



LA CONTAMINATION AUX AFLATOXINES DES ALIMENTS DESTINES AUX ENFANTS DE 0 A 59 MOIS DANS LES ZONES DE SANTES DE GOMA, KAYNA ET KYONDO AU NORD-KIVU

BAKENGA MATABARO Dieudonné, ATEHNKENG Joseph, MURHULA CIZUNGU Alexis, AGANZE BIGABWA Bigman and
KYAKIMWA KIMINYA Florence

*Unité de Recherche en Biochimie, Biologie Moléculaire et Cellulaire,
Département de Biologie, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, ISP, Bukavu, RD Congo*

ABSTRACT: This work focused on the study of the quality of nutrients used to feed children from 0 to 59 months in a few households in the health zones of Goma, Kayna and Kyondo in North Kivu.

The objective pursued was to evaluate the level of knowledge on the contamination of said nutrients by aflatoxins, to measure the latter in the same foods and to evaluate the effect of honey on the development of *Aspergillus* sp found in these nutrients with a view to long-term preservation. To achieve this, a survey was carried out among 353 people, including 140 caregivers and 213 children aged 0 to 59 months. Thereafter, the rate of aflatoxins was assayed in the various samples by the chromatographic method on a thin layer using the Raptor. The samples that showed high levels of aflatoxins were treated with different concentrations of honey to assess its inhibiting effect on the development of aflatoxinogenic molds contained in the foods mentioned above. The results obtained show that 56.4% of respondents had never heard of aflatoxins and did not know them, compared to 43.6% who had already heard of them; 47.5% of respondents agreed that stunting in children may be due to the consumption of foods contaminated with aflatoxins and 23% agreed that aflatoxins can cause food poisoning. The majority of those who were aware of the existence and effect of these mycotoxins had attended college and were new to the career. In this study, the level of study and the seniority were factors influencing the knowledge of the nursing staff on the contamination by aflatoxins. In the three health zones, 114 out of 213 children sampled, or 54%, suffered from global acute malnutrition, of which 82, or 39%, suffered from severe acute malnutrition and 32, or 15%, suffered from moderate acute malnutrition. All of the 82 children suffering from severe acute malnutrition, or 39%, consumed foods with a dangerous aflatoxin level of between 11 and 258 ppb.

For the evaluation of the inhibitory effect of honey on *Aspergillus*, the results obtained showed that high concentrations of honey stop the development of *Aspergillus* sp. in these foods, which made it possible to keep the level of aflatoxins stable for more than two weeks of storage.

Keywords: aflatoxins, malnutrition, children, effect of honey.

Digital object identifier (DOI) : <https://doi.org/10.5281/zenodo.10952444>

1. INTRODUCTION

Tout au long de la chaîne alimentaire, depuis le champ jusqu'à l'assiette du consommateur ou la mangeoire de l'animal, tel ou tel autre groupe de champignons est susceptible de se développer sur les denrées alimentaires et d'y produire des mycotoxines lorsque les conditions écologiques sont favorables (Pfohl-leszkowicz, 2009).

Depuis plus d'une vingtaine d'années, les connaissances sur les mycotoxines dans les denrées alimentaires ont évolué. Sur les 300 mycotoxines découvertes, les aflatoxines sont les plus importantes des 30 reconnues dangereuses pour la santé humaine et animale. Elles présentent des défis majeurs aux systèmes mondiaux de sécurité alimentaire du point de vue de la santé, de la nutrition et de l'économie (OMS, 2018). Elles sont produites tant au cours de la production agricole, de la récolte, du transport, du stockage que de la transformation des aliments (Dieme et al., 2016). Les produits susceptibles à la contamination sont les céréales, les graines oléagineuses, les fruits secs, les patates douces, les bananes, les maniocs mais aussi le lait et ses produits dérivés en atmosphère chaude et humide (Bourais et Amine, 2006).

Selon l'O.M.S. en collaboration avec l'O.N.U., pour l'alimentation et l'agriculture, la principale cible des aflatoxines est le foie. En 2006, les risques d'exposition chronique aux aflatoxines étaient estimés à plus d'un milliard d'individus en Inde et en Asie, environ 750 millions en Chine et en Afrique et 500 millions d'individus en Amérique et aux Caraïbes (Bourais et Amine, 2006).

Les aflatoxines constituent une menace mondiale silencieuse surtout dans les pays en développement en raison de leurs effets chroniques sur la santé des humains et des espèces animales domestiquées. L'exposition à des fortes doses d'aflatoxines entraîne la mort par cirrhose du foie. Des petites doses constantes provoquent à la longue le cancer de foie, un retard de croissance et la malnutrition (kwashiorkor) chez les enfants de moins de 5 ans ainsi qu'une baisse du système immunitaire (Dieme et al., 2016).

C'est un défi particulier pour l'Afrique à cause des conditions climatiques favorables à leur développement (Akello, et al., 2021) et de l'absence d'installations adéquates de test, de certification et contrôle des produits susceptibles de contenir de l'aflatoxine ne répondant pas aux normes internationales reconnues (Clavel et al., 2005).

De même, de par sa situation géographique, ses climats variés, sa richesse du sol, la RD Congo offre un champ de prédilection à la prolifération de moisissures et à la production d'aflatoxines. On peut s'attendre à ce que celles-ci contaminent les denrées alimentaires de ce pays telles que le riz, le maïs, les maniocs, les bananes, l'arachide, le sorgho, le blé, les éleusines... (Joachim et al., 2020).

La qualité des aliments a un impact sur la santé humaine, plus particulièrement celle des enfants. La malnutrition est la cause de près de la moitié des décès des enfants de moins de 5 ans (UNICEF 2020). Chaque année 45%, soit 3,1 millions d'enfants meurent de la malnutrition et le berceau reste l'Asie, l'Amérique du Sud et l'Afrique. Ce dernier est le continent le plus touché. Le nombre de personnes sous-alimentées en Afrique subsaharienne a augmenté de 181 millions en 2010 à près de 222 millions en 2016. Le nombre d'enfants malnutris de moins de cinq ans est passé de 6,6 millions en 2000 à 9,7 millions en 2017 (OMS, 2019-2025). Les pays africains les plus touchés sont la Sierra-Léone (117

nouveau-nés sur 1000 naissances vivantes), l'Angola et la RD Congo (100 nouveau-nés sur 1000 naissances vivantes) (**Winnie et al., 2021**).

En RDC, la malnutrition est un problème majeur de santé publique au sein des groupes vulnérables, en particulier chez les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les enfants. Elle est l'une des principales causes de mortalité chez les enfants de moins de 5 ans (**Kahinda et al., 2021**).

Au Nord-Kivu selon les enquêtes nutritionnelles effectuées de septembre en octobre 2020 par le Programme National de Nutrition, la prévalence de la malnutrition aigüe sévère sans œdème est de 4.6% tandis qu'elle est de 49,6% pour la malnutrition chronique (**PRONANUT, 2020**). Cette situation est aggravée par la situation d'instabilité depuis trois décennies. Alors que dans les années 1980-1990, on comptait les cas de malnutrition de manière isolée dans les hôpitaux, la situation s'est considérablement dégradée au point que la majorité des services de pédiatrie des différents hôpitaux de la province sont occupés à plus de 50% par des enfants en malnutrition sévère. Cela contribue à l'augmentation du taux de mortalité infantile dans la province (**Bruno, 2020**).

L'insécurité alimentaire au Nord-Kivu touche environ 4 273 000 personnes, dont environ 1035 000 sévèrement. Les territoires les plus touchés sont ceux de Walikale (83% d'insécurité alimentaire), Masisi, Rutshuru, Nyiragongo, Lubero et Beni (tous ayant plus de leur moitié de population en insécurité alimentaire) (**PAM, 2019**). Selon, le Cadre Intégré de Classification de la Sécurité alimentaire en RDC, cette situation nutritionnelle précaire résulte de la combinaison de plusieurs facteurs, principalement les mauvaises conditions d'hygiène, les effets négatifs de la situation sécuritaire qui engendrent des déplacements massifs de population, l'insécurité alimentaire et la mauvaise qualité de l'alimentation (**IPC, Septembre 2021 - août 2022**).

Le Kwashiorkor, une forme de malnutrition due à une carence en protéines est fréquente chez les enfants de moins de 5 ans. Elle est aggravée par l'ingestion des aflatoxines dans la mesure où les enfants testés positifs au kwashiorkor et aux aflatoxines présentent «des œdèmes plus graves, un plus grand nombre d'infections et des séjours plus longs à l'hôpital". L'intoxication des enfants par des aflatoxines n'a pas seulement des conséquences directes sur la santé, mais aussi elle accroît la mortalité infantile en réduisant la résistance à d'autres maladies (**Bankole et Adebajo, 2002**).

Pour pallier ce défi majeur, les plans nationaux de développement sanitaire de la RDC prévoient de renforcer la lutte contre les carences nutritionnelles, notamment en mobilisant les stratégies les plus novatrices. Au Nord Kivu, le plan prioritaire du gouvernement provincial prévoit, parmi les objectifs inscrits dans son pilier IV, de contribuer à l'amélioration de la santé maternelle et infantile. Dans cette optique, plusieurs activités sont envisagées parmi lesquelles l'organisation des enquêtes nutritionnelles dans les Zones de Santé ciblées par le Programme ainsi que l'élaboration d'une stratégie provinciale de lutte contre la malnutrition basée sur les ressources et réalités nutritionnelles locales (**PNDS, 2019-2022**).

Le problème majeur de la qualité des aliments concerne aussi le développement des microorganismes dans les aliments, particulièrement les champignons aflatoxinogènes comme *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*. La présence des spores de ces espèces de champignons dans les aliments reste un défi majeur de stockage et de conservation (**Kara, 2021**).

Des procédés pouvant limiter le développement de tels microorganismes pourraient être mis à profit dans les techniques de conservation. Le miel est connu pour ses propriétés inhibitrices sur le développement des certains microorganismes, notamment les champignons (Ezzouaoui, 2020).

Le recours au miel pourrait ainsi contribuer à limiter les risques d'augmentation du taux d'aflatoxines dans les aliments destinés à l'alimentation des enfants comme ceux envisagés dans le cadre de ce travail. De nombreuses études ont mis en évidence le rôle joué par la contamination des aliments par les aflatoxines comme l'un des facteurs d'un mauvais état nutritionnel des enfants de moins de 5ans.

C'est le cas des travaux de Hendrickse et ses collaborateurs en 1982 sur les aflatoxines et kwashiorkor chez des enfants soudanais ; De Vries en 1989 sur les aflatoxines et la santé infantile au Kenya ; Hatem Nadia et ses compagnons en 2005 sur la prévalence des aflatoxines dans le sang et l'urine des nourrissons égyptiens souffrant de malnutrition protéino-énergétique ; Allomasso et ses collaborateurs en 2006 sur les principaux facteurs affectant l'état nutritionnel et de santé des enfants exposés à l'aflatoxine au Bénin ; Onyemelukwe et ses collaborateurs en 2012 sur les aflatoxines dans les fluides corporels et les aliments des enfants nigériens souffrant de malnutrition protéino-énergétique et Jonsyn-Ellis la même année en 2012 sur les facteurs étiologiques ignorés des retards de croissance chez les enfants sierra-léonais : aflatoxine et ochratoxine A'. Les résultats de ces travaux montrent qu'il existe une certaine relation entre la consommation d'aliments contaminés par les aflatoxines et la malnutrition qui n'est que la réponse d'une déficience nutritionnelle.

A notre connaissance, aucune étude de ce genre n'a encore été réalisée en République Démocratique du Congo ni dans notre région à l'exception de celui de Udomkun Patchimaporn et ses collaborateurs en 2018, sur l'incidence et connaissances des agriculteurs sur la contamination et le contrôle des aflatoxines dans l'Est de la République démocratique du Congo.

