

Les Mycotoxines dans les Aliments Consommés à Kinshasa, République Démocratique du Congo (RDC)

ILUNGA CIUMA Calvin¹, TSHIOMBE MULAMBA Van Emery², BULUBULU OTONO Freddy¹, NYEMBO KIBANGA Beaudouin³, MUAMBI NKATE Jean Louis³, MUKENDI MUKENDI Joël⁴, MU YA ITUNGA Moïse¹, MBUYI MUSADI Chantal⁵, MAKUN ANTHONY Hussaini⁶.

Paper History

Received : December 03, 2021

Revised : February 16, 2022

Accepted : March 22, 2022

Published : March 27, 2022

Keywords

Mycotoxins, food contaminants, molds.

ABSTRACT

Mycotoxins in Foods Consumed Kinshasa, Democratic Republic of the Congo (DRC)

Food security is a concept that takes into account not only the number of food products available but also the qualitative aspects. The Democratic Republic of Congo (DRC), like many developing countries, faces these two challenges, the quantitative insufficiency of agricultural production on the one hand, and the problem of the quality of food products marketed. Among the problems that affect the quality of food sold and consumed in Kinshasa are the microbiological quality and the presence of food contaminants, of which mycotoxins occupy an important place. Despite the heavy toll these contaminants impose on the population and the national economy, no national policy for their management exists in the country, let alone a law regulating them. The scarce research carried out on mycotoxins in foods consumed in Kinshasa has been directed towards aflatoxins and the information they present is fragmentary. The aim of this study is to take stock of the state of research carried out on food mycotoxins in foodstuffs consumed in the DRC, more precisely in the city province of Kinshasa, with a view to contributing to the establishment of a national management policy. of these food contaminants.

¹Département de Biotechnologie et Biologie moléculaire, Commissariat Général à l'Energie Atomique/Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa/ (CGEA/CREN-K), B.P 868 KINSHASA XI, RD Congo.

²Département de Biochimie et Technologie des aliments, Commissariat Général à l'Energie Atomique/Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa/ (CGEA/CREN-K), B.P 868 KINSHASA XI, RD Congo.

³Département de Phytobiologie, Commissariat Général à l'Energie Atomique/Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa/ (CGEA/CREN-K), B.P 868 KINSHASA XI, RD Congo.

⁴Clinique de Plantes de Kinshasa, B.P 8842 KINSHASA XI.

⁵Département de Microbiologie, Commissariat Général à l'Energie Atomique/Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa/ (CGEA/CREN-K), B.P 868 KINSHASA XI, RD Congo.

⁶African Center of Excellence for Mycotoxin and Food Safety/Federal University of Technology/Minna (ACEMFS/FUTMINNA), Niger State, Nigeria.

*Corresponding author, e-mail: calvinilunga@gmail.com

INTRODUCTION

La contamination des aliments par les mycotoxines et les champignons qui les sécrètent est un véritable calvaire qui sévit actuellement dans le monde pour les êtres humains comme pour les animaux d'élevage, et surtout dans les pays tropicaux à faible

revenu [GUEZLANE *et al.*, 2016 ; GALTIER *et al.*, 2005]. C'est le cas de la RDC, où les facteurs éco-climatiques sont très favorables à la prolifération des moisissures mycotoxigènes dans un contexte socioéconomique très délétère.

Les champignons producteurs des mycotoxines peuvent contaminer les aliments en champs, avant ou après la récolte, ou

pendant l'entreposage, le transport et la transformation des produits agricoles [MANAL *et al.*, 2011 ; ANTOINE, 2010].

