu'elles puissent parfois être présentes chez l'humain (Bachtarzi, 2012). Ils sont aéro-anaérobies facultatifs, mésophiles et neutrophiles. L'espèce *Streptococcus thermophilus* prolifère à des températures proches de 45 °C. Les streptocoques fécaux se développent à 37 °C pendant 24 à 48 heures sur la gélose BEA (Bile-esculine-azide). Leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale ancienne en raison de leur meilleure résistance (comparativement aux coliformes) à des conditions de milieu défavorables (Cuq, 2007).

3.3.1.5. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie à Gram positive en forme de coque, anaérobie facultative, catalase positive qui requiert des températures de croissance comprises entre 6 et 46 °C (optimum à 37 °C). Germe ubiquitaire, il colonise diverses matrices telles que l'air, l'eau, la poussière, les eaux et plusieurs denrées alimentaires et les équipements de production. C'est aussi une bactérie commensale de la peau et des muqueuses des humains. Il possède un pouvoir pathogène dû à la production de toxines, les entérotoxines staphylococciques. Ces toxines peuvent se former dans les aliments à partir d'une charge de 10^6 UFC/g et provoquer des toxi-infections alimentaires. *Staphylococcus aureus* est une bactérie neutrophile qui survit dans les aliments déshydratés et/ou congelés et tolère pour sa croissance une forte concentration en sels (NaCl) (jusqu'à 20 %) et une activité de l'eau ($A_w = 0,83$) (Hennekinne, 2009). La présence de *S. aureus* coagulase positive dans les aliments chauffés et manipulés est plutôt un indice de contamination humaine et de mauvaises pratiques sur le plan des manipulations et de l'hygiène des manipulateurs (Loir, 2010).

3.3.1.6. *Bacillus cereus*

Bacillus cereus est retrouvé sous forme de spores dans le sol, à des concentrations de l'ordre de 10^4 à 10^5 spores par gramme de sol. Les spores de cette bactérie sont présentes dans quasiment toutes les catégories d'aliments. Des produits secs ou déshydratés, tels que les épices, les herbes aromatiques, certains légumes, les céréales et les farines, sont fréquemment contaminés à des niveaux variables par *B. cereus*. Elle est responsable de toxi-infections caractérisées par des symptômes diarrhéiques et d'intoxinations se traduisant par des symptômes émétiques. Il s'agit d'un bâtonnet à coloration Gram positive, sporulant et aéro-anaérobie facultatif (Guinebretière *et al.*, 2008 ; Afssa, 2009). Des spores de *B. cereus* sont aussi présentes dans le tube digestif d'animaux à sang chaud (Dromigny, 2008).

3.3.2. Levures et moisissures

Les levures sont des champignons unicellulaires sur une partie ou sur l'ensemble de leur cycle végétatif. Quant aux moisissures, elles sont des champignons microscopiques filamenteux définies comme étant des organismes eucaryotes, sporogènes, non chlorophylliens. Dans la nature, les levures et les moisissures se trouvent principalement sur les matrices riches en sucres directement assimilables (aliments). Par ailleurs, une large variété de levures et de moisissure vit dans le sol, ou est associée aux plantes.

Certaines espèces de moisissures synthétisent des mycotoxines (aflatoxines, lactones, certains stéroïdes), potentiellement pathogènes pour l'homme. Elles se développent sur des substrats variés, habituellement peu favorable à la croissance bactérienne : aliments de pH acide, à faible teneur en eau, à haute teneur en sucre ou en sel. Certaines spores de levures et de moisissures résistent à la chaleur, à la congélation, aux antibiotiques et à l'irradiation. La présence des levures et moisissures dans les denrées alimentaires indique deux types d'altérations de la qualité de l'aliment. Le premier type d'altération de la qualité des aliments concerne la qualité dite « marchande », tels que l'aspect, la texture, l'odeur et la saveur. Le deuxième type d'altération concerne la qualité dite « sanitaire ». La prolifération des moisissures pathogènes entraîne une diminution de l'innocuité des aliments et représente un risque pour la santé du consommateur (Guiraud & Rosec, 2004).

DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL & METHODES

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La contamination microbiologique de la farine de mil a été évaluée dans la ville de Daloa. Cette zone est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre le 6°90' latitude Nord et le -6°45' longitude Ouest. Les localités investiguées sont les différents marchés publics de la ville de Daloa à savoir le Grand marché (entre -6,457797 longitude et 6,880945 latitude), le Marché d'Orly (entre -6,45441 longitude et 6,869936 latitude), Kennedy2 (entre -6,470606 longitude et 6,889815 latitude), Abattoir 2 (-6,434499 longitude et 6,858484 latitude) et enfin le Marché de Lobia 2 (-6,453166 longitude et 6,898696 latitude). Les données de localisation ont été obtenues à l'aide du logiciel de localisation satellite Mobile Topographer TomTom GO 40

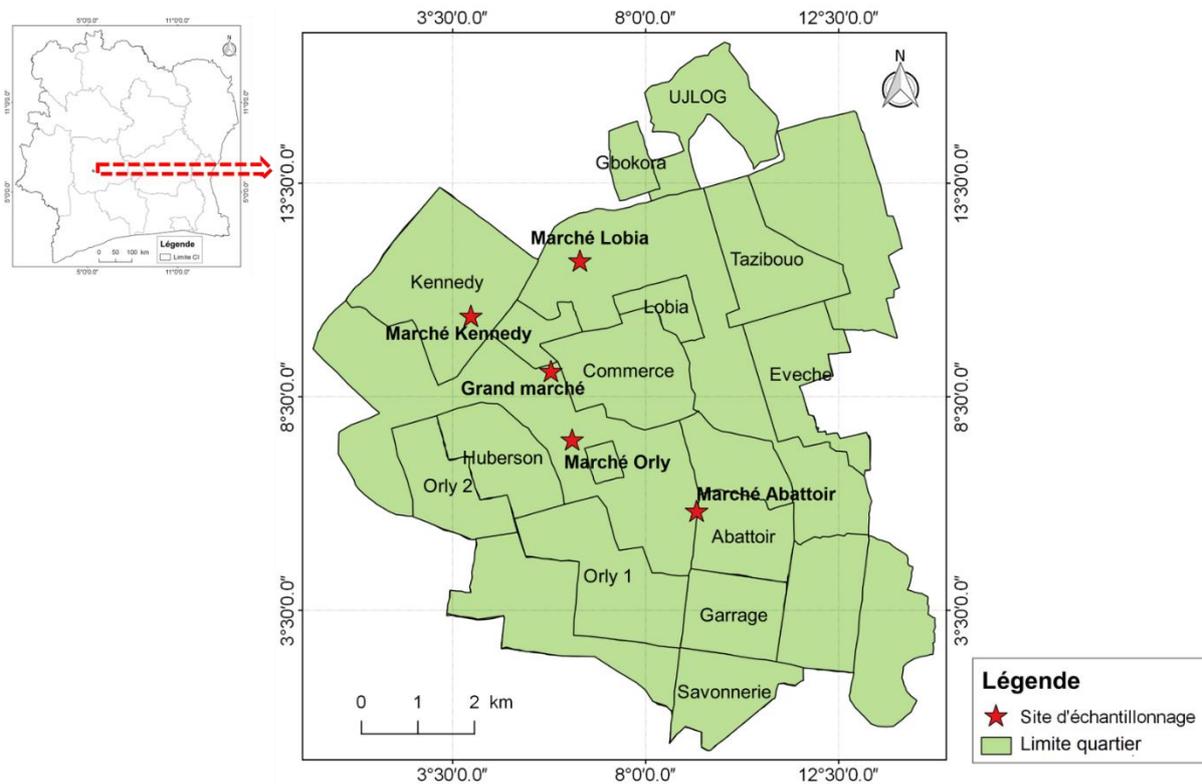


Figure 2: Présentation de la zone d'étude

2. MATERIEL

2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué de farines de mil commercialisées sur les différents marchés (Marché Abattoir 2, Marché Orly, Marché Kennedy 2, Grand marché, Marché Lobia 2) de la ville de Daloa.



Figure 3: Photographie de la farine de mil

2.2. Matériel technique

Il est composé, en plus des instruments classiques de laboratoire de microbiologie, des divers matériels (milieux de culture, GPS, logiciel de cartographie, autoclave, bain-marie, incubateurs) également présentés ci-après.

Le GPS a servi à relever les coordonnées géographiques des sites de prélèvement. Le logiciel de cartographie QGis 1.7.0. a permis l'élaboration des cartes et le géo-référencement. L'autoclave de type **NÜVE model OT012** a été utilisé pour réaliser les stérilisations des milieux de culture. Le bain-marie (**Fisher Scientific Polytest 12**) a servi au refroidissement des milieux de cultures à 50 °C. Les différents incubateurs de marque **MEMMERT model UF750**, **MEMMERT Beschickung/ loading-modell 100-800** et **Neo-tech SA** ont été utilisés pour la mise en culture des milieuxensemencés.

2.3. Milieux de culture

Les milieux de culture utilisés pour effectuer le travail sont les suivants :

2.3.1. Eau peptonée tamponnée

L'eau peptonée tamponnée (Biorad, Paris, France) est un diluant couramment utilisé pour la préparation des échantillons de produits alimentaires. Il est aussi préconisé dans de

nombreuses normes pour la préparation des échantillons, des suspensions mères et des dilutions décimales (NF en ISO 6887-1).

2.3.2. Sabouraud au chloramphénicol

La gélose Sabouraud au chloramphénicol (Biorad, Paris, France) est un milieu d'utilisation générale, permettant la croissance et l'isolement d'une grande variété de levures et moisissures. L'addition de chloramphénicol inhibe la croissance des bactéries à Gram positifs et Gram à négatifs.