Dans ce contexte précis et soucieuse de contribuer à l'amélioration de la santé infantile, nous avons mené cette étude sur **la contamination aux aflatoxines des aliments destinés aux enfants de 0 à 59 mois dans les zones de santés de Goma, Kayna et Kyondo.**

2. METHODOLOGIE

2.1. Présentation et délimitation du milieu d'étude

Cette étude s'est étendue sur une période allant du mois d'août 2022 jusqu'au mois d'avril 2023 soit 9 mois. L'enquête a été menée pendant deux mois du 1er septembre au 1er novembre 2022 dans trois zones de santé de la province du Nord-Kivu en République démocratique du Congo. Il s'agit de la zone de santé urbaine de Goma dans la ville de Goma, de la zone de santé rurale de Kyondo dans le Territoire de Beni et de la zone de santé rurale de Kayna dans le Territoire de Lubero. Ces trois zones de santé font partie des 31 qui constituent la subdivision administrative sanitaire de la Province du Nord-Kivu.

Les trois zones de santé de Goma, Kayna et Kyondo ont été choisies de manière aléatoire parmi les 31 zones que compte la province du Nord-Kivu. Par le même procédé, 28 centres de santé ont été choisis parmi les 62 que comptent ces 3 zones de santé précitées.

La figure 3 ci-dessous indique la délimitation et la localisation des sites dans lesquelles nos enquêtes ont été effectuées. Elle a été faite à l'aide du logiciel QGIS (version 3.22).

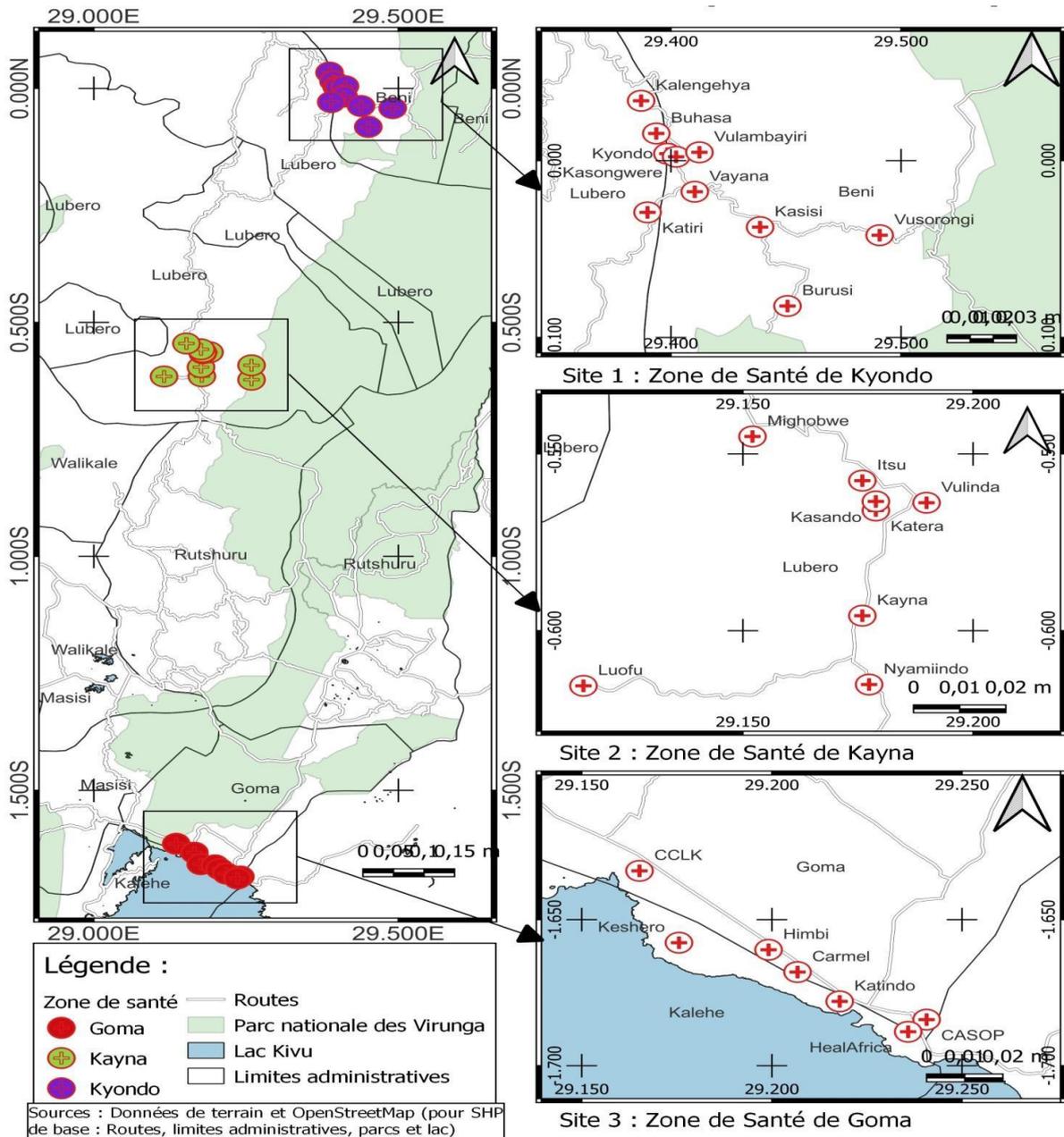


Figure 1. Carte localisation des sites de l'étude.

2.2. Réalisation de l'enquête

Après avoir choisi les zones de santé, un questionnaire a été administré, d'abord au personnel soignant, ensuite aux parents des enfants âgés de 0 à 59 mois. Nous nous sommes servi à cet effet du logiciel Survey123 for ArcGIS. Le questionnaire d'enquête en annexe du présent travail, était constitué des questions fermées et des questions ouvertes et portait sur deux variables.

Les variables dépendantes concernaient le niveau de connaissance sur les aflatoxines et l'état nutritionnel des enfants en tenant compte de leurs mesures anthropométriques obtenues sur terrain. Les variables indépendantes concernaient quant à elles, d'une part, pour le personnel soignant l'âge, le sexe, le niveau d'études, l'ancienneté au service, l'information sur la contamination, la connaissance la source et le lien entre aflatoxine et malnutrition. D'autre part, pour les parents, l'âge, le niveau d'études, l'état civil, l'activité génératrice de revenu ; les pratiques alimentaires lors de la récolte ou de l'achat au

marché, le taux d'aflatoxine dans les aliments des enfants en étude. Il s'agit des variables explicatives pouvant influencer l'état nutritionnel des enfants.

2.3. Echantillonnage

L'enquête a été effectuée sur un échantillon obtenu sur base d'un calcul, selon la formule de SCHWARTZ ci-après : $n = \frac{Z^2 \alpha \cdot p(1-p)}{d^2} = \frac{1,96^2 \cdot 0,61(1-0,61)}{(0,05)^2} = 353 \text{ enquêtés}$

Avec $Z^2 \alpha = 1,96$ qui correspond au niveau de fiabilité à 95%

$P =$ prévalence correspondant aux taux cumulés de malnutrition au NordKivu, soit 61%.

$n =$ la taille de l'échantillon

$d^2 =$ la marge d'erreur ou écart d'imprécision acceptable qui est de 5% (0,05)

La taille de notre échantillon était de 353 personnes dont 140 membres du personnel soignant en raison de 5 soignants par centre de santé selon les normes de la politique sanitaire de la RDC en vigueur et 213 enfants âgés de 0 à 59 mois révolus.

Ont été concernés par l'étude, les membres du personnel soignant engagés au centre de santé et les parents des enfants de 0 à 59 mois sevrés, présents lors de l'enquête.

Ont été exclus, les parents dont les enfants n'étaient pas encore sevrés ou avaient plus de cinq ans.

L'objectif poursuivi lors de l'enquête était de recueillir un ensemble de caractéristiques sociodémographiques premièrement auprès du personnel soignant par rapport aux connaissances sur les aflatoxines et deuxièmement auprès des parents par rapport à l'état nutritionnel des enfants de 0 à 59 mois des zones de santé de citées ci-haut. Il s'agit d'évaluer chez le personnel soignant des 3 zones de santé concernées, le niveau de connaissance sur la contamination par les aflatoxines ainsi que décrire les parents et les ménages d'où viennent les enfants concernés par l'étude.

2.4. Collecte des données anthropométriques

Sur terrain, des mesures anthropométriques ont été prises sur l'échantillon des 213 enfants en nous servant du protocole du programme national de nutrition (PRONANUT, 2013) pour évaluer l'état nutritionnel des enfants. Il s'agit des mesures suivantes : la taille(T), le poids(P) et le périmètre brachial (PB). A cela s'ajoute la vérification des œdèmes.

2.5. Collecte d'échantillons d'aliments

Pour évaluer le taux de contamination des productions locales par les aflatoxines, des échantillons des denrées alimentaires en provenance des ménages qui abritent les enfants concernés par cette étude ont été collectés. En tout, 155 échantillons ont été réunis sur les 213 échantillons attendus car les autres parents n'ont pas eu la possibilité d'en apporter par manque d'aliments dans leurs maisons. Les échantillons ont été gardés dans une boîte isotherme à bouteille à froid sur terrain puis dans un réfrigérateur du type Von et du modèle Vart-87NMS jusqu'au jour du dosage des aflatoxines au laboratoire d'analyse des aflatoxines à l'IITA, station de Kalambo à Bukavu.

2. 6. Dosage d'aflatoxines dans les échantillons d'aliments

Le dosage d'aflatoxine a été réalisé en deux phases dans le laboratoire de l'IITA Station de Kalambo à l'aide du Raptor de marque NEOGEN PS-11. La première phase d'analyse a concerné les échantillons d'aliments utilisés pour nourrir les enfants de moins de 5 ans en vue de déterminer leur qualité.

La deuxième phase a concerné les échantillons d'aliments analysés préalablement et traités avec différentes concentrations de miel dans le but d'évaluer l'évolution du taux d'aflatoxines après deux semaines de conservation.

Dans les deux cas et lors des analyses, l'échantillon des aliments était broyé selon leur état pour les transformer en farine à l'aide d'une moulinette ou mixeur de marque Waring commercial Blender 8011ES. Par la suite, 10g du broyat obtenu étaient pesés à l'aide d'une balance de précision de marque DETECTO et mélangés avec 50 ml d'éthanol 65%. La solution qui en résulte est ensuite homogénéisée pendant 1 minute puis laisser reposer pendant 5 minutes avant d'être filtrée sur du papier filtre posé sur un entonnoir sur un Erlenmeyer. La solution recueillie est claire et prête à être analysée.

Avant de passer à l'analyse proprement dite, nous définissions le code dans le Raptor, puis, à l'aide d'une pipette graduée, nous relevions 100 μ L de la solution filtrée et les déposions dans une fiole. Nous prélevions ensuite 500 microlitres de diluant ou réactif d'analyse des aflatoxines et les mélangions avec les 100 μ L de la première solution. La solution totale ainsi obtenue est ensuite homogénéisée par des mouvements de compression et de dépression par pipette. Enfin, nous prélevions 400 microlitres de cette solution homogène et la placions dans une cartouche contenant le test. Le résultat s'affiche sur l'écran après 6 min.

2.7. Analyses microbiologiques et test de l'activité inhibitrice du miel

Les échantillons d'aliments présentant de fortes valeurs d'aflatoxines ont fait l'objet d'analyses microbiologiques et de test de l'effet de diverses concentrations de miel sur le développement des moisissures du genre *Aspergillus*.

Les analyses microbiologiques ont concerné la recherche du développement des moisissures du genre *Aspergillus sp* qui sont aflatoxinogène dans les échantillons de farine.