Les Mycotoxines sont des composés doués de potentialités toxiques néfastes à la santé des animaux et de l'homme chez qui ils provoquent un certain nombre de troubles voire des maladies graves, après ingestion des aliments contaminés [MAGNIN *et al.*, 2016]. Cette toxicité peut être aiguë, subchronique ou chronique et engendre des effets délétères sur le système nerveux central, l'appareil cardiovasculaire, l'appareil respiratoire, l'appareil digestif et le système urinaire. D'autres effets peuvent être génotoxiques, mutagènes, carcinogènes, tératogènes et immunosuppresseurs [FIREW *et al.*, 2020 ; FOFANA *et al.*, 2019 ; JORDAN *et al.*, 2018 ; NANCY *et al.*, 2018; MAKUN *et al.*, 2018; MEILE, 2017].

Plusieurs cas d'intoxications alimentaires des humains par les mycotoxines ont été rapportés à travers le monde. On peut citer par exemple le cas de 341 personnes victimes d'une intoxication après consommation d'une farine de maïs contaminée par les aflatoxines en 2004, qui a causé 123 décès dans les provinces du centre et de l'Est du Kenya [OBURA, 2013]. En plus des effets nutritionnels et sanitaires néfastes sur l'homme et le bétail, les mycotoxines constituent également un fardeau dévastateur sur l'économie dans le monde et particulièrement en Afrique subsaharienne où des pertes de denrées alimentaires et des aliments pour bétail sont évaluées à plus de 30% de la production agricole mondiale [MASIKA *et al.*, 2019 ; NJOBEH, 2018 ; MAGEMBE *et al.*, 2016].

La RDC n'est pas épargnée par ce fléau qui cause des pertes énormes estimées à plus de 6 millions de tonnes sur une production agricole totale estimée à 20 millions de tonnes de vivres par an [FAO, 2018].

Plusieurs facteurs concourent à la persistance ainsi qu'à la prolifération de ce fléau : les températures et l'humidité atmosphérique élevées [ANTOINE, 2010 ; GITA *et* COLETTE, 2011], la précarité des voies de desserte agricole, des moyens inappropriés d'évacuation de produits agricoles des zones agricoles vers les centres de consommation, une réglementation quasi-inexistante, une surabondance des marchés clandestins à travers les villes, un manque d'infrastructures adéquates pour la commercialisation et la conservation des denrées alimentaires, l'absence d'un programme national de recherche sur les mycotoxines et d'autres contaminants, et très peu d'informations disponibles [UDOMKUN *et al.*, 2018 ; MULUNDA *et al.*, 2013].

La présence des denrées alimentaires pourries à travers les différents marchés et points de vente de Kinshasa où les

vendeurs sont quotidiennement préoccupés au triage, montre l'ampleur de la situation. Malheureusement, il y a très peu d'informations sur les types de mycotoxines présentes dans les denrées alimentaires couramment consommées par la population. Et jusqu'à ce jour, il n'existe pas encore de recherches relatives à l'évaluation de risque d'exposition de la population vis-à-vis de ces contaminants alimentaires.

C'est dans le but de faire un point sur l'état des recherches menées en rapport avec les mycotoxines dans les denrées consommées en RDC, plus précisément dans la ville de Kinshasa, en vue de contribuer à mettre en place une politique nationale de gestion de ces contaminants alimentaires, que la présente revue de la littérature est initiée.

RAISONS DU CHOIX DE LA VILLE DE KINSHASA

La ville de Kinshasa est la capitale de la RDC et figure parmi les mégapoles d'Afrique. La majorité des activités économiques et administratives du pays y sont concentrées [SHOMBA *et al.*, 2015].

A cause de son sol principalement sablonneux, donc pauvre pour l'agriculture [NYEMBO *et al.*, 2013], l'approvisionnement en produits agricoles se fait à partir d'autres provinces du pays, notamment, le Kongo Central, par route ou par voie ferroviaire, l'ex province de Bandundu, par route ou voie fluviale (fleuve Congo) et l'ex province de l'Equateur, par voie fluviale [DUQUESNE *et al.*, 2010], en vue de couvrir les besoins alimentaires de la population estimée à plus de 17 millions d'habitants.