2.3.3. Plat Count Agar (PCA)

La gélose PCA (Biorad, Paris, France) est un milieu gélosé utilisée en bactériologie alimentaire pour le dénombrement des bactéries aérobies psychrotrophe, mésophiles dans le lait, les viandes, les produits à base de viande, les autres produits alimentaires, ainsi que pour l'analyse des produits pharmaceutiques, des produits cosmétiques et de leurs matières premières.

2.3.4. Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre (VRBL)

C'est un milieu sélectif pour le dénombrement des coliformes totaux et des coliformes thermotolérants dans les produits alimentaires et animaux.

2.3.5. Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBG)

Le milieu de culture VRBG est un milieu sélectif destiné à déterminer la présence et estimer la quantité d'Enterobacteriaceae présentes dans divers produits, notamment dans des produits alimentaires.

2.3.6. Gélose Baird-Parker

La gélose Baird-Parker avec jaune d'œuf au tellurite de potassium est un milieu sélectif recommandé pour la recherche et la numération des staphylocoques coagulases positives. Son utilisation est recommandée par la pharmacopée européenne et américaine et pour la recherche de *Staphylococcus aureus* dans les aliments.

2.3.7. Gélose Rapid'E. Coli 2

C'est un milieu de culture sélectif chromogénique pour dénombrier directement les *Escherichia coli* et les autres coliformes dans un produit destiné à l'alimentation humaine et animale. Le principe du milieu repose sur la mise en évidence simultanée de deux activités enzymatiques la β -D-glucuronidase (GLUC) et la β -D-galactosidase (GAL). Le milieu contient deux substrats chromogéniques : un substrat spécifique de la GAL qui entraîne la coloration bleue des colonies positives pour cette enzyme et un substrat spécifique de la GLUC qui entraîne la coloration rose des colonies positives pour cette enzyme.

2.3.8. Gélose Bile-Esculine-Azide (BEA)

La Gélose Bile-Esculine-Azide est un milieu sélectif pour l'isolement et la numération des Entérocoques dans les produits alimentaires et les eaux. Il est aussi destiné à l'isolement sélectif et à la différenciation des streptocoques du groupe D et des *Enterococcus* qui tolèrent la bile et hydrolysent l'esculine en glucose et esculetine (esculetine + citrate de fer : coloration noire). Les Entérocoques développent de petites colonies translucides entourées d'un halo noir, témoignant de l'hydrolyse de l'esculine. La bile inhibe les bactéries à Gram positif autres que les streptocoques du groupe D et les *Enterococcus*. L'azide de sodium éventuellement présent inhibe les bactéries à Gram négatif.

2.3.9. Gélose Mossel

Le milieu Mossel est utilisé pour la recherche et le dénombrement de *Bacillus cereus* par la technique de comptage des colonies à 30 °C lors de l'analyse des produits alimentaires. Le principe du milieu repose sur l'incapacité de *Bacillus cereus* à fermenter le mannitol (colonies roses) et sur la mise en évidence de la lécithine. Le milieu est rendu inhibiteur vis-à-vis des autres bactéries par le sulfate de polymyxine B.

3. METHODES

3.1. Enquête portant sur l'environnement de la vente de la farine de mil à Daloa

Une enquête a été effectuée durant le mois de septembre 2019 dans cinq (05) différents marchés que sont : Orly, Grand marché, Abattoir 2, Lobia 2 et Kennedy 2 de la ville de Daloa. L'objectif de cette enquête était de recueillir des informations sur l'environnement de vente de la farine de mil dans les différents marchés ci-dessus énumérés. Les personnes interrogées sont les vendeuses de farine de mil dans ces marchés. Pour sa mise en pratique, un effectif de 33 vendeuses de mil à raison de six (6) au Grand marché, six (6) à Lobia, trois (3) Kennedy, trois (3) Orly et quinze (15) Abattoir a été soumis à un questionnaire renseignant sur le profil des producteurs (genre, âge, niveau d'étude) et sur l'environnement de vente de la farine mil (condition d'hygiène, mode de conservation et usage de la farine de mil) (**Annexe 2**).

3.2. Echantillonnage

L'échantillonnage de farine de mil s'est déroulé pendant le mois de novembre 2019 dans chacun des cinq marchés couverts par l'enquête. Cette opération a eu lieu après la phase d'enquête. Un échantillon est constitué d'environ 150 g de farine de mil. Trois différents échantillons ont été prélevés chez trois différentes vendeuses d'un même marché. Les prélèvements ont été effectués dans les conditions de vente de farine de mil au sein des marchés et les échantillons prélevés ont été déposés dans des sachets Stomacher puis transportés au laboratoire dans des glacières munies d'accumulateurs de glaces. Au total quinze (15) d'échantillons ont été prélevés et acheminés au laboratoire dans des thermos additionnés d'accumulateur de glace pour les différentes analyses.

3.3. Analyses physicochimiques

Les paramètres physicochimiques des échantillons de farine de mil qui ont été déterminés sont le pH et l'humidité.

3.3.1. Mesure du pH

Pour déterminer le pH, 10 g de farine de mil ont été dissouts dans un bocal contenant 20 mL d'eau distillée. Le mélange a été filtré et 10 mL du filtrat ont été utilisés pour la mesure du pH en y plongeant l'électrode d'un pH-mètre (Microprocessor pH-Meter, pH 211,

HANNA Instruments). La valeur du pH a été directement lue sur l'écran du pH-mètre, trois essais ont été effectués par échantillons de farine de mil.

3.3.2. Détermination de l'humidité

Le taux d'humidité a été directement lu à l'aide d'un appareil appelé humidimètre de marque OHAUS (**Annexe**). Cet appareil est composé de deux parties, un fixe et l'autre mobile servant de fermeture. Une quantité de l'échantillon à traiter comprise entre 0,5g et 5g est étalée sur une plaque incorporée dans l'appareil. La fermeture est rabattue, puis un bouton permet de le mettre en marche. Le taux d'humidité est lu directement sur l'appareil, trois essais ont été effectués par échantillons.

3.4. Analyses microbiologiques

3.4.1. Préparation des milieux de culture

Les différents milieux de cultures ayant servi aux analyses microbiologiques ont été préparés selon les prescriptions des fabricants. Les caractéristiques de ces milieux de cultures utilisés et les détails de leur préparation sont présentés dans le tableau en annexe 1.

3.4.2. Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales

La préparation de la suspension mère et des dilutions décimales a été réalisée selon la norme NF EN ISO 6887-1 qui définit les règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales en vue d'examens microbiologiques.

3.4.2.1. Suspension mère

Dix grammes de farine de mil sont pesés aseptiquement (autour du bec Bunsen) à l'aide d'une balance (**KERN**) puis déposés dans un Erlenmeyer. Un volume de 90 mL d'eau peptonée tamponnée y est ajouté. Le mélange a été homogénéisé pendant 2 min pour obtenir la suspension mère correspondant à la dilution 10^{-1} . Cette solution est laissée au repos pendant 30 min, afin de dissoudre et permettre une revivification des microorganismes à la température ambiante. A partir de cette suspension, une série de dilutions décimales est ensuite effectuée.

3.4.2.2. Dilutions décimales

La dilution décimale consiste à diminuer la densité de la farine de mil en micro-organismes, d'abord à 1/10 puis à 1/100 et ainsi de suite jusqu'à réduire la concentration microbienne de la suspension mère au facteur de 10^n . Une quantité de 1 mL de suspension mère est prélevée puis introduit dans premier tube à essai contenant neuf (9) mL d'eau distillée préalablement préparée et stérilisée. Ensuite une autre quantité de 1 mL est prélevée de nouveau dans le premier tube et introduit dans un deuxième tube contenant aussi 9 mL d'eau distillée stérile. Ainsi de suite cette opération se poursuit jusqu'à obtention de la dilution voulue. Cette opération consiste à diminuer la charge de la suspension mère (**Figure 4**).

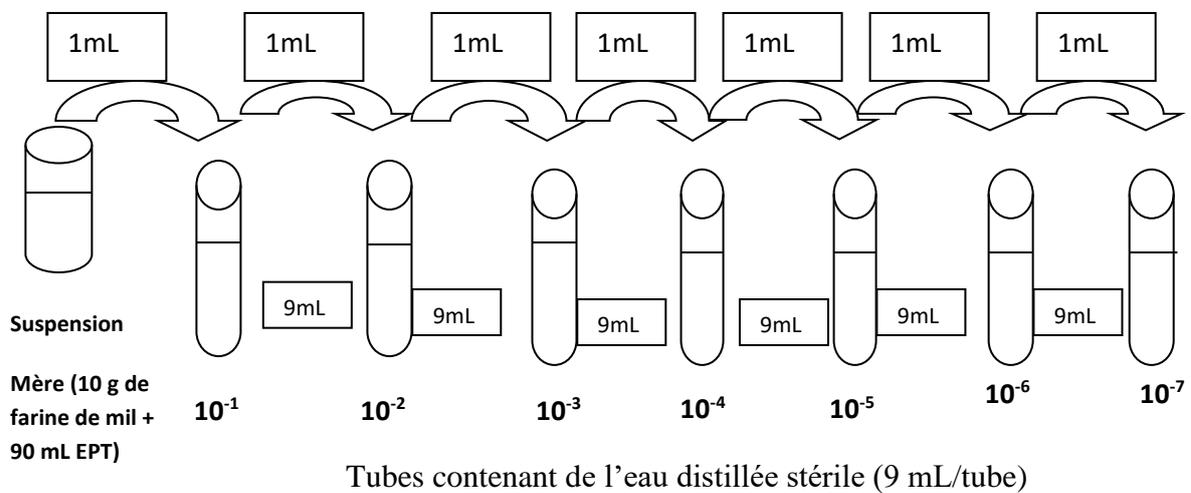


Figure 4: Schéma de dilution décimale

3.4.3. Ensemencement et incubation

Deux types d'ensemencement ont été réalisés au cours de cette manipulation. Il s'agit de l'ensemencement dans la masse qui a concerné les milieux Sabouraud au chloramphénicol, VRBG, VRBL, BEA et PCA, et l'ensemencement en surface par étalement qui prenait en compte les milieux *E. coli* Rapid 2, Baird Parker et Mossel.