A cet effet, la gélose Sabouraud chloramphénicol a été préparée en raison de 65 g litre d'eau distillée. Le mélange a été chauffé puis autoclavé à 121 $^{\circ}$ C pendant 20 minutes. Par la suite, l'inoculum à ensemercer était préparé en pesant et en dissolvant 1 g de farine à analyser dans 9 ml d'eau distillée puis dilué jusqu'à 10 $^{-3}$. En fin 100 μ L de la solution 10 $^{-3}$ ont été prélevés au moyen d'une micropipette et étalés à la surface de la gélose autour d'un bec bunsen. La culture ainsi réalisée est incubée à la température ambiante durant 48 heures avant la lecture des résultats

L'évaluation de l'effet inhibiteur du miel s'est faite avec les mêmes échantillons d'aliment aux valeurs d'aflatoxines les plus élevées. Le but poursuivi était de vérifier la concentration du miel capable d'empêcher le développement des moisissures visées dans les aliments et de ce fait y limiter la production des aflatoxines.

Dans la procédure, les concentrations de miel 100%, 75%, 50%, 25%, 10% et 1% ont été préparées en mélangeant respectivement 15 g ; 11,25 g ; 7,5g ; 3,75g ; 1,5g et 0,15 g de miel avec 25 ml de gélose

Sabouraud au chloramphénicol préalablement stérilisé dans des tubes à essai. Le mélange du miel et du milieu était réalisé après refroidissement de la gélose et avant sa solidification.

Le mélange gélose-miel était coulé dans des boîtes de pétri préalablement autoclavées. Après cette préparation des milieux contenant aux différentes concentrations de miel, 100 μ L de la solution d'inoculum étaient prélevés au moyen d'une micropipette et étalés à la surface du milieu en boîte. La culture ainsi préparée est incubée à la température ambiante durant 48h pour enfin lire les résultats.

2.8. Identification des colonies de moisissures

Dans les cultures des échantillons mélangés ou pas au miel, on pouvait observer le développement des colonies de levures et de diverses moisissures. L'identification des moisissures du genre *Aspergillus sp* qui retenait notre attention était basée sur l'observation macroscopique de leur couleur et de leur aspect. Ces moisissures sont verdâtres au centre avec des bords jaunâtres ou jaune-verdâtres. Les colonies d'autres couleurs sont celles des levures ou d'autres moisissures. Pour estimer la charge globale des moisissures (des spores) de la farine, sachant que chaque colonie est le fruit de développement d'une spore, le nombre de colonies de chaque type a été rapporté à un gramme de farine tenant compte de la dilution de l'inoculum.

2.9. Analyses statistiques des résultats

Pour les analyses des données, le programme Excel, Statistica et le logiciel Epi-Info 2000, version 3.5.1 ont été utilisés. Pour les analyses descriptives, les variables discrètes qualitatives ont été présentées sous forme de proportions. Les variables quantitatives continues ont été présentées sous forme de moyennes \pm déviation standard ou écart type si la distribution a été normale ou symétrique et médiane (P25, P75) pour celles dont la distribution a été asymétrique. Pour les statistiques analytiques, la comparaison des proportions a obéi au test de χ^2 de Pearson, en cas de non applicabilité de celui-ci, le test de Fisher a été à notre service. L'association entre les variables dépendantes et indépendantes a été faite par le calcul d'Odds Ratio (Intervalle de Confiance à 95%).

RESULTATS

3. 1. Résultats de l'enquête auprès du personnel soignant

Notre enquête a été réalisée auprès de 140 membres du personnel soignant de 28 centres de santé dans trois zones de santé de la Province du Nord Kivu. Leurs caractéristiques sociodémographiques ainsi que les connaissances sur les aflatoxines ont été enregistrées.

3.1.1. Caractéristiques sociodémographiques

La figure 2 ci-dessous présente les caractéristiques sociodémographiques des membres du personnel soignant interrogés.

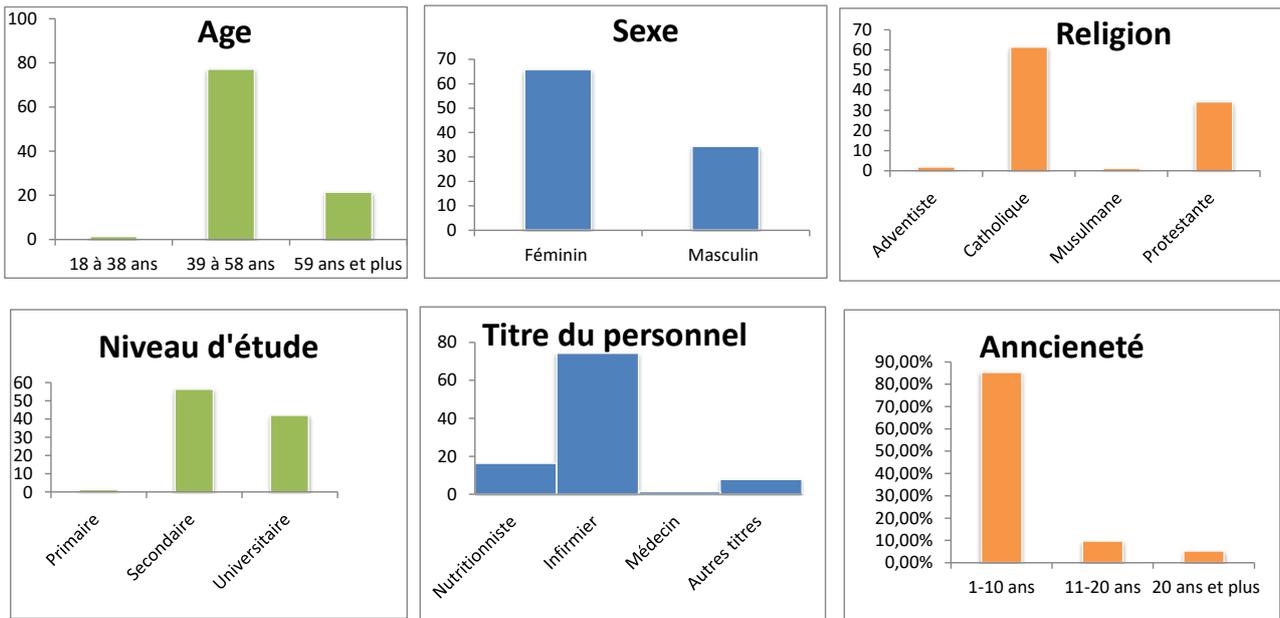


Figure 2. Caractéristiques sociodémographiques du personnel soignant

Il ressort de la figure 2 ci-haut que le gros du personnel soignant interrogé (77,1%) ont l'âge compris entre 39 et 58 ans et constitué en grande partie des infirmiers et infirmières (74,3%) et en majorité des femmes (65,7%). Nous constatons également que 56,4% de ce personnel sont d'un niveau d'instruction des humanités secondaires contre 42,1% ayant un niveau universitaire soit 42,1%. Les catholiques et les protestants sont les plus majoritaires au sein du personnel, ils représentent respectivement 86% et 40%. Les agents dont l'ancienneté varie entre 1 et 10 ans représentent 85,2%.

3.1.2. Connaissances sur la contamination des aliments par les aflatoxines.

Nous avons cherché à savoir si d'une part, les membres du personnel soignant ont déjà entendu parler des aflatoxines et de leur impact sur la santé humaine et si d'autre part, les paramètres comme le niveau d'étude, le sexe, l'ancienneté au service pourraient influencer le degré de connaissance sur les aflatoxines. Le tableau I suivant indique les données recueillies sur les connaissances des membres du personnel soignant vis-à-vis des aflatoxines.

Tableau I : Connaissances des agents de santé sur les aflatoxines et les facteurs en cause

Connaissances des aflatoxines		
Oui	Non	Total
61 soit 43,6%	79 soit 56,4%	140 soit 100 %
Niveau où on a appris la notion sur les aflatoxines		
Humanités	Université	Total
2 soit 3,3%	59 soit 96,7%	61 soit 100 %

Niveau de connaissance selon le sexe			
Sexe	NON	OUI	TOTAL
Femmes	44 soit 48,4%	47 soit 51,6%	91 soit 100 % de femmes
Hommes	28 soit 57,1 %	21 soit 42,9 %	49 soit 100 % d'hommes
TOTAL	72 soit 51,4 %	68 soit 48,6 %	140 soit 100 %
Niveau de connaissance selon l'ancienneté			
Ancienneté	Non	Oui	TOTAL
1 à 10 ans (nouveaux)	61 soit 77,2%	54 soit 91,5%	115 soit 82,1%
11 à 20 ans (moyens)	8 soit 10,1%	7 soit 8,5%	15 soit 10,8%
21 ans et plus (anciens)	10 soit 12,7%	0 soit 0,0%	10 soit 7,1%
TOTAL	79 soit 100,0%	61 soit 100,0%	140 soit 100,0%
Conséquences des aflatoxines			
Maladie du foie		12	19,6%
Contamination du lait maternel		1	1,64%
Intoxications alimentaire		14	23%
Baisse du système immunitaire		3	4,9%
Cancer		2	3,27%
Retard de croissance		29	47,5%
TOTAL		61	100,00%
Connaissances des aflatoxines			
Oui	Non	Total	
61 soit 43,6%	79 soit 56,4%	140 soit 100 %	
Niveau où on a appris la notion sur les aflatoxines			
Humanités	Université	Total	
2 soit 3,3%	59 soit 96,7%	61 soit 100 %	
Niveau de connaissance selon le sexe			

Sexe	NON	OUI	TOTAL
Femmes	44 soit 48,4%	47 soit 51,6%	91 soit 100 % de femmes
Hommes	28 soit 57,1 %	21 soit 42,9 %	49 soit 100 % d'hommes
TOTAL	72 soit 51,4 %	68 soit 48,6 %	140 soit 100 %
Niveau de connaissance selon l'ancienneté			
Ancienneté	Non	Oui	TOTAL
1 à 10 ans (nouveaux)	61 soit 77,2%	54 soit 91,5%	115 soit 82,1%
11 à 20 ans (moyens)	8 soit 10,1%	7 soit 8,5%	15 soit 10,8%
21 ans et plus (anciens)	10 soit 12,7%	0 soit 0,0%	10 soit 7,1%
TOTAL	79 soit 100,0%	61 soit 100,0%	140 soit 100,0%
Conséquences des aflatoxines			
Maladie du foie		12	19,6%
Contamination du lait maternel		1	1,64%
Intoxications alimentaire		14	23%
Baisse du système immunitaire		3	4,9%
Cancer		2	3,27%
Retard de croissance		29	47,5%
TOTAL		61	100,00%

A partir du tableau I ci-haut, nous remarquons que 79 sur 140 prestataires des services de santé, soit 56,4% n'ont jamais entendu parler des aflatoxines et ne les connaissent pas contre seulement 61, soit 43,6% qui en disposent des connaissances soit parce qu'ils en ont entendu parler aux humanités secondaires (2 agents, soit 1,4% contre 59, soit 42,1% qui en ont entendu parler à l'enseignement supérieur).

S'agissant de l'influence du sexe sur la connaissance des aflatoxines, le lien est très faible 30%, autrement dit, le sexe constitue 0,70 fois le facteur qui peut expliquer la connaissance des aflatoxines. Le lien est moins fort entre le sexe et la connaissance des aflatoxines comme la valeur 1 est incluse dans l'intervalle de confiance de 95% ; {OR= 0,70 IC (0,34-1,41) P. val. =0,01}.