Cependant, la plupart des routes de desserte agricole dans le pays sont vieilles et dans un état de délabrement avancé. Par manque des bateaux et navires adaptés, le transport fluvial est assuré par des moyens inappropriés tels que pirogues, baleinières et autres. Ces contraintes constituent un obstacle majeur dans le transport des denrées alimentaires vers les centres de consommation et constituent des risques remarquables des contaminations fongiques.

Le climat est tropical humide de type AW4 selon la classification de Koppen, avec alternance de 2 saisons : sèche et pluvieuse. La température moyenne annuelle est de 25,3 °C et les précipitations annuelles sont de l'ordre de 1 273,9 mm [CRABBE, 1980]. La Figure 1 présente ville de Kinshasa tandis que la figure 2 illustre les conditions dans lesquelles les produits alimentaires sont parfois vendus.

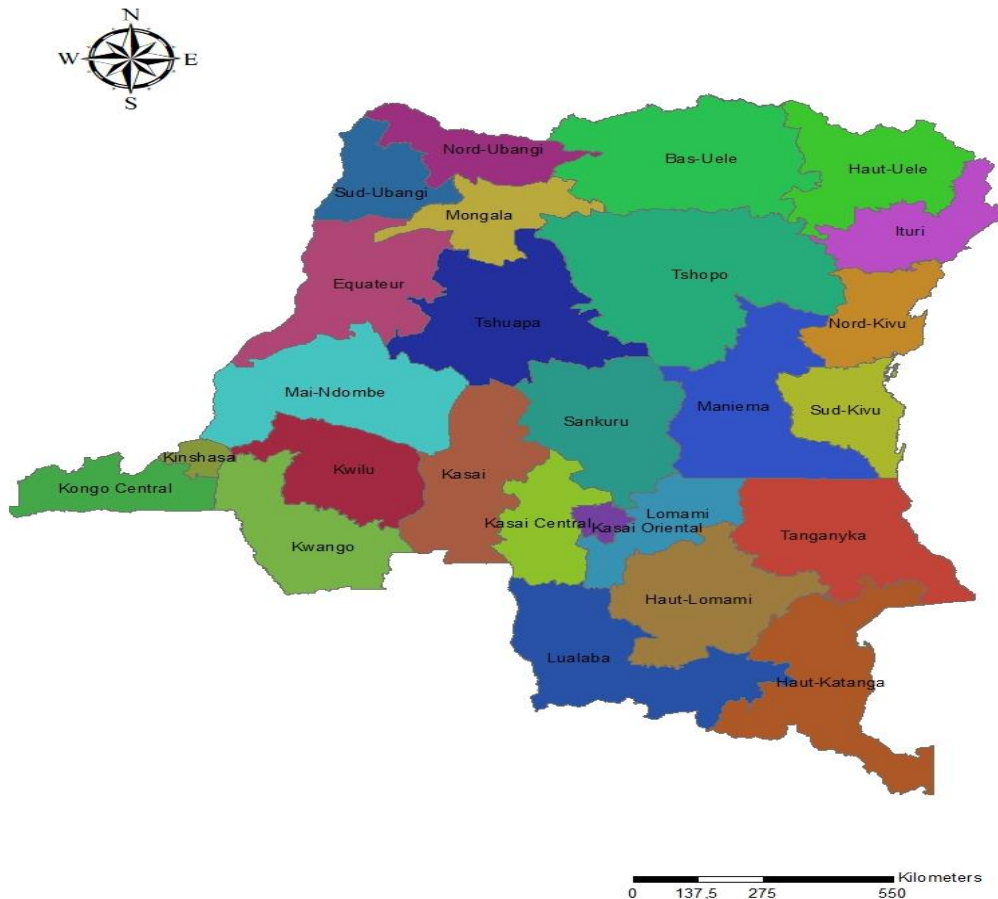


Figure 1 : Carte des provinces de la RDC.

Source: Département de physique du sol et hydrologie au CREN-K.