3.4.3.1. Ensemencement dans la masse

Un millilitre de chaque dilution obtenue est introduit dans les boîtes de Pétri. Une quantité de 15 mL de milieu préalablement préparé est coulée dans la boîte de Pétri. L'ensemble est bien homogénéisé. Les boîtes ensemencées sont laissées sur la paillasse pour la solidification de la gélose.

Les boîtes ainsi solidifiées sont incubées à 25 °C pendant 7 jours pour les dénombrements des levures et moisissures, à 30 °C pendant 24 heures pour les coliformes totaux, à 30 °C pendant 72 heures pour les germes aérobies mésophiles, à 37°C pendant 24 à 48 heures pour les entérocoques.

3.4.3.2. Ensemencement en surface par étalement

Une quantité de 0,1 mL de chaque dilution décimale concernée est déposée dans une boîte de Pétri contenant 15 mL de gélose préalablement préparée et coulée. Puis les 0,1 mL sont étalés à la surface de la gélose à l'aide d'un étaleur stérile. Les boîtes ensemencées sont incubées à 45 °C pendant 24 heures pour la recherche et le dénombrement d'*E. coli* et à 37°C pendant 24 à 48 heures pour la recherche de *Staphylococcus aureus* et à 30°C pendant 24 heures pour *Bacillus cereus*.

3.4.4. Dénombrement et recherche des microorganismes dans la farine de mil

3.4.4.1. Dénombrement des levures et moisissures

Le dénombrement des champignons s'est effectué sur le milieu Sabouraud au chloramphénicol (Biorad, France) selon la norme ISO 21527-1 :2008 qui spécifie la méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures viables présentes dans les produits destinés à la consommation par l'homme ou à l'alimentation des animaux. Ainsi les colonies présomptives de champignons seront comptées.

3.4.4.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles s'est effectué sur le milieu PCA (Biomérieux, France) selon la norme NF V 08-051 qui est un milieu pour le dénombrement de la flore totale dans les produits alimentaires. Toutes les colonies sur milieu ont été comptées sur trois jours. Le résultat définitif a été noté au cours du troisième jour.

3.4.4.3. Dénombrement des coliformes thermotolérants

Le dénombrement des coliformes totaux s'est effectué sur le milieu VRBL (Biomérieux, Paris, France). La fermentation du lactose se traduit par une acidification, révélée par le virage au rouge de l'indicateur pH (rouge neutre), et par la précipitation d'acides biliaires autour des colonies. La présence simultanée de cristal violet et de sels biliaires assure l'inhibition des bactéries à Gram positif. Seules les colonies roses rouges ont été énumérées (NF V08-050, NF V08-060 et NF ISO 4832, 2006).

3.4.4.4. Recherche et dénombrement de *E. coli*

Le dénombrement des *E. coli* s'est effectué la Gélose RAPID' *E. coli* 2 ((Biomérieux, Paris, France) selon la norme NF ISO 16649-2. Seules les colonies de *E. coli* (GAL+/GLUC+) de coloration violette à rose seront prises en compte dans l'énumération.

3.4.4.5. Recherche et dénombrement des entérocoques et des streptocoques

Le dénombrement des entérocoques et des streptocoques s'est effectué la gélose BEA selon la norme ISO7899-2, 2000. Les colonies translucides entourées d'un halo noir, témoignant de l'hydrolyse de l'esculine ont été comptées.

3.4.4.6. Recherche et dénombrement des entérobactéries

Le dénombrement des entérobactéries s'est effectué sur la gélose VRBG selon la norme ISO NF ISO 21528-2, 2004 et NF V08-054. Les colonies qui ont des couleurs roses rouges, entourées ou non d'un halo violet de sels biliaires précipités seront prises en compte dans l'énumération.

3.4.4.7. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Le dénombrement de *Staphylococcus* à coagulase positive s'est effectué sur la gélose Baird Parker au tellurite de potassium et au jaune d'œuf selon la norme ISO 6888-1 et NF V08-057-1. Seules les colonies qui présentent des colorations noires (réduction du tellurite en tellure) et entourées d'un halo d'éclaircissement du jaune d'œuf seront énumérées.

3.4.4.8. Recherche et dénombrement de *Bacillus cereus*

Le dénombrement des *Bacillus cereus* s'est effectué sur le milieu Mossel (Biorad, France). La méthode de référence officielle actuellement préconisée pour l'énumération du groupe *Bacillus cereus* est la norme NF EN ISO 7932 (ISO 7932, 2004) qui permet l'identification et le dénombrement de *B. cereus* présomptifs revivifiants. Seules, les colonies rugueuses, sèches, roses (mannitol négatif), entourées d'un halo de précipitation de couleur rose et d'une zone transparente indiquant la production d'une lécithinase seront prises en compte pour le dénombrement.

3.4.4.9. Expression des résultats

La formule suivante a été utilisée pour effectuer le calcul du dénombrement moyen des microorganismes en UFC/g (ISO 7218, 2007).

$$N = \frac{\sum C}{V \times (n_1 + 0,1 \times n_2) \times d}$$

Où n_1 est le nombre de boîtes de la toute première dilution à laquelle les colonies ont pu être comptées, n_2 est le nombre de boîtes de la dilution qui précède la toute première dilution à laquelle les colonies ont pu être comptées, d est le taux de dilution de la première dilution à laquelle les colonies ont pu être comptées. N est le dénombrement moyen des champignons en UFC/g ou UFC/mL. $\sum C$ est la somme des colonies répondant aux critères d'identification sur les boîtes retenues, V est le volume de l'inoculum prélevé.

3.4.5. Normes d'appréciation de la qualité microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques obtenues sont comparés aux critères de référence pour apprécier la salubrité de l'échantillon analysé. Les résultats sont interprétés selon un plan à deux classes (satisfaisant lorsque la valeur de la charge microbienne est inférieure ou égale au critère de référence, et non satisfaisant lorsque cette valeur est supérieure au critère). Les normes d'appréciation de la qualité microbiologique de la farine de mil produite ont été tirées du recueil de critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires - Lignes directrices pour l'interprétation, 2015 de Luxembourg, complétées par la

référence normative des critères microbiologiques des aliments de l'Homme (C.E. n°2073/2005).

3.4.6. Détermination de l'origine de la contamination fécale

Elle est basée sur les critères définis par Borrego & Romero (1982). Selon ces auteurs, la contamination est d'origine animale si le rapport coliforme fécaux/ streptocoques fécaux indique 0,7 et d'origine humaine si ce rapport est supérieur à 4 (**Tableau II**).

Tableau II: Critères pour la détermination de l'origine de la contamination fécale

Ratio coliformes fécaux/streptocoques fécaux	Source de contamination
$R < 0,7$	Strictement d'origine animale
$0,7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine
$R > 4$	Strictement d'origine humaine

Source : (Borrego & Romero, 1982)

3.4.7. Analyse statistique

Les différentes données recueillies au cours de l'enquête ont été traitées à l'aide de logiciel statistique SPHINX. Des recodages ont été effectués pour l'exploitation des données (**Annexe 3**).

TROISIEME PARTIE :
RESULTATS & DISCUSSION

1. RESULTATS

1.1. Caractéristiques de la vente de farine de mil sur les marchés de Daloa

1.1.1. Profil des vendeuses de farine de mil à Daloa

La vente de farines de mil dans ces marchés est assurée uniquement par les femmes (100 %). Cette population est dominée à 33,3 % par des adultes âgés de 30 ans et plus. Les jeunes de 18 à 30 ans représentaient 54,5 % et les personnes âgées de 10 à 18 ans représentaient 12 %. L'enquête a révélé que 72 % des vendeuses interrogées n'avaient pas été scolarisées. Une proportion de 12 % avait un niveau d'étude primaire, 12 % pour un niveau d'étude secondaire et 3 % a déclaré avoir fait les études supérieures (**Tableau III**).

Tableau III : Caractéristiques sociodémographiques des vendeuses de farine de mil à Daloa

Caractéristiques	Nombre de personnes enquêtées	Fréquence (%)
Genre		
Féminin	33	100 %
Age		
10-18 ans	4	12,1 %
18-30 ans	18	54,5 %
30 ans et plus	11	33,3 %
Niveau d'étude		
Non scolarisé	24	72,7 %
Secondaire	4	12,1 %
Primaire	4	12,1 %
Supérieur	1	3,1 %

1.1.2. Hygiène des vendeuses et environnement sanitaire de la vente de la farine de mil dans les marchés

Il ressort de l'enquête que 79 % de l'ensemble des vendeuses de farine de mil visitées ont un environnement de vente peu acceptable. Chez 12 % des vendeuses, l'environnement de vente est sain et malsain chez 9 % (Figure 6).