Pour ce qui est de la relation entre l'ancienneté au travail et la connaissance sur les aflatoxines, nous constatons dans le tableau I qui précède que ce sont les nouveaux dans la carrière qui ont connaissance des aflatoxines. Dans ce même tableau, les enquêtés ayant des connaissances sur les

aflatoxines connaissent leurs méfaits contre la santé humaine. Sur l'ensemble de 140 enquêtés, 29 prestataires de soins, soit 47,5% reconnaissent que le retard de croissance chez les enfants peut être dû aux aflatoxines ; 14 parmi eux, soit 23% ont reconnu que les aflatoxines peuvent causer les intoxications alimentaires et 12 parmi eux soit 19,6% ont reconnu que les aflatoxines peuvent causer des maladies du foie. Les autres conséquences possibles dues à la contamination par des aflatoxines sont la baisse du système immunitaire, le cancer et la contamination du lait maternel selon nos enquêtes.

3. 2. Résultats de l'enquête auprès des parents

3.2.1. Caractéristiques sociodémographiques des parents

Les résultats obtenus après notre enquête auprès des parents sont présentés dans la figure 3 ici-bas représenté. Il s'agit des données ayant trait à l'âge, le sexe, l'état civil, le niveau d'études, l'appartenance religieuse, le revenu mensuel et la taille des ménages des parents des enfants nourris avec les aliments évoqués dans cette étude.

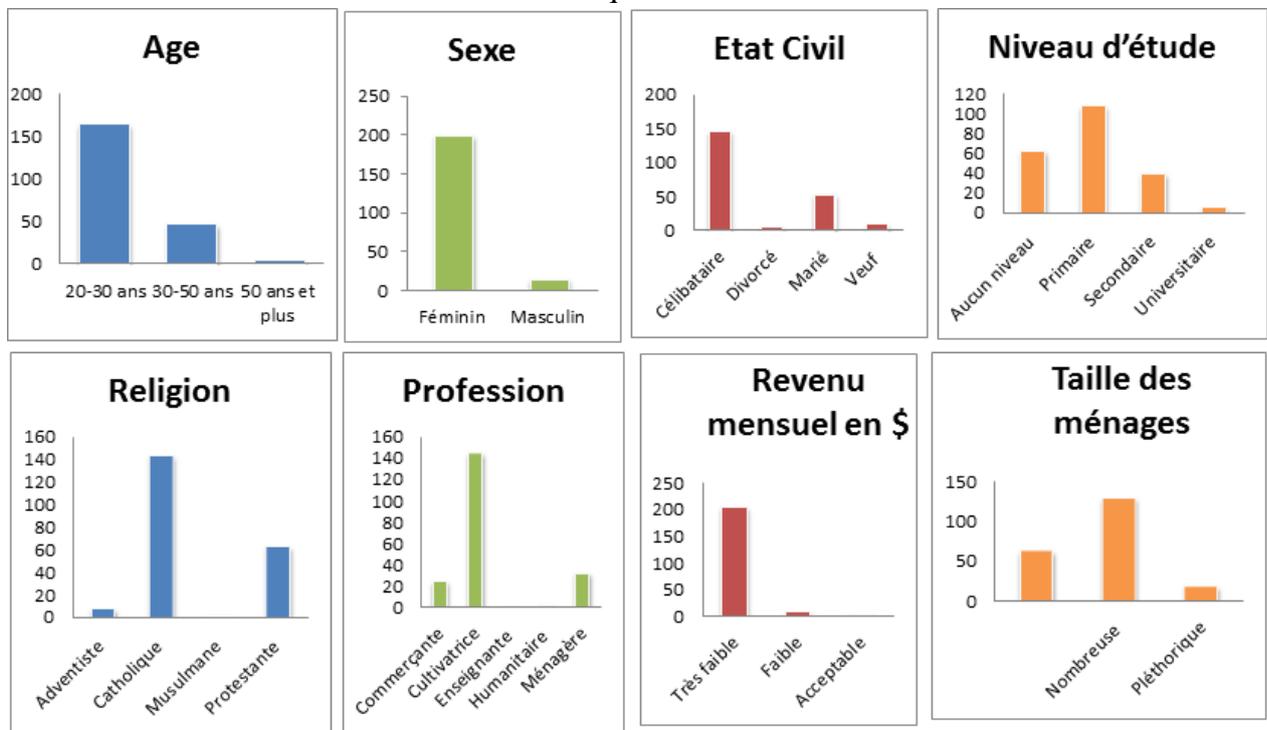


Figure 3. Caractéristiques sociodémographiques des parents.

L'échantillon des personnes interrogées est majoritairement d'une moyenne d'âge de 30±8 ans (163 sur 213, soit 76,5% sont de la tranche de jeune âge). Il s'agit essentiellement des femmes, 199 sur un total de 213, soit 93,4%. Les enquêtés ayant affirmé qu'ils sont célibataires représentaient 68,5% contre 24,9% des marié(e)s. Leur niveau d'instruction est du primaire pour la plupart (50,2%) contre 29,1% n'ayant aucun niveau d'études.

La plupart de ces parents sont de confession catholique (67,1%) qui vivent essentiellement de l'agriculture à 68,1% avec une moyenne de revenu très faible variant entre 1 et 25 dollars par mois (95,8%) avec une médiane de 5(2-10)\$. La plupart des familles sont nombreuses et représentent 61,0% dont l'effectif des membres du ménage varie entre 5 et 10 personnes.

Une question supplémentaire était adressée aux enquêtés pour établir le lien entre la taille des ménages et le nombre des repas par jour. La figure 4 qui suit indique les résultats obtenus.

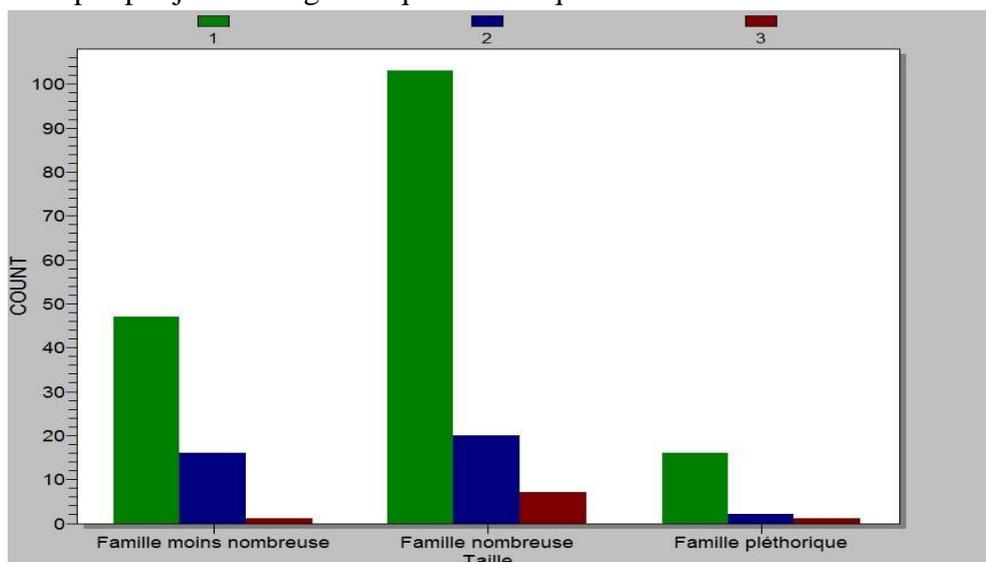


Figure 4. Relation entre la taille du ménage et le nombre de repas par jour.

Légende: 1 = un repas par jour, 2 = deux repas par jour, 3 = trois repas par jour.

Il ressort de cette figure 4 que la plupart des parents sont des familles nombreuses et leurs enfants n'ont qu'un seul repas par jour.

3.3. Résultats des enquêtes auprès des enfants

Les données recueillies sur les enfants lors de notre enquête sont relatives à l'âge, au sevrage, à l'âge du sevrage, aux raisons de leur sevrage et aux indicateurs du niveau de malnutrition. Nous présentons ici les résultats obtenus.

3.3.1. Description de ces enfants enquêtés

Les résultats en rapport avec la description des enfants ayant fait l'objet de notre étude sont présentés dans le tableau II qui suit.

Tableau II : Quelques éléments de la description des enfants étudiés

Paramètres	Caractéristiques	Effectif	Pourcentage
Tranches d'âge des enfants en mois	De 0-12 mois	80	37,6
	De 12-24 mois	71	33,3
	De 24-36 mois	23	10,8
	De 36-48 mois	22	10,3
	De 48-59 mois	17	8
	Total	213	100
	M±SD	22±15	
Information sur le	Oui	213	100

sevrage des enfants	Non	0	0
	Total	213	100
Information sur l'âge du sevrage.	A 6 mois	54	25,5
	Moins de 6 mois	119	55,7
	Plus de 6 mois	40	18,8
	Total	213	100
Raisons du sevrage précoce (moins de 6 mois)	Conseils sanitaires	10	8,30
	Maladie de l'enfant	9	7,40
	Maladie de la mère	6	4,90
	Insuffisance de lait maternel	13	10,50
	Pleure de faim de l'enfant	55	45,70
	Moindre poids de l'enfant	28	23,20
	Total	121	100,00

La majorité des enfants ayant fait l'objet de nos investigations avait un âge compris entre 0 et 12 mois (37,6%) suivis de ceux de la tranche d'âge comprise entre 12 et 24 mois (33,3%). De manière globale, nous constatons que l'âge moyen est de 22±15 mois. Tous ces enfants, soit 100% étaient déjà sevrés et 55,7% d'entre eux l'ont été très précocement (avant 6 mois).

Les causes de leur sevrage précoce sont multiples. Nous avons noté principalement les pleurs liés à la faim (45,7%) suivis du faible poids de l'enfant (23,2%) comme principales causes qui motivent le sevrage de ces enfants par leurs parents.

3.3.2. Observation de l'état nutritionnel des enfants enquêtés

L'état nutritionnel des enfants concernés dans ce travail nous a aussi intéressés en vérifiant le rapport poids-taille, le périmètre brachial et les œdèmes de chaque enfant. Les résultats obtenus nous ont permis de classer les enfants en fonction de leur état nutritionnel comme l'indique la figure 5 suivante :

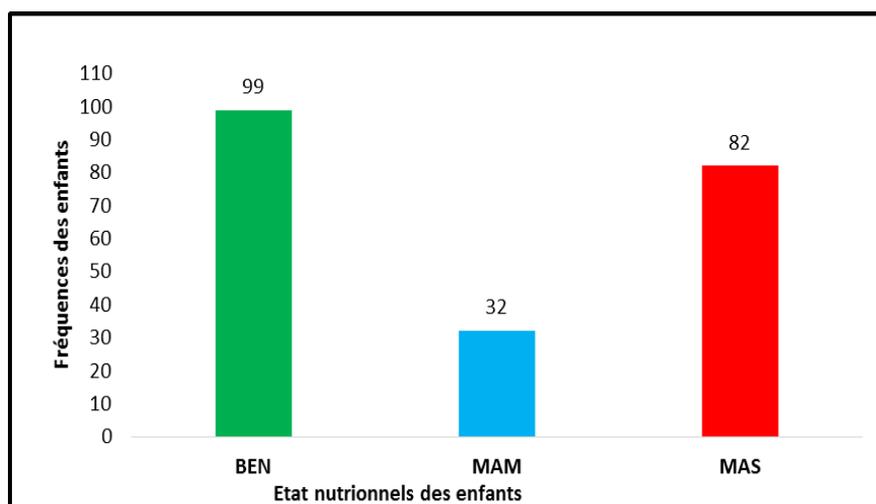


Figure 5. Fréquences des états nutritionnels des enfants observés

Légende : BEN (Bon état nutritionnel) ; MAM (malnutrition aiguë modérée) et MAS (malnutrition aiguë sévère).