Figure 2 : Marché Baramoto de Kinshasa.

Source: Nos enquêtes.

Les infrastructures de base, comme les marchés et les entrepôts commerciaux, se trouvent généralement délabrées et très insalubres. Plusieurs points de vente clandestins sont parsemés à travers toute la ville et ne remplissent pas souvent de conditions requises.

MYCOTOXINES

Le terme mycotoxine est une combinaison des mots : grec « Mykos » qui signifie « champignon » et latin « Toxicum » qui signifie « poison ». Les mycotoxines sont donc des substances toxiques secrétées essentiellement par les micromycètes. Ce sont plus précisément des métabolites secondaires produits par des champignons (genres *Aspergillus*, *Claviceps*, *Alternaria*, *Penicillium* et *Fusarium*), dont certaines provoquent une grande diversité d'effets nocifs (principalement cancérigènes) sur la vie de l'homme [RANAJIT *et al.*, 2018 ; RHODA, 2016 ; AFSSA, 2009 ; LE POIVRE, 2006].

Ces composés chimiques naturels peuvent être produits dans un large éventail de produits agricoles tels que les arachides et les épices après leur contamination par les champignons excréteurs [AHMED, 2018]. En raison de la large distribution des champignons dans l'environnement, les mycotoxines sont considérées comme l'un des contaminants les plus importants dans les aliments et les aliments pour bétail [RALF *et al.*, 2018 ; GAUTHIER, 2016].

Les mycotoxines sont des composés chimiques peu solubles dans l'eau, difficilement dégradables par les êtres vivants et très

stables à la chaleur et à l'acidité, et résistent à plusieurs manipulations technologiques que peuvent subir les aliments (la torréfaction, l'extrusion et la cuisson) pour se retrouver dans l'assiette du consommateur. [AFSSA, 2009 ; BOURAIS et AMINE, 2006]. Elles restent présentes dans l'aliment même lorsque l'agent fongique excréteur n'y est plus.

Sur le plan économique et sanitaire, les mycotoxines les plus importantes sont les aflatoxines (AF), le désoxynivaléol (DON), la zéaralénone (ZEA), l'ochratoxine (OTA), la fumonisine (FUN) et la patuline [RALF et al., 2018 ; THOMAS et al., 2018 ; RUDOLF et al., 2018].

Aflatoxines (AF)

Les aflatoxines sont des mycotoxines secrétées par certains *Aspergillus* et présentent des effets nocifs sur la santé humaine ou animale. Elles ont été découvertes lors des investigations de la "maladie X du dindon" qui avait sévi en Angleterre au début des années 1960. Ceci avait permis de mettre en évidence la présence d'une toxine dans la nourriture de ces volailles, constituée des tourteaux d'arachide. Le terme d'aflatoxine a été attribué à ces toxines en référence à *Aspergillus flavus* (abrégié en *A. flavus*), premier champignon identifié comme étant responsable de la sécrétion de ces toxines. Ces toxines figurent parmi les plus étudiées [AFSSA, 2009 ; MARTIN et al., 1999].

Plusieurs types d'aflatoxines (14 ou plus) sont présents dans la nature, mais quatre majeures (B1, B2, G1 et G2), sont particulièrement dangereuses pour les êtres humains et les animaux car on les retrouve dans toutes les grandes cultures alimentaires [GUCHI, 2015]. Les formes B étant 10 à 50 fois plus toxiques que les formes G. L'aflatoxine B1 est la plus toxique et la plus cancérigène. Les aflatoxines M1 et M2 sont des dérivés des aflatoxines B1 et B2. L'aflatoxine M1 se retrouve dans le lait lorsque le régime alimentaire est régulièrement contaminé par l'aflatoxine B1 [MASIKA et al., 2019 ; RAJABU, 2018 ; WHO, 2018 ; AZMAT, 2018].