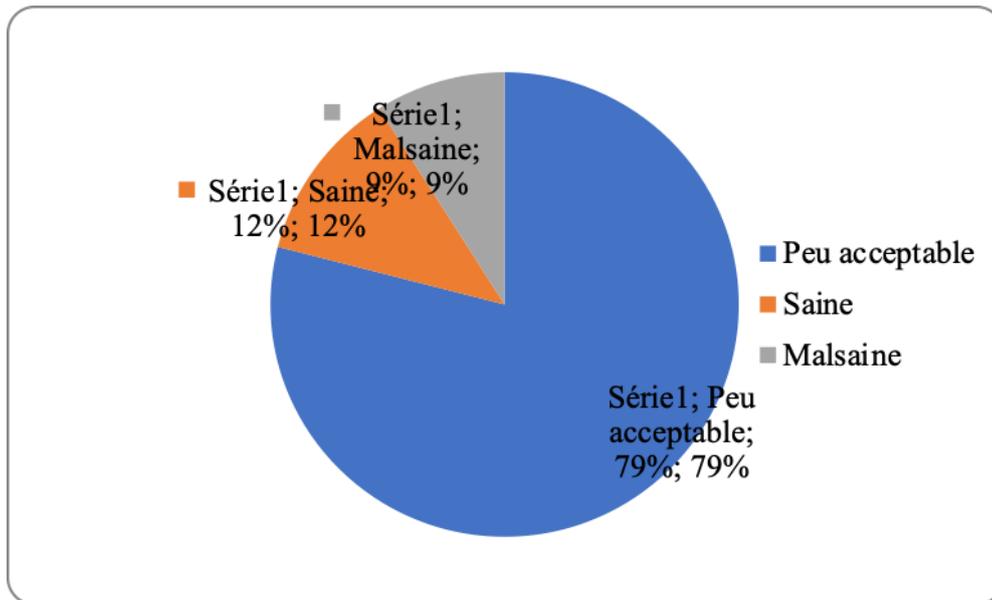


Figure 5: Environnement sanitaire des lieux de vente de la farine de mil

Par ailleurs, plus de la moitié (55 %) des vendeuses de farine ont une hygiène corporelle peu acceptable contre 45% qui présentent une hygiène acceptable (Figure 7).

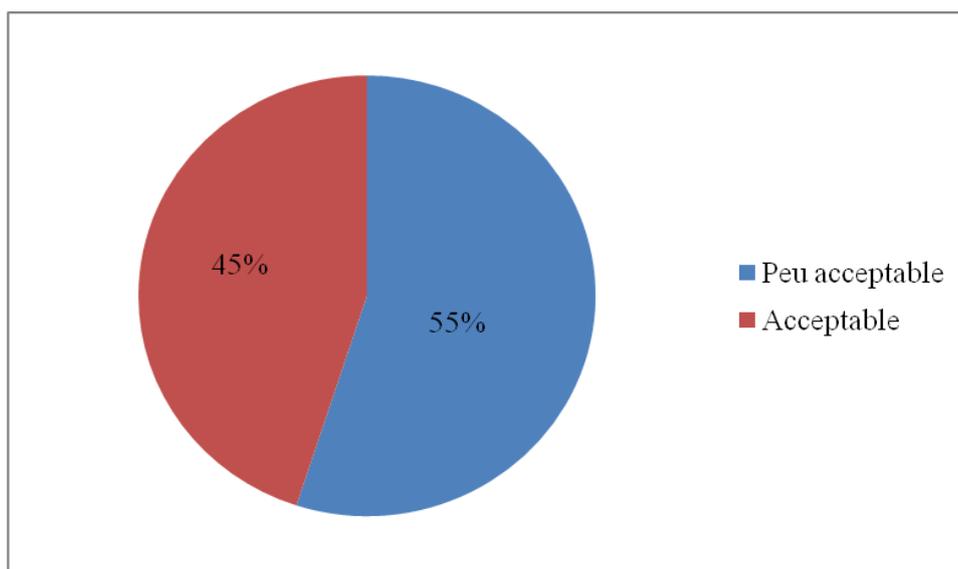


Figure 6: Etat d'hygiène corporelle des vendeuses de farine de mil

1.1.3. Usage de la farine de mil

L'enquête révèle que la farine de mil était destinée à plusieurs usages. Ainsi elle pourrait servir à la confection des mets tels que le *Bahka* (44 %), le *Tho* (28 %), *Wommi* (9 %) et autres usages non définis (19 %) (**Figure 8**)

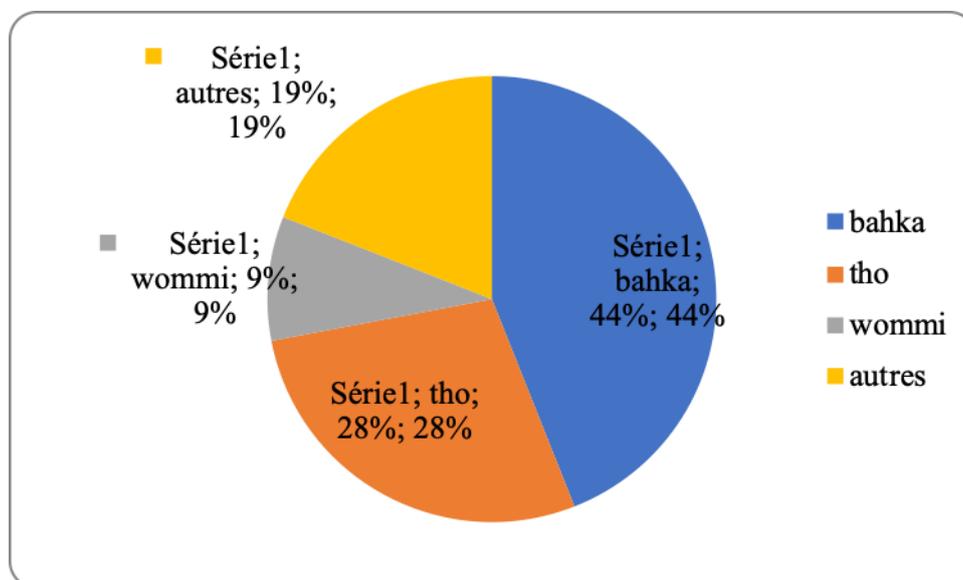


Figure 7: Usage des farines de mil destinées à la consommation

1.2- Caractéristiques physicochimiques de la farine de mil.

Les études physicochimiques menées sur les différents échantillons de farine de mil ont permis de déterminer le pH et le taux d'humidité.

1.2.1. pH de la farine de mil

Le pH de la farine mil vendue dans les différents marchés a été déterminé et variait de 4,7 à 6,7. La farine de mil du Grand Marché avec une valeur de $4,795 \pm 0,70$ avait le pH le plus faible alors celle du marché d'Abattoir était le plus élevé avec une valeur de $6,73 \pm 2,23$ (**Tableau IV**).

1.2.2. Taux d'humidité de la farine de mil.

Les taux d'humidité de la farine mil vendue dans les différents marchés variaient d'un marché à un autre. Ces taux étaient compris entre $17,2 \pm 1,53$ et $39,73 \pm 0,21$. Le taux le plus élevé était de $39,73 \pm 0,21$ provenait des échantillons du Grand Marché tandis que le plus bas

taux était issu des échantillons du marché de l'abattoir² avec une valeur de $27,13 \pm 6,47$ (Tableau IV).

Tableau III: Caractéristiques physico-chimiques de la farine de mil

Site de prélèvement	Taux d'humidité (%)	Ph
Marché de Lobia ²	$30,73 \pm 1,96$	$5,9 \pm 0,05$
Marché d'Abattoir ²	$27,13 \pm 6,47$	$6,73 \pm 2,23$
Marché d'Orly	$31,6 \pm 2,45$	$4,88 \pm 0,53$
Grand Marché	$39,73 \pm 0,21$	$4,79 \pm 0,70$
Marché de Kennedy ²	$17,2 \pm 1,53$	$5,91 \pm 0,02$

1.2.3. Flores microbiennes de la farine mil vendue dans les différents marchés de Daloa

1.2.3.1. Flores d'altération et de déficit des bonnes pratiques d'hygiène

Différentes flores microbiennes ont été retrouvées dans la farine de mil vendue dans les différents marchés de Daloa. Ce sont des microflores d'altération et certaines flores évocatrices de déficit des bonnes pratiques d'hygiène. Il s'agit de la flore fongique (levures/moisissures), des germes aérobies mésophiles et des entérobactéries. Tous les échantillons des marchés d'étude étaient fortement contaminés par ces différentes microflores. De plus, toutes les charges de ces flores en UFC/g étaient toutes supérieures aux normes de qualité microbiologique prévues. Les charges en UFC/g pour les germes aérobies mésophiles variaient de $1,58 \cdot 10^8$ à $2,21 \cdot 10^{10}$ UFC/g alors que la norme ne prévoit que 10^5 UFC/g. Pour la flore fongique, les charges variaient de $9,07 \cdot 10^5$ à $4,73 \cdot 10^8$ UFC/g tandis que la norme prévoit la valeur de 10^3 UFC/g. Quant aux entérobactéries les charges oscillaient de $1,23 \cdot 10^3$ à $4,86 \cdot 10^4$ UFC/g alors que la norme prévoit la charge 10 UFC/g (Tableau V).

Tableau IV: Charges moyenne des flores d'altération et de contamination

Sites de prélèvement	Entérobactéries UFC/g	Levures et moisissures UFC/g	Flores aérobies mésophile totale UFC/g
Marché Abattoir ²	<1	$5,16.10^6 \pm 750$	$2,21.10^{10} \pm 893$
Marché Orly	$4,86.10^4 \pm 819$	$5,42.10^7 \pm 737$	$8,99.10^9 \pm 149$
Grand Marché	$1,69.10^3 \pm 780$	$4,73.10^8 \pm 786$	$3,71.10^8 \pm 113$
Marché Kennedy ²	$1,23.10^3 \pm 679$	$5,52.10^7 \pm 347$	$1,14.10^{10} \pm 1621$
Marché Lobia ²	$4,18.10^3 \pm 337$	$9,07.10^5 \pm 608$	$1,58.10^8 \pm 139$
Critères microbiologiques	10 UFC/g	10^3 UFC/g	10^5 UFC/g

1.2.3.2. Flores d'origine fécale et leur origine

Tous les échantillons de la farine de mil étaient fortement contaminés par les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Toutes les charges étaient supérieures aux normes de qualité microbiologique prévues. Les charges en UFC/g pour les coliformes thermotolérants variaient de $4,85.10^2$ à $6,17.10^5$ UFC/g de farine de mil alors que la norme ne prévoit que 10^2 UFC/g. Celles des streptocoques fécaux oscillaient entre $8,57.10^4$ et $1,24.10^6$ UFC/g de farine de mil (**Tableau VI**). En outre, le rapport des charges de coliformes fécaux et des streptocoques fécaux (CF/SF) dans la farine de mil vendue dans les différents marchés de Daloa est de 0,50. Ce rapport indiquerait que ces flores fécales auraient une origine strictement animale ($1 > CF/SF > 0,7$).