De la figure 5 ci-haut, il ressort que 99 enfants, soit 46% présentent un bon état nutritionnel suivis de 82 enfants qui sont en état de malnutrition aiguë sévère, soit 39%. Viennent en dernier lieu 32 enfants, soit

15% présentant une malnutrition aiguë modérée. Les détails des paramètres ayant permis de classer les enfants selon leurs états nutritionnels sont en annexe du présent travail.

Nous avons essayé de chercher à savoir s'il pourrait y avoir un lien entre l'état nutritionnel des enfants et l'état civil des parents. Les résultats obtenus sont représentés par la graphique 6 suivante.

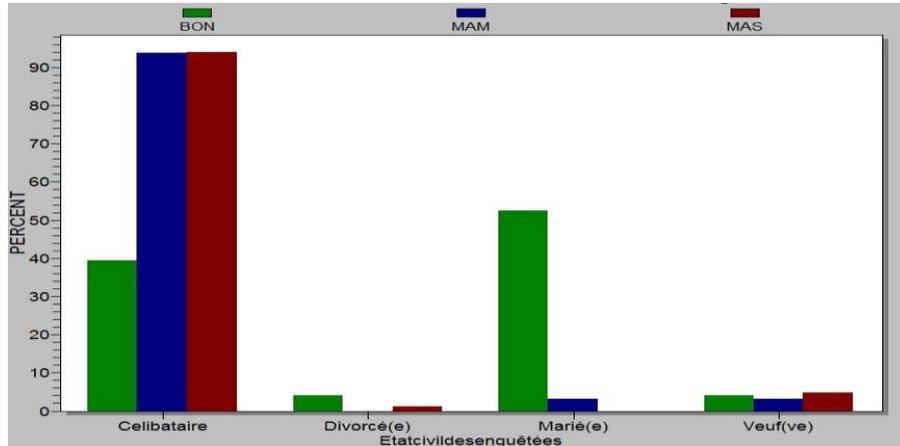


Figure 6. Etat nutritionnel des enfants en fonction de l'état civil des parents

Légende: Bon= bon état nutritionnel, MAM= malnutrition aiguë modérée, MAS= malnutrition aiguë sévère.

Il ressort de cette figure 6 que de l'ensemble des parents ayant fait l'objet de notre enquête (213 au total), 146 d'entre eux, soit 68,5% seraient des célibataires vivant seuls et leurs enfants sont en état nutritionnel déplorable alors que le gros des enfants en bon état nutritionnel sont issus des parents mariés.

3.3.3. Résultat de l'état nutritionnel des enfants par zone de santé

Les figures 7 et 8 ici-bas présentées donnent une certaine comparaison de l'état nutritionnel par zone de santé.

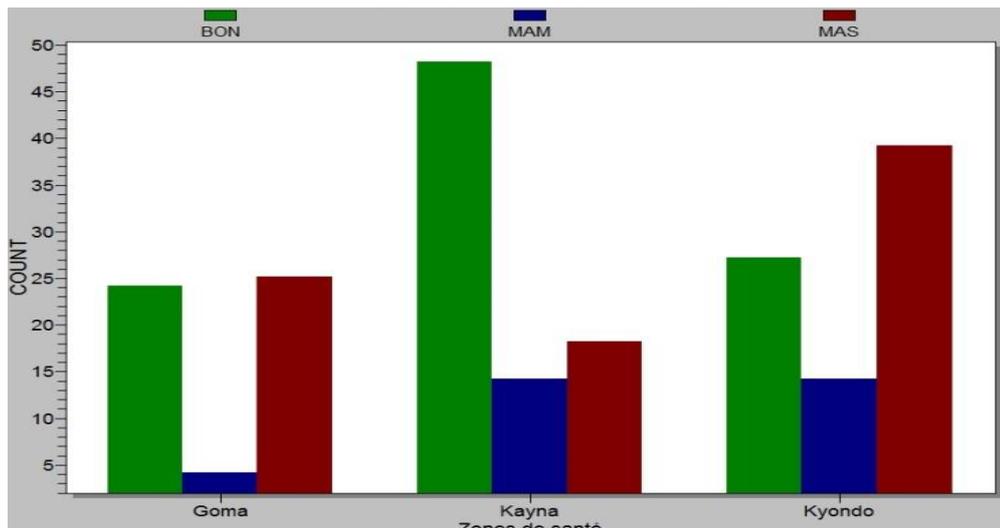


Figure 7 : Etat nutritionnel des enfants en fonction des zones de santé.

Légende: Bon= bon état nutritionnel, MAM= malnutrition aiguë modérée, MAS= malnutrition aiguë sévère.

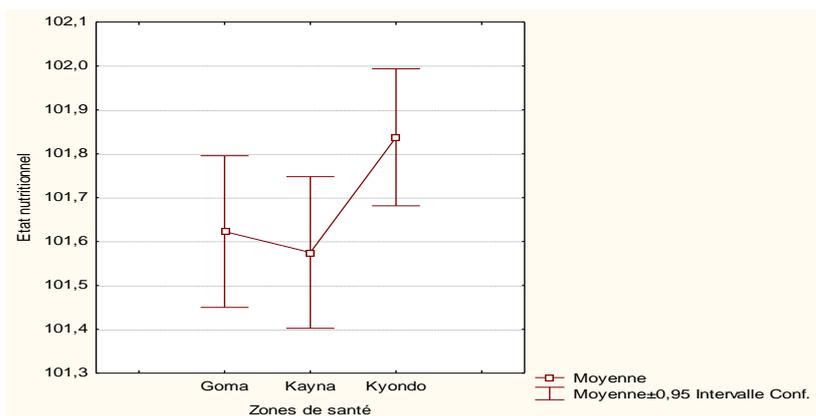


Figure 8 : Comparaison des moyennes de l'état nutritionnel des enfants en fonction des zones de santé avec $p=0,05$

Il ressort des figures 7 et 8 que dans les trois zones de santé, il existe toutes les catégories des enfants pour les trois états nutritionnels. Cependant, malgré les moyennes des zones de santé de Goma et de Kayna qui semblent être rapprochées (figure 8) et les mêmes effectifs des enfants en état de malnutrition aiguë modérée dans les zones de santé de Kayna et de Kyondo (figure 7), le test t de Fisher donne comme p valeur =0,05. Ce qui signifie que l'état nutritionnel présente une différence significative dans les trois zones de santé. Les cas de malnutrition aiguë sévère sont plus prononcés dans la zone de santé de Kyondo.

3.4. Résultats du dosage des aflatoxines dans les échantillons d'aliments

3.4.1. Les taux d'aflatoxines par type d'aliment collecté

Nos analyses ont porté sur un total de 155 types d'aliments. Ces aliments collectés étaient constitués d'un mélange d'ingrédients issus de la farine de maïs, de blé, du manioc, du lait en poudre, du riz, de fretins, de soja grillé ou non, de sorgho ; d'arachide, d'éleusine.

Ainsi le dosage a été réalisé pour chaque aliment utilisé par enfant. Les valeurs d'aflatoxines obtenues par type d'aliment sont exprimées en partie par billion (ppb).

3.4.2. Evaluation de la qualité des aliments collectés

Les échantillons d'aliments ayant fait l'objet du dosage des aflatoxines ont été classés en trois catégories en fonction de leur niveau de contamination en aflatoxines comme indiqué par la figure 9 suivante.

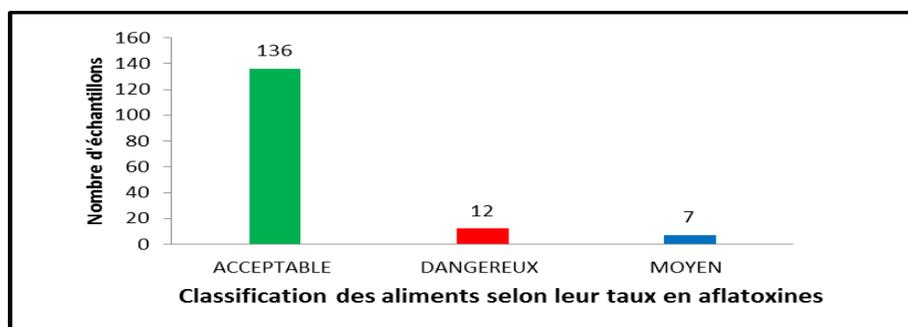


Figure 9. Classe et nombre d'échantillon des aliments en fonction du taux d'aflatoxines

Par rapport à la contamination par les aflatoxines, les résultats de cette figure 6 montrent que la plupart des échantillons (136) présentaient un taux d'aflatoxines acceptable et de ce fait considérés comme non nuisibles sur le plan sanitaire. Cependant un lot de 12 échantillons avaient un taux élevé en aflatoxine et de ce fait classé parmi les aliments dangereux et ont attiré notre attention. L'aliment est qualifié de dangereux si après analyse, le taux d'aflatoxines est supérieur à 11 ppb, il est qualifié d'acceptable si le taux est inférieur à 5 et de qualité moyenne pour le taux compris entre 6 et 10 ppb.

3.4.3. Relation entre la contamination en aflatoxines et l'état nutritionnel des enfants

Nous avons cherché à établir un possible lien entre l'état nutritionnel des enfants et la qualité des aliments utilisés dans leur nutrition. Les résultats obtenus sont représentés par la figure 10 qui suit.

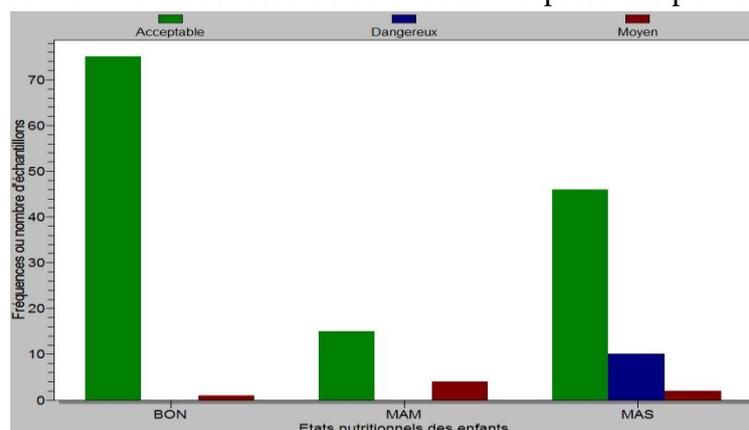


Figure 10 : États nutritionnels des enfants en fonction de la qualité des aliments.

Légende: Bon= bon état nutritionnel, MAM= malnutrition aiguë modérée, MAS= malnutrition aiguë sévère.

Il ressort de cette figure 10 que dans le groupe des enfants en bon état nutritionnel, sur 76 échantillons d'aliments analysés, 75 échantillons d'aliments pour nourrir ces enfants sont de qualité acceptable (taux d'aflatoxines inférieurs à 5) et 11 échantillons d'aliments sont de qualité moyenne (taux d'aflatoxines compris entre 6 et 10ppb).

Dans le groupe des enfants en état de malnutrition aiguë sévère, 12 échantillons d'aliments ont montré des taux élevés d'aflatoxines et sont seulement consommés par leur groupe contre 2 et 46 échantillons de qualité respectivement moyen et acceptable. Il est donc clair que la malnutrition sévère pourrait s'expliquer en partie par les aliments fortement contaminés en aflatoxines.

3.4.4. Relation entre le taux d'aflatoxines et l'origine des aliments

La contamination des aliments par les aflatoxines peut avoir diverses causes. Nous avons cherché à savoir si la contamination pourrait se faire à partir du champ ou à partir du marché. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau III suivant.