Les *Aspergillus* sont les producteurs des aflatoxines et généralement contaminants une gamme importante des denrées alimentaires. Les aflatoxines produites sont potentiellement cancérigènes et peuvent affecter l'ensemble des systèmes organiques, en particulier le foie et les reins ; elles peuvent provoquer des cancers du foie et ont été associées à d'autres types de cancer. L'Aflatoxine B1 est connue pour être cancérigène chez l'homme. Elle est classée dans le groupe 1 de cancérigènes humains par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) [2015]. La capacité de cette aflatoxine à provoquer un cancer du foie est significativement accru en présence d'une infection par le virus de l'hépatite B (VHB) ou d'autres facteurs hépatotoxiques comme l'alcool, le tabac et les agents infectieux [KATERERE et al., 2018 ; WHO, 2018 ; CIRC, 2015 ; MARTIN et al., 1999].

Ochratoxine A (OTA)

Les ochratoxines sont des métabolites excrétés par de moisissures appartenant aux genres *Aspergillus* ou *Penicillium*. Il en existe 9 et seule l'ochratoxine A intéresse la présente étude à cause de sa toxicité et de sa prévalence. Elle est couramment retrouvée sur des produits végétaux. C'est en 1965 que l'équipe de VAN DER MERWE a réussi à isoler pour la première fois l'OTA et par la suite à l'identifier comme contaminant du maïs aux USA en 1969, puis dans l'ensemble du monde [MELLE, 2008 ; VAN DER MERWE et al., 1965].

Bien que les infections fongiques puissent avoir lieu avant et après récolte, la synthèse de l'ochratoxine A se fait surtout lors du stockage. Les denrées alimentaires à haut risque de contamination par l'ochratoxine sont les céréales (maïs, orge, blé, sorgho, avoine et riz). D'autres aliments peuvent être contaminés comme les graines de cacao, le vin, le jus de raisin, la bière, des épices et la viande de porc. Les aliments pour animaux peuvent aussi être contaminés par l'OTA, les abats (sang, rognons) d'animaux ayant consommé de tels aliments peuvent alors présenter des résidus d'OTA. L'OTA a été également retrouvée dans le lait maternel, d'où le risque de contamination du nourrisson [ADOLFO et al., 2009 ; AFSSA, 2009].

L'OTA est néphrotoxique. Elle serait l'un des facteurs potentiels à l'origine de Néphropathie. Elle s'avère également immunotoxique, tératogène et neurotoxique [BROCHARD et LEBACLE, 2009].

Zéaralénone (ZEA)

La ZEA est une mycotoxine à effet œstrogénique, isolée pour la première en 1962 dans le maïs contaminés par *Gibberella zeae*. On la retrouve généralement dans les céréales (maïs, sorgho, orge, blé, riz, avoine, etc.), principalement au champ (flore du champ), lors du stockage ou dans l'orge dans la phase de germination au cours du maltage.

Les espèces de champignons productrices appartiennent pour la plupart au genre *Fusarium*.

L'effet toxique le plus préoccupant de la zéaralénone est son caractère de perturbateur endocrinien à activité œstrogénique provoquant une puberté précoce et une gynécomastie [AFSSA, 2009 ; FANGEAT, 2009].

Désoxynivaléol (DON)

Le DON est l'un des trichothécènes le plus répandu dans le monde. Il est principalement produit par *Fusarium graminearum* et par *Fusarium culmorum* qui se développent principalement dans les pays tempérés où elles nécessitent des humidités relatives élevées caractéristiques de la phase de production au champ plus que de celle du stockage.

Les champignons producteurs de trichothécènes contaminent principalement les céréales (blé, maïs, orge, etc.)

mais également les fruits, comme les bananes [PENGA et al., 2018 ; BROCHARD et LEBACLE, 2009 ; FANGEAT, 2009].