Tableau V : Charge moyenne des flores de contamination d'origine fécale

Site de prélèvement	Streptocoque UFC/g	fécaux	Coliformes Thermotolérants UFC/g
Marché de Lobia ²	1,24.10 ⁶ ±131		6,17.10 ⁵ ± 6718
Marché d'Abattoir ²	<1		<1
Marché d'Orly	8,57.10 ⁴ ± 726		4,5.10 ⁴ ± 763
Grand marché	4,48.10 ⁵ ± 765		4,85.10 ² ± 65
Marché de Kennedy ²	4,84.10 ⁵ ± 715		8,28.10 ² ± 84
Critères Microbiologiques	Absence (-)		10 ² UFC/g

1.3. Espèces potentiellement pathogènes de la farine de mil vendue dans les marchés

La farine de mil vendue dans les différents marchés publics renferment des espèces bactériennes potentiellement pathogènes notamment *E. coli*, *S. aureus* et *B. cereus*. De plus, on notait à la fois, la présence de ces trois espèces bactériennes dans tous les échantillons avec des charges très élevées. Ces charges sont d'ailleurs supérieures à celles prescrites dans les normes de références. Les charges des *E. coli* variaient de 1,59.10² à 5,67.10⁵ UFC/g alors que la norme ne prévoit que 10 UFC/g. Celles des *S. aureus* oscillaient entre 7,03.10⁴ à 1,84.10⁵ UFC/g tandis que la norme ne prévoit que 10 UFC/g (**Figure 4**). Les charges des *B. cereus* variaient de 7,85.10⁶ à 4,9.10⁹ UFC/g alors que la norme indiquait ≥10⁵ UFC/g (**Tableau VII**).

Tableau VI : Charge des microorganismes potentiellement pathogènes

Sites de prélèvement	<i>Escherichia Coli</i> UFC/g	<i>Bacillus Cereus</i> UFC/g	<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g
Marché Lobia ²	5,67.10 ⁵ ± 514	7,85.10 ⁶ ± 728	1,84.10 ⁵ ± 274
Marché Abattoir ²	<1	4,74.10 ⁸ ± 814	1,84.10 ⁵ ± 270
Marché Orly	3,37.10 ² ± 276	2,17.10 ⁸ ± 580	1,62.10 ⁵ ±162
Grand Marché	1,59.10 ² ± 22	2,17.10 ⁸ ± 580	7,03.10 ⁴ ± 102
Marché Kennedy ²	6,86.10 ³ ± 7017	4,59.10 ⁹ ± 757	2,35.10 ⁷ ± 402
Critères microbiologiques	10 UFC/g	10 ⁵ UFC/g	10 UFC/g

2. DISCUSSION

L'enquête sur les différents marchés de Daloa a permis de savoir que la farine de mil est vendue dans la plupart des marchés publics de ladite ville. Cette activité comme la plupart des activités des ventes des aliments dans les marchés publics est encore l'apanage de la gente féminine (100%). Les femmes dont l'âge oscille entre 18 et 30 ans, sont les principales actrices (54,5%) dans la commercialisation de la farine de mil dans les marchés publics. Cette activité représenterait une source principale de revenu pour la majorité d'entre elles. Selon les travaux de Dieye, (2006) et ceux de Malette *et al.*, (2013), les activités informelles comme les ventes de produits alimentaires assurées par les femmes contribuent à la sécurité alimentaire des populations urbaines et à la création d'emplois pour ces couches vulnérables. La farine de mil est vendue dans les marchés sans aucune précaution d'hygiène. La farine est exposée dans des cuvettes ou pots sans couvercles. La plupart des vendeuses sont soit analphabètes (72,7%), soit de niveau d'études très faible (12,1%) et elles n'ont aucune notion de bonnes pratiques d'hygiène sur les produits alimentaires. La nature informelle des activités de vente, le niveau élevé d'analphabétisme et l'absence de programmes de formation sur les bonnes pratiques sur les denrées alimentaires pourraient justifier le comportement de ces dames qui ne sont pas conscients des risques de contamination de la farine exposée sans aucune précaution. Ces pratiques rendraient la farine de mil sujette à plusieurs types de contaminations notamment celle d'origine microbienne.

Les paramètres physicochimiques de la farine de mil notamment le taux d'humidité et le pH varient respectivement de $17,2 \pm 1,53$ à $31,6 \pm 2,45$ et de 4,79 à 6,73. Concernant le taux d'humidité, ces résultats sont proches du taux d'humidité indiqué dans une étude récente portant sur la farine blanche de maïs vendue commercialisée sur les marchés de 9 communes d'Abidjan. Le taux d'humidité de cette farine était compris entre 21,0 et 39,7 % (N'goran-Aw *et al.*, 2018). Ces forts taux d'humidité dans les farines artisanales avaient déjà été notifiés dans d'autres travaux (Berghofer *et al.*, 2003 ; Dedi *et al.*, 2017). Cette situation s'expliquerait par le procédé artisanal de production de ces farines. Souvent les taux d'extraction sont augmentés par un niveau d'humidité élevé des graines des céréales. En effet, la plupart des meuniers utilise un matériel de seconde main dont les performances sont gravement diminuées, ce qui a pour conséquence de faire passer plusieurs fois le produit à moudre dans le moulin si ce dernier n'est pas convenablement hydraté. D'ailleurs le procédé de

transformation des grains de mil en farine comporte une étape d'hydratation de ces dernières de plusieurs heures (N'goran-Aw *et al.*, 2017). De plus, la plupart des farines produites de manière artisanale sont destinées à être vendues et consommées le jour de la production. Cependant, quand la farine doit être conservée, les vendeuses ne réalisent qu'un séchage au soleil ou à l'ombre afin de prolonger la durée de conservation ; chose qui a une incidence faible sur le taux d'humidité. Le potentiel d'hydrogène (pH) de la farine de mil vendue sur les marchés de Daloa varie entre 4,79 et 6,73. Ces résultats sont sensiblement proches de ceux des farines de mil dans d'autres études (Tchekessi *et al.*, 2014) dont les pH de la farine de mil varient de 4,8 à 5,50. Il ressort que le pH de farines peut connaître une baisse après délais d'un mois de stockage. Cela est due soit à la continuité de l'activité amylasique des résidus d'amylases encore actives dans les farines, soit à l'oxydation des acides gras ou être imputable aux activités enzymatiques microbiennes (Sall, 1998).

Les analyses microbiologiques ont mis en évidence une contamination microbienne des farines de mil. Toutes les productions sont fortement contaminées par des germes aérobies mésophiles (GAM), des entérobactéries, des levures, des moisissures, des coliformes fécaux et Streptocoques fécaux. Pire, ces farines sont contaminées à la fois par *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et par les *Bacillus cereus*, de potentiels pathogènes avec des charges variables. Quels que soient les marchés d'études, la charge en UFC/g des contaminants est largement supérieure aux normes prescrites. Les résultats des *E. coli* varient de $3,37.10^2$ à $5,67.10^5$ UFC/g qui sont au-dessus des valeurs de maïs qui oscillaient entre 0 et $3,3.10^1$ UFC/g (N'goran-Aw *et al.*, 2018). Des résultats similaires ont été trouvés par Malette *et al.*, (2013) et, Sanou *et al.*, (2017) dans des farines infantiles produites de manière artisanale. La présence de ces germes traduit un risque sanitaire pour le consommateur. Certaines souches de *E. coli* sont des pathogènes (diarrhéiques) que l'on retrouve habituellement dans les environnements où les conditions sanitaires sont précaires Mesa *et al.* (2006). Les niveaux de contamination microbienne des échantillons de farine de mil varient différemment. Ces microflores retrouvées dans la farine de mil à Daloa ont aussi été isolées dans bien d'autres farines de céréales notamment les farines de maïs dans d'autres localités. Des farines de maïs étaient contaminées par les germes aérobies mésophiles et les charges variaient de $5,6.10^6$ à $1,8.10^9$ UFC/g (N'goran-Aw *et al.*, 2018). Les germes aérobies mésophiles sont constitués d'agents pathogènes et de microorganismes non pathogènes (N'guessan *et al.*, 2014) pour la plupart peu exigeants au niveau nutritionnel. En outre des conditions de stockage et de vente peu

soucieuses des règles d'hygiène et des bonnes pratiques de fabrication expliqueraient ces charges élevées. Pour la flore fongique, les charges variaient de $9,07.10^2$ à $4,73.10^8$ UFC /g.