Tableau III : Origine et triage des grains pour la fabrication des aliments pour enfant

Origine des grains	Tri des graines			
	Oui		Non	
	Fréquences	%	Fréquences	%
Du champ	69	94,5	17	12,8
Du marché	4	5,5	116	87,2
Total	73	100,0	133	100,0

De ce tableau III, il ressort que de manière générale, les grains servant à la fabrication des aliments pour nourrir les enfants proviennent soit du marché, soit du champ et peuvent ne pas être triés lors du processus de production.

Nous avons cherché à vérifier s'il existait un lien entre le lieu de provenance et le souci de procéder au triage des grains. Le test statistique montre que le lien entre le tri et le lieu de provenance des denrées alimentaires est très fort: {OR=0,009 (IC 0,003 – 0,03) P. val. =0,00}. De même, les valeurs p du Chi² sont inférieures à 0,05. Il est clair que le fait de ne pas trier les graines lors de la fabrication des aliments pour enfants présente un risque élevé (99,1%) de contamination par les aflatoxines.

3.5. Résultats des analyses microbiologiques et du test d'activité du miel

3.5.1. Résultats de la culture microbienne

Les échantillons de farines ayant présenté les taux d'aflatoxines les plus élevés ont été soumis à une culture dans le but de vérifier si des moisissures aflatoxinogènes persistent dans ces aliments après fabrication, les rechercher et par la suite, les dénombrer. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau IV suivant.

Tableau IV : Résultats de la culture microbienne et nombre de germe par gramme de farine

Echantillon	Genre de champignon	Moyenne de colonies	Nombre de germes par gr
Mélange de farine	<i>Aspergillus sp</i>	32	32. 10 ⁴ UFC/g
	<i>Penicillium sp</i>	56	56. 10 ⁴ UFC/g
	<i>Levures</i>	32	32. 10 ⁴ UFC/g
	<i>Autres moisissures</i>	2	2. 10 ⁴ UFC/g

Les résultats des analyses microbiologiques tels qu'indiqués dans le tableau IV ci-haut montrent que les échantillons de farine utilisés pour nourrir les enfants de notre étude ne sont pas stériles. Ils contiennent d'énormes quantités de spores pouvant se développer dans les aliments en question même durant la conservation, plus particulièrement nous notons la présence des espèces de moisissures aflatoxinogènes du genre *Aspergillus* pouvant atteindre en moyenne 32. 10⁴ spores de ce genre par gramme de farine.

3.5.2. Résultats du test de l'effet du miel sur le développement d'*Aspergillus sp*

L'échantillon de farine a été mélangé avec différentes concentrations de miel avant d'être mis en culture dans le but de vérifier non seulement l'effet mais aussi la concentration capable de bloquer le développement des moisissures aflatoxinogènes visées. Le témoin 1 est constitué de l'échantillon de farine sans miel. Le témoin 2 a été fait avec du milieu avec du miel seulement. Les résultats obtenus sont représentés par la figure 11 qui suit.

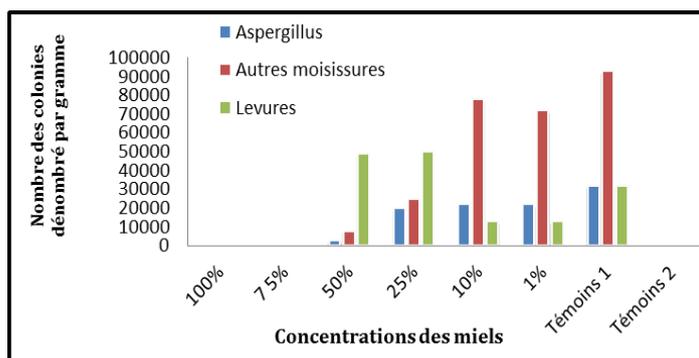


Figure 11 : Evaluation de l'effet du miel sur le développement des champignons

Il ressort de cette figure 11 précédente que le miel inhibe le développement des moisissures jusqu'à la concentration 75% dans les échantillons de farine alors que sous les autres concentrations, il y a eu croissance des champignons dont le genre *Aspergillus* visé dans notre étude.

3.5.3. Effet du miel sur la présence des aflatoxines

Les échantillons de farines traités avec différentes concentrations de miels ont été conservés durant dix jours avant d'être analysés de nouveau au laboratoire. Le but était de vérifier si l'effet du miel pouvait limiter la production des aflatoxines dans ces farines.

Pour l'échantillon considéré, la concentration de miel utilisée, la valeur initiale du taux d'aflatoxine et la valeur obtenue après la nouvelle analyse sont représentées dans la figure 12 suivante.

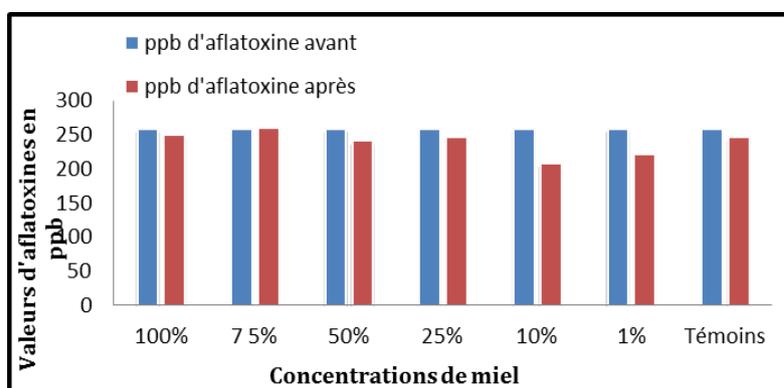


Figure 12 : Comparaison des taux d'aflatoxines dans les échantillons avant et après traitement au miel.

De cette figure 12, nous constatons que le taux d'aflatoxines est resté plus ou moins stable avant comme après traitement au miel.

4. DISCUSSION DE RESULTATS

4.1. Enquête auprès du personnel soignant

De l'enquête réalisée auprès de 140 membres du personnel soignant, nous remarquons que beaucoup de prestataires des services de soins, 79 soit 56,4% n'ont jamais entendu parler des aflatoxines et ne les connaissent pas. Ceci rejoint les résultats de Rafiatou et ses collaborateurs en 2016. En 100%, la population de leur étude ne connaissait pas le danger lié à la consommation du maïs contaminé et n'avait jamais reçu une information sur les mycotoxines **(Ba et al., 2016)**.

Dans l'ensemble, 61 prestataires seulement soit 43,6% sont ceux qui disposent d'une connaissance sur les aflatoxines soit parce qu'ils en ont entendu parler aux humanités secondaires (2 agents, soit 1,4% contre 59 soit 42,1% qui en ont entendu parler à l'enseignement supérieur).

Ceci nous donne une idée selon laquelle le niveau d'étude est un facteur qui influence la connaissance de la contamination par des aflatoxines. En 2018, UDOMKUN et ses collaborateurs ont effectué une étude semblable à celle-ci pour évaluer le niveau de connaissance des agriculteurs sur les causes et les conséquences de la contamination et les mesures de prévention. Ils ont remarqué que les ménages mieux instruits étaient mieux informés sur les aflatoxines **(UDOMKUN, 2018)**.

De même, l'ancienneté est aussi un facteur de connaissance des aflatoxines. Ce sont les nouveaux dans l'intervalle de 1 à 10 ans (soit 85,2%) dans la carrière qui possèdent l'information sur la contamination par les aflatoxines. Cela signifie que la contamination par les aflatoxines est plus d'actualité dans cette dernière décennie que dans les années antérieures. Ces résultats confirment la découverte récente des aflatoxines. Bien que la contamination des aliments soit un phénomène de longue date, ce n'est qu'en 1960 que les aflatoxines ont été découvertes suite aux pertes considérables qu'elles provoquaient dans les élevages de dindons dans le sud de l'Angleterre et de truites dans l'Idaho **(Bourais et Amine, 2006)**. A 51,6% les femmes sont plus nombreuses à connaître les aflatoxines que les hommes. Mais, comme la valeur 1 tombe dans l'intervalle de confiance, le sexe constitue un risque faible de 30% quant à la connaissance des aflatoxines. Ceci s'explique par le fait que les membres du personnel soignant interrogés étaient majoritairement des femmes soit 65,7% de l'ensemble.

Les aflatoxines ont des conséquences sur la santé de la population. 29 prestataires de soins, soit 47,5% reconnaissent que le retard de croissance chez les enfants est dû aux aflatoxines ; 14 parmi eux, soit 23% ont reconnu que les aflatoxines peuvent causer les intoxications alimentaires. Et 12 autres soit 19,6% ont reconnu que les aflatoxines peuvent causer des maladies du foie. Les autres conséquences possibles dues à la contamination par des aflatoxines sont la baisse du système immunitaire, le cancer et la contamination du lait maternel selon nos enquêtes.

Ces résultats sont conformes aux données de l'OMS, 2017 dans sa note d'orientation sur le retard de croissance et aux résultats de Dieme en 2016 dans la revue des méthodes de lutte existantes contre la contamination des céréales par l'aflatoxine en Afrique **(OMS, 2017 et Dieme, 2016)**.

4.2. Enquête auprès des parents et de leurs enfants

En nous référant à l'orientation des fiches-techniques-PCIMA-2013, nos résultats montrent que dans les trois zones de santé plus de la moitié des enfants, 114 sur 213 soit 54% souffre de la malnutrition aiguë globale dont 82 soit 39% souffrent de la malnutrition aiguë sévère (MAS); et 32 soit 15% souffrent de la malnutrition aiguë modérée (MAM). Cependant, la situation nutritionnelle est critique dans la zone de santé de Kyondo. Sur un total de 104 enfants malnutris, 43 enfants soit 66,3% souffrent de la malnutrition globale dont 14 sur 43 soit 17,5 % souffrent de la malnutrition aiguë modérée (MAM) et 39 soit 48,8% souffrent de la malnutrition aiguë sévère (MAS) (**PCIMA-2013**).

Ces résultats sont conformes à ceux du docteur Bruno lors des enquêtes nutritionnelles au Nord-Kivu en 2020, dans les zones de santé de Biena, Musienene, Manguredipa, Masereka, Rutshuru, Kyondo, Karisimbi, Vuhovi et Goma. Il a remarqué que l'occupation principale de la population dans la zone de santé de Kyondo est l'agriculture sur un sol pauvre et surexploité. La baisse de production agricole et l'insécurité influence négativement l'état nutritionnel des enfants de cette zone de santé (**Bruno, 2020**).

Les causes de la malnutrition dans notre étude sont multiples.

Premièrement, les facteurs sociodémographiques des parents exposent les enfants. Les parents sont majoritairement des jeunes (76,5%) femmes (93,4%) célibataires (68,5%) sans instruction (29,1%) soit du niveau primaire à 50,2% et pauvres de par leur revenu mensuel soit 95,8%. Les familles sont nombreuses à 61% et elles n'ont qu'un seul repas par jour à 77,9 %. En plus, la majorité soit 121 enfants sur 213 soit 55,7% a été sevrée de manière précoce car elle avait faim à 45,7%. Partant de cette étude l'âge, le sexe, l'état civil des parents, leur niveau d'instruction, le revenu mensuel très faible, le nombre élevé des personnes dans les ménages, l'unique repas par jour et le sevrage précoce des enfants constituent des facteurs d'exposition de ceux-ci à la malnutrition aiguë globale dans les zones de santé en étude.

Ces facteurs avaient déjà été étudiés par d'autres chercheurs notamment : Godefroy Djomo en 2021, en comparant la Malnutrition des Enfants de Moins de 5 Ans par des Indices anthropométriques en RDC (**Godefroy, 2021**) ; Ernest Amoikon et ses compagnons en 2016, en évaluant le risque que constituent les facteurs sociodémographiques pour la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants, de 0 à 59 mois à Bingerville en Côte d'Ivoire (**Ernest et al., 2016**). Traoré quant à lui avait déjà démontré en 2012 qu'une mauvaise pratique de l'allaitement maternel et de la phase de sevrage contribue au déficit de la santé des enfants de moins de 5 ans (**Traoré, 2012**).