Ces données de la présente étude sont largement supérieures à celles de la farine de maïs dans une étude similaire à Abidjan (N'goran-Aw *et al.*, 2018). Les fortes charges de la flore fongique peut-être une cause d'une altération à court terme de ces farines et conduire à des intoxications alimentaires suite à la formation de mycotoxines (N'Tuli *et al.*, 2013). Les sources d'une telle contamination sont multiples mais dans le cas des meuneries traditionnelles, la prolifération des germes est due à la formation des résidus de farine de diverses origines dans les machines de fraisage (N'Goran-AW *et al.*, 2017). Quant aux entérobactéries, *Staphylococcus aureus* les charges oscillaient entre $1,69.10^3$ et $4,86.10^4$ UFC/g, $7,03.10^4$ et $2,35.10^7$ UFC/g pour la farine de mil. Ces valeurs dénombrées sont supérieures aux normes microbiologiques. Des mesures correctives doivent être mise en œuvre pour le respect des bonnes pratiques d'hygiène au cours de la fabrication des farines afin d'obtenir une qualité microbiologique optimale. Concernant les coliformes thermotolérants et les streptocoques fécaux, leurs charges respectives ($4,85.10^2$ à $6,17.10^5$ UFC/g) et ($8,57.10^4$ à $1,24.10^6$ UFC/g) étaient au-dessus de la norme préétablie. La forte présence de ces germes se justifie par le caractère ubiquiste de ces derniers. Ces bactéries très répandues dans l'environnement et saprophytes de l'homme et des animaux à sang chaud, se retrouvent dans les farines au cours de la transformation. En effet, le procédé de transformation de ces farines demeure encore traditionnel. Le temps de production suffisamment long et des conditions d'hygiène insuffisantes pourraient constituer des voies de contamination de ces produits. Adjilé *et al.*, (2015) et Houssou *et al.*, (2016) ont montré dans leur étude sur la caractérisation de la technologie traditionnelle de production de la farine (à base de maïs) que la mouture constituait une étape critique, dépendante de l'ensoleillement et du niveau de salubrité des lieux. En effet, ces germes sont considérés comme des indicateurs d'hygiène dans le processus de fabrication des aliments (Biorollo *et al.*, 2001). La consommation de la farine de mil vendue sur les marchés présenterait des risques surtout pour les personnes dont le système immunitaire serait atteint. La contamination microbienne serait limitée par une surveillance accrue notamment au cours du séchage en protégeant la farine de la poussière et en veillant à l'hygiène des mains lors de la manipulation du produit.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a été menée en vue d'évaluer le risque microbiologique de la farine de mil vendues dans les marchés publics de Daloa. Le commerce de la farine de mil est une réalité dans la ville de Daloa. Ainsi, une enquête a été faite pour déterminer les problèmes lors de la mise sur le marché de la farine de mil, suivi des analyses microbiologiques. Le manque de bonnes pratiques d'hygiène dans les lieux de vente de farine de mil prédisposeraient à toutes formes de contamination. Cette enquête a révélé que la majorité des acteurs de cette filière était les jeunes (54,5%) dont l'âge de (18 à 30 ans), dominée par les femmes (100%) et sont peu instruits (12,1%). Les itinéraires techniques de transformation décrivent par ces vendeuses de farine de mil demeuraient très empirique. Les triages mal fait, l'utilisation de l'eau pour le trempage, les tamis, les machines utilisées pour la transformation du mil sont sujettes à toutes contaminations microbiennes. Le taux d'humidité de la farine de mil variait entre ($17,2 \pm 1,53$ à $39,73 \pm 0,21$) et pH est de ($4,79 \pm 0,70$ à $6,73 \pm 2,23$). Les analyses microbiologiques ont montré que la farine de mil vendue sur les marchés publics de Daloa, sont fortement contaminées par des flores d'altérations et d'autres flores d'origine fécale. Il a été noté la présence d'espèces pathogènes comme *Staphylococcus aureus* à coagulase positive estimé à ($7,03.10^4 \pm 102$ à $2,35.10^7 \pm 402$), *Escherichia coli* ($1,59.10^2 \pm 22$ à $5,67.10^5 \pm 514$) et *Bacillus cereus* ($7,85.10^6 \pm 728$ à $4,59.10^9 \pm 757$) dans toutes les farines vendues à Daloa. Cependant l'origine de la contamination fécale de la farine de mil est strictement d'origine animale. La forte présence de ces germes traduirait un manque de bonnes pratiques de fabrication du mil et de bonnes pratiques d'hygiène de la farine de mil, ce qui représenterait un danger pour les consommateurs. La consommation de la farine de mil vendue sur les marchés publics de Daloa représenterait un danger pour les populations consommatrices.

RECOMMANDATIONS

L'étude réalisée sur les risques microbiologiques de la farine de mil a donné des résultats satisfaisants. Toutefois, quelques mesures sont nécessaires.

- Des mesures préventives et des sensibilisations à l'endroit des vendeuses doit être prises pour éviter la consommation des farines ;
- Une surveillance accrue notamment au cours du séchage en protégeant la farine de la poussière doit être observée par les productrices/vendeuses ;
- L'hygiène des mains lors de la manipulation du produit doit être scrupuleusement respectée ;

- Les autorités compétentes doivent construire des petites unités de transformation des grains du mil en farine de mil.

PERSPECTIVES

Ces résultats ouvrent des perspectives d'études en vue :

- d'approfondir ces études en incluant les principaux acteurs en amont tels que les producteurs et les vendeurs de la farine ;
- d'identifier de façon moléculaire des souches d'*E. coli* retrouvée dans la farine devrait être menées ;
- d'isoler d'autres entéropathogènes et étudier leur antibiorésistance ;
- de rechercher d'autres flores d'intérêt comme la flore anaérobie sulfite-réducteur dans la farine de mil ;
- d'évaluer le risque sanitaire liée à la consommation de la farine de mil devrait être entreprise dans la ville de Daloa.

RÉFÉRENCES

- Adjilé N., Houssou A.P.F., Monteiro N., Fainou M.C., Akissoe N.H. & Toukourou F. (2015). Caractérisation du procédé de gambari-lifin (farine de maïs décortiqué dégermé) et influence de la variété de maïs sur la qualité physicochimique et rhéologique. *Nature & Technologie. B- Sciences Agronoamiques et Biologiques, N° 12*
- Afssa (2009). Avis du 10 avril 2009 de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la demande d'avis complémentaire concernant les références applicables aux denrées alimentaires en tant que critères indicateurs d'hygiène des procédés
- Alli I. 2004. Food Quality Assurance: principles and practices. CRC Press LLC, New York, USA, 141p
- Amadou I, Gounga M.E, & Le, G.W. (2013). Millets : Nutritional composition, some health benefits and processing - A Review. *Emir. Journal. Food Agriculture. 25: 501- 508*
- Amané A.P & Fohl-Leszkowicz A. (2009). Les mycotoxines dans les céréales : les points importants de contrôle de la production au stockage, le devenir dans les produits dérivés. Laboratoire de toxicologie et sécurité alimentaire-Auzeville-Tolosane. Note de l'ASEDIS-SO N° Spécial Mycotoxines (2003), 9p
- Andrews D.J, Rajewski J.F & Kumar K.A. (1993). Pearl millet : New feed grain crop. In *New Crops*, Janick J, Simon JE (eds). Wiley: New York; 198-208
- Anonyme 1. 2020. Le mil à barbe. Agriculture et développement en pays Antandroy: Fiches techniques. 3p. Consulté le 14/03/2020
- Ati H., Aba D.A, Ishiyaku M.F, & Katung M.D. (2015). Field Evaluation of Some Pearl Millet Genotypes for Downy Mildew (*Sclerospora graminicola*) Resistance and Yield. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Sciences, 8(6): 01-06.*
- Bachtarzi N. (2012). Qualité microbiologique du lait cru destinée à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de L'Est Algérien. Mémoire de Master en Science Alimentaire Option : Biotechnologie Alimentaire. Université de MENTOURI (Algérie). P123
- Bashir E.M.A, Ali A.M, Ismail M.I, Parzies H.K & Haussmann B.I.G (2014). Patterns of pearl millet genotype-by- environment interaction for yield performance and grain iron (Fe) and zinc (Zn) concentrations in Sudan. *Field Crops Research 166 : 82–91*

- Berghofer L.K., Hocking A.D., Miskelly D. & Jansson E. (2003). Microbiology of wheat and flour milling in Australia. *International Journal of Food Microbiology*, 85:137-49
- Birollo G.A., Reinheimer J.A., & Vinderola C.G. (2001). Enterococci vs. nonlactic acid microflora as hygiene indicators for sweetened yoghurt. *Food Microbiology*, 18: 597-604.
- Borrego A.F & Romero P. (1982). Study of microbiological pollution of malaga littoral area II, Relationship between fecal coliform and fecal streptococci, VIème journée études. Pollution Cannes, 561-569
- Bsadjou Tchamba R., Mbofung C.M.F., Etoa F. X. (2014). Étude comparative de quelques techniques de transformation du maïs en farine dans l'Adamaoua in Céréales en régions chaudes : conservation et transformation. Paris, France 1989, AUPELF/UREF, Edit. John Libbey Eurotext, pp. 179-186
- CORAF. (2012). Sélection et Mise à Disposition des Paysans de Variétés et de Semences Appropriées. Des Résultats du Projet P1 : 1991-1996
- Cuq J.L. (2007). Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. P: 20-25
- Dedi A. Doumandji S. & Doumandji B.M (2017). Prevention des altérations et des contaminations microbiennes des aliments. Mémoire de stage en sciences Alimentaire et nutrition (Option alimentation nutrition et santé) Université Mentouri, Constantine, Algérie, 90p.
- Dieye B. M. (2006). Le financement de la production maraîchages : l'exemple de la zone de Potou (Sénégal) ; BIM, février N°15, 6p
- Diouf O. (2001). La culture du mil (*pennisetum glaucum* L.) R.Br.) En zone semi-aride : bases agrophysiologiques justificatives d'une fertilisation azotée. Mémoire de Titularisation. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles. 75p

- Dromigny (2008). *Bacillus cereus*. Collection « Monographies de microbiologie ». Éditions Lavoisier Paris <http://digitalcommons.unl.edu/entomologyfacpub/328>
- Doyle M.P. & Erickson M.C. (2008). Summer meeting 2007- the problems with fresh produce : an overview. *Journal Applied Microbiological*, 105 (2) : 317-30
- Dupuy C. (2017). La domestication du mil et ses implications sociétales. Le saharien, Paris : LaRahla : Amis du Sahara.13p.
- Emillie, (2007) : Connaissance des aliments base alimentaire et nutritionnelles de la diététique, ED : Tec et doc. Lavoisier, paris
- FAO. (1997). Food security and nutrition trends in West Africa challenges and the way forwards. 2nd International Workshop on Food-based Approaches for a Healthy Nutrition in Burkina Faso
- FAO, 1995. Application de l'analyse des risques dans le domaine des normes alimentaires. (Consulté en 2020).<http://www.fao.org/3/ae922f04.htm>
- FAO (1994). Codex Alimentarius, Rome, 7: 1-54
- FAO.2007. Introduction à la gestion conservation de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). FAO. Rome. (Consulté en 2020). <http://www.fao.org/3/t1765f/t1765f0w.htm>
- FAOSTAT. 2018. FAO.doc_12_Mars_2018_12h12.doc. www.fao.org/faostat/fr/
- FAOSTAT (2015)).<http://faostat.fao.org/>(Consulté le 04 octobre 2015)
- Godon B. & Willm C. (1998) : Industrie des premières transformations des céréales, Tec et doc, Lavoisier. Paris
- Guinebretière M.H., Thompson F.L., Sorokin A., Normand P., Dawyndt P., Ehling-Schulz M.& Svensson SV. (2008). Ecological diversification in the *Bacillus cereus* Group. *Environment Microbiology* 10, 851-865
- Guiraud J. & Rosec P. (2004). L'analyse microbiologique dans les industries alimentaire

.Editiopns de l'usine nouvelle. Paris. 236p.

- Hamadou M., Soumana I., Chaibou M., Souleymane O. & Kindomihou V. (2017). Potentialités fourragères du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br). Revue de littérature. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 34(2): 5424-5447
- Hancock L.E. & Gilmore M.S. (2000). Pathogenicity of enterococci. Dans : Fischetti, VA, RP Novick, JJ Ferretti, DA Portnoy et JI Rood, édit., Gram positive pathogens. *American Society for Microbiology*. 251-258
- Hennekinne J.A. (2009). Nouvelles approches pour la caractérisation des toxi-infections alimentaires à staphylocoque à coagulase positive, Thèse de Doctorat de l'université des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech, p.184.
- Houssou P.A.F., Padonou S.W., Vodouhe M.C., Djivoh H., Dansou V., hotegni A.B. & Metohoue R. (2016). Production du gambari-lifin (farine raffinée de maïs) de bonne qualité par l'amélioration du procédé traditionnel production au Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17: 100-111
- ISICRAT, (2017). Pearl Millet. [http:// test 1.icrisat.org/ PearlMillet.htm](http://test1.icrisat.org/PearlMillet.htm) du 13/01/07
- Jeantet, R., Thomas C., Pierre S. & Gérard B. (2007). Sciences des aliments : Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits, Volume 2 Technologie des produits alimentaires. Tec & Doc. Paris. 456p.
- Kadri, A.H.H & Issa K. (2019). Culture du mil (*Pennisetum glaucum* (L) R.Br) et ses contraintes à la production. *International Journal Biology and Chemical Sciences* 13 (1):503-524
- Kannan B, Senapathy S, Raj A.G.B, Chandra S, Muthiah A, Dhanapal A.P & Hash C.T. (2014). Association analysis of SSR markers with phenology, grain and stover-yield related traits in Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). *The Scientific World Journal*, 14 p,
- Khan F., Rizvi M., Shukla I. & Malik A. (2011). A novel approach for identification of members of Enterobacteriaceae isolated from clinical samples. *Biology and Medicine*, 3 (2): 313-319

- Kholova J, & Vadez V. (2013). Water extraction under terminal drought explains the genotypic differences in yield, not the anti-oxidant changes in leaves of pearl millet (*Pennisetum glaucum*). *Functional Plant Biology*, 40(1): 44–53.
- Kole C. (2006). *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants: Cereals and Millets*. (Chittaranjan Kole, Ed.) Springer (Vol. 1).
- Koro B., Adiko A., Tschannen A.B., Cissé G., Tanner M. & Utzinger J. (2010). Maraîchers à Abidjan, Côte d’Ivoire : préoccupations sanitaires et maladies parasitaires. *Magazine Agriculture Urbaine*, 5-12
- Koro M. E., Anandan S. & Quinlan J. J. (2010). Microbial quality of food available to population of differing socioeconomic statuts. *American journal of preventif medecine*, 38 (5) : 478-81.
- Kouassi K.C., Kouassi K.A., Yao K.M., Kouassi A.G. & Koffi N.R. (2019). Assessment of the Risk of Microbial Contamination of an Urban Crop in the City of Daloa (Côte d’Ivoire): Case of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Research* 8(3) : 122.
- Lachhab L. (2013). Evaluation de la qualité hygiénique des salades prêtes à Consommer dans la ville de Fès. Projet de fin d’étude, Université SIDI Mahamed Ben Abdellah, faculté des Science et Technique Département de Biologie (Fès Maroc). p 35
- Léder I. (2004). Sorghum and Millets. In *Cultivated Plants Primarily as Food Sources : Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, György Füleky (ed). UNESCO, Eolss Publishers : Oxford, UK ; 1-17
- Loir Y. L. (2010). *Staphylococcus aureus* Tec & Doc
- Loumrem M : 2004. Etude de la variabilité des populations de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Cultivées dans les régions arides tunisiennes et sélection de variétés plus performantes. PhD, Université de Gent, Faculté d’agronomie de Gent

- Malete Y., Sessou P., Farougou S., Metohoue R. & So- hounhloue D., (2013). Évaluation de la qualité hygié- nique de Tchaamessibu, une pâte acide consommée à Natitingou au nord Bénin. *Revue de Microbiologie Industrielle, Sanitaire, et Environnementale*. 7: 228-244
- Marchais L, Tostain S, Amoukou I. 1993. Signification taxonomique et évolution de la structure génétique des mils pénicillaires. In *Le Mil en Afrique : Diversité Génétique et Agro-physiologie : Potentialités et Contraintes pour l'Amélioration Génétique et l'Agriculture*, Serge H (éds). ORSTOM : Paris ; 119-127
- Moumouni KH. 2014 .Construction d'une carte génétique pour le mil, *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br, par une approche de génotypage par séquençage (GBS). Mémoire, Université de Laval de Québec, Québec, p. 111.
- Mesa R. J., Blanc V. & Blanch A. R. (2006). Extended-spectrum beta-lactamase-producing Enterobacteriaceae in different environments (humans, food, animal farms and sewage). *Journal of Antimicrobial Chemother*, 58 (1) :211-215.
- Nambiar VS, Dhaduk J, Sareen N, Shahu T, Desai R. 2011. Potential functional implications of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in health and disease. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(10) 62-67.
- N'Goran-AW E.B.Z., Doudjo S., Sadat A., David, A.K., Emmanuel A.N. (2017). Évaluation des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'un beignet traditionnel à base de mil fermenté (gnomy) commercialisé dans la ville de Yamoussoukro (Côte D'Ivoire). *European Scientific Journal*, 13(9).
- N'Goran-AW E.B.Z., Doudjo S., Sadat A., David, A.K., Emmanuel A.N. (2018). : Qualité microbiologique des farines de maïs aux marchés d'Abidjan (Côte D'Ivoire). *European Scientific Journal*, 13(9)
- N'guessan Y.D., Bedikou M.E., Zoue L.T., Goualie B.G., Niamke S.L. (2014). Physicochemical, nutritive and safety evaluation of local cereal flours sold in areas of the District of Abidjan-Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 83: 7579-7594

- NF EN ISO 4832. (2006). Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes - Méthode par comptage des colonies.
- NF V08-050. (2009). Microbiologie des aliments. Dénombrement des coliformes présumés par comptage des colonies obtenues à 30°C.
- NF V08-060. (2009). Microbiologie des aliments. Dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44°C.
- NF V08-051 (1999) : Microbiologie des aliments - Dénombrement des micro-organismes par comptage des colonies obtenues à 30°C - Méthode de routine.
- NF ISO 16649-2 (2001) : Microbiologie des aliments – Méthode horizontale pour le dénombrement des *Escherichia coli* β -glucuronidase positive. Partie 2 : Technique de comptage des colonies à 44°C au moyen d'acide 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronate
- NF ISO 7899-2. (2000). Essais des eaux - Recherche et dénombrement des entérocoques - Méthode générale par filtration sur membrane
- NF EN ISO 21528-2. (2017). Microbiologie de la chaîne alimentaire. Méthodes horizontales pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae. Partie 2 : Méthode par comptage des colonies.
- NF V08-054. (2009). Microbiologie des aliments. Dénombrement des entérobactéries présumées par comptage des colonies obtenues à 30°C ou à 37°C.
- NF EN ISO 6888-1. (1999). Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces). Partie 1 : Technique utilisant le milieu gélosé de Baird-Parker.
- NF V08-057-1. (2004). Microbiologie des aliments. Méthode de routine pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive par comptage des colonies à 37°C. Partie 1 : Technique avec confirmation des colonies.