Deuxièmement, selon le PROGRAMME MIXTE FAO/OMS (2022), 5 ppb est le taux d'aflatoxines qui ne doit jamais être dépassé pour qu'un aliment destiné aux nourrissons et aux enfants de bas âge soit importable ou exportable mais aussi consommable. En suivant cette norme, nous déclarions contaminé tout échantillon dont le résultat d'analyse d'aflatoxine était supérieur à 5 ppb. En examinant le lien entre l'état nutritionnel et le taux d'aflatoxines dans les aliments analysés de la figure 10, tous les aliments ayant un taux d'aflatoxines dangereux situé entre 11 – 258 ppb (cfr Annexe 3) étaient consommé par les enfants souffrant de la malnutrition aiguë sévère soit 39%.

Ces résultats confirment ceux de Hendrickse en 1982, De Vries en 1989, Hatem Nadia en 2005 et Onyemelukwe en 2012, qui ont montré qu'il existe une relation entre les aflatoxines et le Kwashiorkor chez les enfants ayant un taux d'aflatoxine élevé dans le sang. De même, la contamination des aliments destinés aux enfants par les aflatoxines est l'un des facteurs de leur déficit nutritionnel. Cela est

conforme aux résultats d'Allomasso en 2006 et Jonsyn-Ellis en 2012 qui montrent que les enfants malnutris de leur étude étaient nourris des aliments contaminés par les aflatoxines.

Pour se prévenir de la contamination par les aflatoxines, il faut l'application du tri des grains car cette étude montre que la non-application du tri constitue un risque élevé de 99,1% de se contaminer. Ce moyen de lutte a été soutenu en 2016 par DIEME Eliasse et ses collaborateurs dans la revue des méthodes de lutte existantes contre la contamination des céréales par l'aflatoxine en Afrique (**Dieme, 2016**). Et récemment en 2022, N'Da et ses compagnons ont montré l'importance du tri dans la gestion post-récolte du maïs (*Zea mays* L.) au Nord de la Côte d'Ivoire (**N'Da, 2022**).

4.3. Effet du miel sur les *Aspergillus*

Les résultats obtenus de nos deux analyses microbiologiques et chimiques montrent que le miel réduit le développement des *aspergillus* mais garde d'une manière stationnaire leurs toxines dans les denrées.

Nos résultats sont conformes à ceux de Moussa Ahmed car ayant évalué in vitro l'effet synergique de l'amidon sur l'activité antifongique du miel, il a constaté que le miel avait montré un effet antifongique vis-à-vis du genre d'*Aspergillus* à 47,6% (**Moussa Ahmed, 2007**).

Pour prévenir la contamination, dans des conditions bien maîtrisées, on recommande d'utiliser des antifongiques dans la conservation des céréales. Plusieurs autres procédés de lutte biologique sont recommandés : ça peut-être des insectes transgéniques et mutants (**Nanfack et Fogang, 2015**) soit des substances végétales (**Waongo et al., 2013**). Il serait utile aussi d'utiliser du miel dans la conservation des produits céréaliers surtout les maïs pour garder en dormance les *aspergillus* et arrêter ainsi la prolifération des aflatoxines.

Cependant, ces produits n'éliminent pas la mycotoxine déjà présente, mais empêchent le développement de nouvelles moisissures (**Ndiaye, 2011**).

C'est pourquoi, pour nous assurer de la qualité sanitaire de ce que nous consommons, à part les techniques citées ci-haut, il sera bénéfique de respecter aussi les mesures préconisées en 2011 par Green Info: récolter des grains arrivés à maturité ; bien sécher une denrée récoltée pour réduire la teneur en eau, stocker dans un endroit frais et sec, à l'abri de l'humidité et des insectes et autres ravageurs, trier pour écarter les graines attaquées par les insectes et celles qui sont immatures, tachées, noircies, rances ou moisies.

5. CONCLUSION

Notre travail portait sur la contamination des aliments destinés aux enfants de 0-59 mois dans les zones de santé de Goma, Kayna et Kyondo par les aflatoxines. L'objectif était d'évaluer la connaissance du personnel soignant sur la contamination des aliments destinés aux enfants de 0-59 mois par les aflatoxines, le lien entre cette contamination et la malnutrition et l'effet du miel sur le développement des *Aspergillus sp* en vue de contribuer à l'amélioration de la santé infantile dans cette région. Les résultats obtenus à partir de cette étude ont montré que la plupart des prestataires des services de soins, au Nord-Kivu, n'ont jamais entendu parler des aflatoxines et ne les connaissent pas. Le niveau d'étude surtout universitaire et l'ancienneté sont les facteurs influençant la connaissance sur la contamination par des aflatoxines. Dans les trois zones de santé plus de la moitié d'enfants est malnutrie. La malnutrition aiguë sévère est aussi causée par la consommation des aliments ayant un taux d'aflatoxines

dangereux. Le miel garde d'une manière stationnaire les toxines dans l'échantillon. A part le tri des grains, il est utile d'utiliser du miel dans la conservation des produits céréaliers pour garder en dormance les moisissures aflatoxinogènes et arrêter ainsi la prolifération des aflatoxines.

Étant donné que cette étude n'est qu'une partie d'un travail plus consistant dans la lutte contre la contamination en aflatoxines et dans la conservation des produits céréaliers pour éradiquer ce défi silencieux, nous encourageons quiconque voudrait se lancer dans cette recherche si noble et utile pour la santé infantile et l'économie.

D'autres travaux intéressants consisteraient à évaluer la perception de la contamination par les aflatoxines dans les structures étatiques, scolaires et commerciales. Étudier à quel moment de la conservation, les *Aspergillus sp.* commencent à proliférer des aflatoxines dans les farines et à quel moment il serait mieux d'utiliser du miel dans la conservation pour se prévenir de ces toxines. Il serait aussi possible de déterminer la quantité de miel qu'il faut pour tel ou tel autre produit. Ceci compléterait les moyens préventifs d'intoxications alimentaires.

Nous recommandons :

- aux structures sanitaires et surtout au service de pédiatrie, de renforcer l'éducation nutritionnelle lors de la CPS pour prévenir la survenue de la malnutrition ;
- aux parents et surtout aux mamans, de promouvoir l'allaitement exclusif au sein jusqu'à six mois.
- aux ONG qui travaillent pour la promotion de la santé en luttant contre l'insécurité alimentaire d'organiser plus de formations de sensibilisation allant dans ce sens pour la bonne santé de tous (l'IITA) et de venir en aide de ces enfants malnutris en leur fournissant plus d'ATPE et de s'assurer que ces aliments arrivent à destination (UNICEF ET PAM).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Akello, J., Ortega-Beltran, A., Katati, B., Atehnkeng, J., Augusto, J., Mwila, C. M., ..& Bandyopadhyay, R. (2021). Prevalence of aflatoxin-and fumonisin-producing fungi associated with cereal crops grown in Zimbabwe and their associated risks in a climate change scenario. *Foods*, vol. 10, no 2, p. 287.
- [2] Allomasso, R., Coulibaly, R., Glitho, O. I., & Hell, K. (2006). Principaux facteurs affectant l'état nutritionnel et de santé des enfants exposés à l'aflatoxine au Bénin: Application du modèle Probit. *Bulletin de recherche agronomique du Bénin*, vol. 53, p. 9-17.
- [3] Ba, R., Monteiro, N. M., Houngue, U., Hounsode, M. T. D., Gbaguidi, F., & Baba-Moussa, L. (2016). Perception des producteurs et impact des facteurs socio-économiques sur la connaissance des mycotoxines du maïs en stockage au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 10, no 1, p. 155-166.
- [4] Bankole, S. A., & Adebajo, A. (2003). Mycotoxins in food in West Africa: current situation and possibilities of controlling it. *African journal of Biotechnology*, vol. 2, no 9, p. 254-263.
- [5] BOURAIS, I., & AMINE, A. (2006). Aflatoxines: Toxiques redoutables dans nos aliments. *Les technologies de laboratoire*, Vol.1.

- [6] Bruno, B. S., (2020). Enquêtes nutritionnelles zones de santé de Biena, Musienene, Manguredipa, Masereka, Rutshuru, Kyondo, Karisimbi, Vuhovi, Goma province du nord kivu, Période d'enquête : Septembre-Octobre 2020, Avec l'appui de l'ULB Coopération.
- [7] Classification de la malnutrition à l'aide des protocoles (IPC). (2022), Action contre la faim, Global Platform, septembre 2021 - août 2022. Document téléaccessible à l'adresse<https://www.fsinplatform.org/sites/default/files/resources/files/IPC_DRC_Acute_Malnutrition_2021Sept2022Aug_Snapshot_French.pdf> Consulté le 22/03/2022.
- [8] Clavel, D., Diouf, O., Mayeux, A., Tossim, H. T., Diallo, O., Diedhiou, P., & Braconnier, S. (2005). Rapport d'activités du CIRAD (Partenaire n° 1) novembre 2004-octobre 2005.
- [9] De Vries, H. R. (1989). Aflatoxins and child health in Kenya. Document téléaccessible à l'adresse <[file:///C:/Users/ODN01/Downloads/890531_VRIES-Harmen-Roelof-de%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ODN01/Downloads/890531_VRIES-Harmen-Roelof-de%20(2).pdf)> Consulté le 01/12/2022.
- [10] Dieme, E., Fall, R., Sarr, I., Sarr, F., Traore, D., & Seydi, M. (2016). Contamination des céréales par l'aflatoxine en Afrique: revue des méthodes de lutte existantes. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 10, no 5, p. 2285-2299.
- [11] Ernest, A. K., Sonia-Estelle, E., Gustave, K. K., Guy-Alexandre, Z. B., & Séraphin, K. C. (2016). Facteurs socio-démographiques et risque de la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants, de 0 à 59 mois, fréquentant l'Hôpital Général de Bingerville (Côte d'Ivoire)/[Socio-demographic factors and risk of protein energy malnutrition in children less than five years old at the General Hospital of Bingerville (Côte d'Ivoire)]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 17, no 3, p. 884.
- [12] Ezzouaoui, A., Bouzir, M. H., & Tassist, A. (2020). Etude de l'effet inhibiteur naturel d'une formule à base de miel et d'extrait de plante à usage pharmaceutique. Université Dr Yahia Fares-Médéa Faculté de Technologie. Option : Génie des Procédés Pharmaceutiques.
- [14] Godefroy, D. (2021). Evaluation Comparee De La Malnutrition Des Enfants De Moins De 5 Ans Par Des Indices Anthropometriques En Republique Democratique Du Congo. *European Scientific Journal*, vol.17.
- [15] Hatem, N. L., Hassab, H. M., Al-Rahman, E. M. A., El-Deeb, S. A., & Ahmed, R. L. E. S. (2005). Prevalence of aflatoxins in blood and urine of Egyptian infants with protein-energy malnutrition. *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 26, no 1, p. 49-56.
- [16] Hendrickse, R. G., Coulter, J. B., Lamplugh, S. M., Macfarlane, S. B., Williams, T. E., Omer, M. I., & Suliman, G. I. (1982). Aflatoxins and kwashiorkor: a study in Sudanese children. *Br Med J (Clin Res Ed)*, vol. 285, no 6345, p. 843-846.
- [17] Joachim, U. D. M. B., Thaddée, M. N., & Lelo, M. (2020). Inhibition du développement de l'Aspergillus flavus par l'acide acétique: Analyse de trois expériences réalisées à Kinshasa-RD Congo. *Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.45 (1): 7809-7821*. Document téléaccessible à l'adresse<<https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v45-1.5>> consulté de 30 mars 2023.
- [18] Jonsyn-Ellis, F. (2012). Ignored aetiologic factors of growth faltering/stunting in Sierra Leonean Children: aflatoxin and ochratoxin A. *Sierra Leone Journal of Biomedical Research*, vol. 4, no 1, p. 14-21.
- [19] Kahinda, J. S. M., Mucaïl-a-Mucaïl, T., Kabimbi, M. M., Kafutshi, D. M., Ilonda, R. L., Lukumba, D. K., & Katumbo, A. M. (2021). Profil sociodémographique, clinique et évolutif des

enfants de moins de 5 ans hospitalisés pour malnutrition aiguë sévère à l'hôpital Sendwe de Lubumbashi. *Revue de l'Infirmier Congolais*, vol. 5, no 2, p. 8-14.