- Ntuli V., Mekibib S.B., Molebatsi N., Makotoko M., Chatanga P. & Asita. O.A., (2013). Microbial and Physicochemical Characterization of Maize and Wheat Flour from a Milling Company, Lesotho. *International Journal of Food Safety*, 15 : 11-19
- Ray B. (2005). *Fundamental food microbiology*. CRC Press LL New York, USA, 608p
- RGPH. (2014). *Resultats RGPH 2014*, 6p.
- Rodier J., Legube B. & Merlet N. (2009). *L'analyse de l'eau*. 9e édition Dunod, 717-820
- Saritha A, Durgaraju C, Srivastava R.K, Kanakadurga K, Reddy N, Sharma R, Katiyar P. & Dangi K.S. (2017). Genetic Variability for Downy Mildew Disease Incidence in Mapping Population Parents of Pearl Millet. *International. Journal of Pure Applied Biosciences*, 5(4): 689-697.
- Sall K. (1998). *Contrôle de qualité des farines céréalières mises sur le marché au Sénégal*.
- Sanou A., Tapsoba F., Zongo C., Savadogo A. & Traore Y. (2017). Étude de la qualité nutritionnelle et microbiologique des farines infantiles de quatre unités de production : CMA saint Camille de Nanoro, CSPS Saint Louis de Temnaore, CM saint Camille d'Ouagadougou et CHR de Koudougou, *Agronomic & Biological Sciences*, 17: 25-39.
- Shelke G.V.& Chavan A.M. (2010). Improvement of agronomically desirable genotypes for downy mildew disease resistance in Pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) By recombination breeding. *Journal of Ecobiotechnology*, 2(1): 16-20.
- Signs R.J., Darcey V.L., Carney T.A., Evans A.A. & Quinlan J.J. (2011). *Retail Food*
- Slama T, Minamba B, Birama S.C. & Adama C. (2015). Amélioration de la gestion de la fertilité des sols et celle des cultures dans les zones sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest : une condition sine qua none pour l'augmentation de la productivité et de la durabilité des systèmes de culture à base de mil. *Research Gate*. p.26. <https://www.researchgate.net/publication/237827087>
- Statista, (2020). Production de céréale en volume au niveau mondial de 2008/2009 à 2018/2019. (Consulté en 2020) <https://fr.statista.com/statistiques/570915/cereale-volume-production-monde>.

- Tankoano A, Michel B.B., Hagrétou Sawadogo L. & Donatien K.AS (2017). Les aspects technologiques, microbiologiques et nutritionnels des aliments fermentés à base de lait et de mil en Afrique de l'ouest. *International Journal of Advanced Research*.5 (8)1509-1526
- Tapsoba H. (1991). Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de Populations et les dégâts des insectes inféodés à l'arachide, au niébé, au sorgho et au mil. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur du développement rural. Option : Agronomie. Université d'Ouagadougou, Institut du Développement Rural (IDR).153 p.
- Tchekessi CC.K., Bokossa IY., Hounkpatin GJ.F., Banon J., Adigun N., Sachi P. & Agbangla C. (2014). Etude socio-économique et technologique de fabrication des boulettes de céréales pour la production d'une boisson fermentée de type probiotique consommée au Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies* (9): 1323-1335.
- Tostain S. (1998). Le mil, une longue histoire : hypothèses sur sa domestication et ses migrations.horizon.documentation.ird.fr.461-490.
- Tostain S & Marchais L. (1993). Evaluation de la diversité génétique des milles (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Au moyen de marqueurs enzymatiques et relations entre formes sauvages et cultivées. In "Serge Hamon (éds). Le mil en Afrique 'diversité génétique et agro physiologie : potentialités et contraintes pour l'amélioration génétique et l'agriculture" (ORSTOM, ed.), pp. 33-56. Serge Hamon, Paris, France
- Vadez V., Hash, T., Bidinger, F. R., & Kholova, J. (2012). II.1.5 Phenotyping pearl millet for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, doi:10.3389/fphys.2012.00386
- Wognin A.S. (2014). Facteur de risque de Contamination et gènes de virulences associé à *Escherichia coli* dans L'environnement maraîcher : cas de la laitue (*lactuca sativa*) en zone périurbaine d'Abidjan. Thèse de Doctorat, UFR des sciences et Technologie des aliments : Microbiologie et biologie moléculaire. Université Nangui Abrogua (Abidjan Côte d'Ivoire). p 212

ANNEXES

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES ET PREPARATION DES MILIEUX DE CULTURE

TABLEAU 1. Caractéristiques des milieux de culture

Milieu de culture	Type de stérilisation	Quantité à prélever	Milieu sélectif pour
VRBL	Non autoclavable	40,5g/L d'eau distillée	Coliformes totaux
VRBG	Non autoclavable	40,5g/L d'eau distillée	Entérobactéries
PCA	Autoclavable à 121°C pendant 15 min	23g/ L d'eau distillée	Flore aérobie totale
Baird Parker	Autoclavable à 121°C pendant 15 min	63g/950 mL d'eau distillée	<i>S. aureus</i> coagulase positive
Sabouraud	Autoclavable à 121°C pendant 15 min	65g/L d'eau distillée	Levures et moisissures
EPT	Autoclavable à 121°C pendant 15 min	15g/L d'eau distillée	Préparation des solutions mères
Rapid <i>E coli</i>	Autoclavable à 121°C pendant 15 min	37g/L d'eau distillée	<i>Escherichia coli</i>
BEA	Autoclavable à 121°C pendant 15 min	44,5g/L d'eau distillée	Streptocoques fécaux

ANNEXE 2 : FICHE D'ETUDE DE LA FARINE DE MIL VENDUES SUR LES MARCHES DE DALOA

Nom de marché : Abattoir2 Grand marché Orly kennedy2
Lobia2

IDENTITE VENDEUR

Genre : Homme Femme
Age : 10-18 ans 18-30 ans 30 ans et plus
Niveau d'instruction : Non scolarisé Primaire Secondaire Supérieur

CONDITION D'HYGIENE

Hygiène du cadre : saine peu acceptable malsaine
Hygiène de la personne : saine peu acceptable malsaine

INFORMATION SUR LE PRODUIT (FARINE DE MIL)

Origine : par fournisseur produit soi même
Produite soi-même ; quel est le processus de fabrication de la farine de mil à partir de la graine ?

.....
.....

La farine de mil que vous vendez contient-elle des composés chimiques : Oui Non
Si oui ; Lesquelles

.....

Mode de conservation : Couvert Non couvert
Si couvert avec : Plastique Pagne autre à préciser.....
Dépôt stockage : Personnel Collectif
Temps d'écoulement de farine. 1 jour 2 jours 3 jours Autre.....

USAGES DE LA FARINE DE MIL

Wommi :
.....

Bahka :
.....

Tho :
.....

Autres :.....
.....

ANNEXE 3 : QUELQUES MATERIELS UTILISES AU LABORATOIRE



A : une balance (OHAUS[®]) ; **B** : un bain marie (Raypa[®]) ; **C** : un spectrophotomètre ; **D** : les verreries ; **E** : un autoclave (VARIOKLAV[®]) ; **F**, **G** et **H** : des étuves (Mettler) ; **I** : les différents produits chimiques utilisés ; **J** : des pipettes et des pro pipettes ; **K** : des boîtes de pétries. (Photographie Techno POP 1 Pro)

RESUME

La vente de la farine de mil est une activité dans les marchés de la ville de Daloa. Cette étude a été faite pour évaluer le risque microbiologique de la farine de mil vendue dans les marchés publics de Daloa. Une enquête, la détermination de quelques paramètres physico-chimiques et des analyses microbiologiques ont été réalisées. L'enquête a consisté à interroger quelques vendeuses de farine de mil afin d'avoir des informations sur leur hygiène corporelle et leur environnement immédiat de vente. Des dénombrements et des recherches de microorganismes ont été effectués sur les échantillons afin d'évaluer la qualité de la farine de mil. Les résultats ont révélé que la vente de la farine de mil est exclusivement exercée par des jeunes femmes (54,5%). Dans la majorité des cas ces femmes sont analphabètes (72,7%) et ont une hygiène corporelle inappropriée et un environnement de vente peu acceptable (79%). Les échantillons de farine de mil sont fortement contaminés et ont une qualité microbiologique peu acceptable. Par ailleurs certaines espèces pathogènes telles que *Staphylococcus aureus* à coagulase positive, *Escherichia coli* et *Bacillus cereus* ont été identifiées dans les farines vendues sur les marchés de Daloa. De plus le pH et l'humidité variaient de ($4,79 \pm 0,70$ à $6,73 \pm 2,23$) et ($17,2 \pm 1,53$ à $39,73 \pm 0,21$) d'un échantillon à l'autre et d'un quartier à l'autre. La présence de ces germes traduirait un manque de bonnes pratiques de fabrication du mil, ce qui représenterait un danger pour les consommateurs. La farine de mil vendue sur les marchés représenterait un danger pour la population consommatrice de farine de mil à Daloa.

Mots-clés : Farine, Mil, Contamination Microbienne

ABSTRACT

The sale of millet flour is a flourishing business in markets of the town of Daloa. The purpose of this study was to assess the microbiological risk of millet flour sold in public markets in Daloa. An investigation, the determination of some physico-chemical parameters and microbiological analyzes were carried out. The investigation consisted of interviewing a few sellers of millet flour in order to obtain information on their personal hygiene and their immediate sales environment. Counts and microorganism searches were carried out on the samples to assess the quality of millet flour. The results revealed that the sale of millet flour is exclusively carried out by young women (54,5%). In the majority of cases, these women are illiterate (72,7%) and have inadequate body hygiene and an unacceptable (79%) sales environment. The millet flour samples are highly contaminated and have an unacceptable microbiological quality. In addition, certain pathogenic species such as *Staphylococcus aureus* with coagulase positive, *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* have been identified in the flours sold on the Daloa markets. In addition, the pH and humidity varied from ($4,79 \pm 0,70$ to $6,73 \pm 2,23$) sample to sample and ($17,2 \pm 1,53$ to $39,73 \pm 0,21$) from district to district. The presence of these germs would reflect a lack of good millet manufacturing practices, which would represent a

danger for consumers. Millet flour sold on the markets would represent a danger for the population consuming millet flour in Daloa.

Keywords: *Flour, Millet, Microbial Contamination.*