[20] Kara, R., Kadri, S., & Aouar, L. (2021). La Flore fongique associée aux grains de blé et d'orge stockés. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie Département des Sciences de la Nature et de la Vie.

[21] Moussa, A. H. M. E. D. (2007). *Evaluation in vitro de l'effet synergique de l'amidon sur l'activité antifongique du miel, en relation avec l'indice de diastase vis-à-vis de deux espèces pathogènes: Candida albicans et Aspergillus niger*. Thèse de doctorat. Université Ibn Khaldoun-Tiaret-

[22] N'Da, H. A., Kouakou, C. K., & N'Cho, A. L. (2022). Gestion post-récolte du maïs (*Zea mays* L.) au Nord de la Côte d'Ivoire: pratique paysanne et typologie des systèmes de stockage. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 16, no 6, p. 2658-2672.

[23] Nanfack, F. M., Dongmo, Y. Z., & Fogang, M. A. R. (2015). Les insectes impliqués dans les pertes post-récolte des céréales au Cameroun: méthodes actuelles de lutte et perspectives offertes par la transgénèse. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 9, no 3, p. 1630-1643.

[24] Ndiaye, S. (2011). LA sécurité alimentaire au Sénégal, constats et perspectives ? contribution GREEN INFO Décembre 2011, Revue trimestrielle d'informations environnementales - Décembre 2011 - N° 02, p. 3 - 4. Université de Thiès

[25] Onyemelukwe, G. C., Ogoina, D., Ibiem, G. E., & Ogbadu, G. H. (2012). Aflatoxins in body fluids and food of Nigerian children with protein-energy malnutrition. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 12, no 5, p. 6553-6566.

[26] Organisation mondiale de la Santé (OMS), (2018). Département Sécurité sanitaire des aliments et zoonoses.

[27] Organisation mondiale de la Santé (OMS), (2019-2025). Régional de l'Afrique, Comité, *Plan stratégique pour réduire le double fardeau de la malnutrition dans la Région africaine: Rapport du Secrétariat*. Organisation mondiale de la Santé. Bureau régional de l'Afrique.

[28] Organisation Mondiale de la Santé, (2017), *Cibles mondiales de nutrition 2025: note d'orientation sur le retard de croissance*.

[29] Pfohl-Leszkowicz, A. (2009). Mycotoxines: facteur de risque de cancers. *J Afr Cancer*, vol. 1, no 1, p. 42-55.

[30] Plan National de Développement Sanitaire RDC (PNDS), (2019-2022).

[31] Programme alimentaire mondial (PAM) (2019), Enquête réalisé en mai 2019.

[32] Programme mixte FAO/OMS,(2022), Pour les normes alimentaires commission du codex alimentarius quarante-cinquième session 21-25 novembre et 12 -13 décembre rapport de la quinzième session du comité du codex sur les contaminants dans les aliments, 86p. Document téléaccessible à l'adresse https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/jp/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-15%252FREPORT%252FFINAL%252520REPORT%252FREP22_CF15f.pdf > consulté le 3 avril 2023.

[33] Programme National de Nutrition RDC (PRONANUT), (2013), fiches techniques Prise en Charge Intégrée de la Malnutrition Aigüe (PCIMA), (2013).

- [34] Programme National de Nutrition RDC (PRONANUT), (2020), rapport final.
- [35] Traoré, R. (2012). Evaluation de l'état nutritionnel des enfants de 6-59 mois dans la région de Koutiala. Thèse de doctorat, Université de Bamako ; Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie (F.M.P.O.S.), Année Académique 2009-2010.
- [36] Udomkun, P., Wossen, T., Nabahungu, N. L., Mutegi, C., Vanlauwe, B., & Bandyopadhyay, R. (2018). Incidence and farmers' knowledge of aflatoxin contamination and control in Eastern Democratic Republic of Congo. *Food Science & Nutrition*, vol. 6, no 6, p. 1607-1620.
- [37] UNICEF. (2020), *La Situation des enfants dans le monde en 2019: Enfants, nourriture et nutrition-Bien grandir dans un monde en mutation*. United Nations.
- [38] Waongo, A., Yamkoulga, M., Dabire-Binso, C. L., Ba, M. N., & Sanon, A. (2013). Conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso: Perception paysanne et évaluation des stocks. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 7, no 3, p. 1157-1167.
- [39] Winnie, M. I., Donnen, P., & Françoise, M. (2021). Déterminants de la malnutrition dans un pays à faibles revenus: étude descriptive sur 422 gardiens des enfants et ces enfants âgés de 6 à 23 mois révolus vivant à Luwowoshi/Lubumbashi/RD Congo. *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research* Vol. 08, Issue 06, pp. 6962-6971.

ANNEXES
QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE

QUESTIONNAIRE ADRESSÉ AU PERSONNEL SOIGNANT

Section 1 : Caractéristiques sociodémographiques et économique des répondants	
<p>2. Quel est votre genre ?</p> <p>3. Quel est votre âge?</p> <p>4. Quel est votre état civil ?</p> <p>5. Êtes-vous natif de ce village ou quartier?</p> <p>6. Sinon, depuis combien d'années y habitez-vous?</p> <p>7. Quel est votre territoire ou ville?</p> <p>8. votre chefferie ou commune ?</p> <p>9. Quel est votre groupement ou quartier ?</p>	<p>10. Quel est votre zone de santé ?</p> <p>11. Quel est votre centre de santé ?</p> <p>12. Quel est votre niveau d'étude?</p> <p>13. Quelle est votre religion ?</p> <p>14. Préciser votre titre ?</p> <p>15. Quelle institution avez-vous fréquenté ?</p> <p>16. Combien d'années d'expérience avez-vous dans ce domaine ?</p>
Section 2: Connaissance et perception sur la contamination par les aflatoxines	
<p>17. Avez-vous déjà entendu parler des aflatoxines?</p> <p>18. Depuis combien d'années avez-vous entendu parler de l'aflatoxine ?</p> <p>19. Par quel canal avez-vous entendu parler de cela?</p> <p>20. Les aflatoxines sont-elles présentes dans certains aliments ?</p> <p>21. Si oui, quels sont ces aliments ?</p> <p>22. Existe-t-il différents types de mycotoxines ?</p> <p>23. Si oui lesquelles connaissez-vous?</p> <p>24. Les aflatoxines sont-ils causés par les champignons ?</p> <p>25. Est-ce que les champignons produisent des composés toxiques ?</p> <p>26. Etes-vous au courant de la contamination des aflatoxines dans les cultures à même le champ et pendant le stockage ?</p> <p>27. Etes-vous au courant que les aflatoxines sont présentes dans la nourriture sur la table après la récolte et/ou après la cuisson?</p> <p>28. Est-ce que les cultures qui diffèrent dans le goût favorisent les aflatoxines ?</p>	<p>29. Est-ce que les cultures décolorées favorisent les aflatoxines ?</p> <p>30. Est-ce que les cultures découpées augmentent les aflatoxines ?</p> <p>31. Est-ce que les cultures rongées par les insectes favorisent les aflatoxines?</p> <p>32. Est-ce que les cultures mélangées aux matières étrangères favorisent les aflatoxines?</p> <p>33. La consommation des aliments contenant des aflatoxines peut-elle avoir des effets néfastes sur la santé ?</p> <p>34. Même une petite quantité d'aflatoxines peut-elle avoir des effets néfastes sur la santé ?</p> <p>35. Si oui, lesquels?</p> <p>36. Les aflatoxines peuvent-ils être transférés aux animaux?</p> <p>37. Connaissez-vous les effets des aflatoxines sur les animaux?</p> <p>38. Si OUI, citez-les ?</p> <p>39. Quelles sont les conséquences des aflatoxines chez l'homme ?</p> <p>40. Les produits à base d'arachides peuvent-ils contenir des aflatoxines ?</p>

Section 3: Localisation de l'enquête : longitude et latitude en vue de la cartographie.

QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX PARENTS D'ENFANTS MALNUTRIS

Section 1 : Caractéristiques sociodémographiques et économique des répondants

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Quel est votre nom ? 2. Quel est votre genre ? 3. Quel est votre âge? 4. Quel est votre état civil ? 5. Êtes-vous natif de ce village ou quartier? 6. Sinon, depuis combien d'années y habitez-vous? 7. Quel est votre territoire ou ville? 8. Quel est votre chefferie ou commune ? 9. Quel est votre groupement ou quartier ? 10. Quel est votre zone de santé ? 11. Quel est votre centre de santé ? | <ol style="list-style-type: none"> 12. Quel est votre niveau d'étude? 13. Quelle est votre religion ? 14. Préciser votre profession 15. Combien de personnes y'a-t-il dans votre ménage? 16. Si marié(e), à combien de personnes êtes-vous pour un(e) seul (e) partenaire? 17. Combien d'enfants de moins de 5 ans font partie de votre ménage? 18. Combien de repas prenez- vous dans votre ménage par jour? 19. Quel est votre revenu mensuel en dollars? |
|--|---|

Section 2 : Informations sur l'enfant de l'étude

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 20. Quel est l'âge de votre enfant en mois ? 21. Quel est son sexe de votre enfant? 22. Quel est son poids en kilogramme ? 23. Quelle est la taille de votre enfant en centimètres ? 24. Quelle est son périmètre brachial en millimètres ? 25. Fréquentez-vous régulièrement une FOSA pour la nutrition de votre enfant ? 26. Allaitiez-vous actuellement votre enfant ? 27. Avez-vous sevré votre enfant ? | <ol style="list-style-type: none"> 28. Si oui, quel âge avait-il (elle) lors du sevrage ? 29. Si à moins de 6 mois, pourquoi avez-vous sevré l'enfant de manière précoce? 30. Quels suppléments alimentaires fournissez-vous habituellement à votre enfant ? 31. Si vous avez ajouté de la bouillie, quelles matières premières utilisez-vous le plus souvent ? 32. Quels sont les symptômes de maladie que votre enfant a présentés ces deux dernières semaines ? |
|---|---|

Section 3 : Connaissance des répondants sur la contamination des aliments

<p>33. Quels sont les différents signes de reconnaissance des aliments avariés ou des mauvais grains ?</p> <p>34. La consommation d'aliments avariés ou des mauvais grains est-elle dangereuse pour la santé humaine ?</p> <p>35. Si oui, quelles sont les maladies associées à la mauvaise qualité des aliments chez les enfants ?</p> <p>36. Les aliments que vous donnez à votre enfant, sont-ils directement de votre récolte récente ou du marché ?</p>	<p>37. S'ils viennent de votre récolte, triezy-vous les grains pour enlever les mauvais grains, endommagés ou rongés par les insectes ?</p> <p>38. Si OUI, que faites-vous des mauvais grains ?</p> <p>39. SI NON, quelles sont vos raisons ?</p> <p>40. Quels sont les produits alimentaires les plus sujets à la contamination par les aflatoxines</p> <p>41. Quelles conditions augmentent le développement des mauvais grains ?</p> <p>42. Comment faites-vous pour éliminer l'avarie de vos aliments ?</p>
--	---