Fumonisines (F)

Les fumonisines constituent un groupe de mycotoxines structurellement reliées (FB1, FB2, FB3, FB4). La découverte de la structure de la fumonisine B1 (FB1) par GELDERBLOM et son équipe soit récente remonte à 1988, mais les effets de cette famille de mycotoxines sont connus depuis longtemps dans plusieurs espèces animales, en particulier chez les équidés où elles se manifestent par une hépatotoxicité et une nécrose cérébrale. Cette Food and Agriculture ille de mycotoxines contamine principalement les céréales [PENGA et al., 2018 ; AFSSA, 2009].

Les Fumonisines inhibent la biosynthèse des sphingolipides qui est révélée par l'augmentation du rapport Sphingamine/Sphingosine, observée dans divers tissus et dans le sérum d'animaux ayant consommé des fumonisines. Ce rapport constitue un marqueur précoce, dépendant de la dose et spécifique d'une exposition aux fumonisines, pouvant être utilisé à titre épidémiologique, dans le dépistage pré-clinique des intoxications [GUEZLANE et al., 2016 ; GAUTHIER, 2016 ; MAGEMBE et al., 2016].

Patuline

La Patuline a été découverte dans les filtrats d'*Aspergillus clavatus* par WAKSMANN et son équipe en 1942, grâce à son pouvoir antibiotique contre les bactéries gram positifs et gram négatifs. Cette toxine est sécrétée par les moisissures appartenant aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Byssoclamus*. Elle est le contaminant naturel de certains fruits (la pomme et ses dérivés) et des céréales (riz, blé, etc.) et responsable de neurotoxicité, immunotoxicité, et de congestion pulmonaire en cas d'intoxication [AFSSA, 2009].

Pour ses propriétés antibiotiques, la patuline a été introduite en thérapeutique vétérinaire et humaine. Elle fut ainsi utilisée avec succès dans la brucellose bovine et contre les agents des rhumes et bronchites, mais sa neurotoxicité l'a fait abandonner chez l'homme, en dépit de quelques succès dans le traitement local de plaies infectées et pour la cicatrisation des blessures de la cornée [MAGNIN et al., 2016 ; GAUTHIER, 2016].

MOISSISSURES

Les moisissures sont des champignons microscopiques (eucaryotes) regroupés en plusieurs espèces et formées des filaments minces, enchevêtrés. Ce sont des microorganismes ubiquitaires, saprophytes ou parasites et se développent sur les matières organiques, y compris les denrées alimentaires. Elles sont hétérotrophes et produisent un grand nombre de spores leur assurant un pouvoir de contamination considérable. Ces

spores sont susceptibles d'être présentes dans le sol (habitat primaire), l'air atmosphérique, l'eau et notamment sur une large gamme d'aliments variés, végétaux ou animaux [KATERERE et al., 2018 ; GITA et COLETTE, 2011 ; LE POIVRE, 2006].

Certaines espèces de moisissures appelées toxigènes, secrètent de toxines sur les aliments qu'ils contaminent. Plusieurs espèces appartiennent aux genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* et *Alternaria*. [GUEZLANE et al., 2016, JARD et al., 2011].

Les champignons toxigènes sont classés en deux groupes majeurs :

- Les contaminants de champs ou moisissures hygrophiles.

Ces champignons se développent lorsque l'activité de l'eau est importante. Ils infectent les produits agricoles avant et pendant la récolte. C'est le cas du *Fusarium ssp.* et *Alternaria ssp.*

- Les contaminants du stockage ou Xérotolérantes.

Ce sont des champignons capables de se développer après la récolte, au cours du séchage, du stockage, du transport et de la distribution. On peut citer l'*Aspergillus* et le *Penicillium* [RHODA, 2016].

CONTAMINATION FONGIQUE DES ALIMENTS

Dans les conditions naturelles, la contamination des aliments par les moisissures constitue un risque permanent et difficilement inévitable. Par l'intermédiaire des conidies ou des spores en suspension dans l'air libre, il y a dissémination des moisissures dans la nature et sur n'importe quel support. Ainsi, de nombreuses moisissures peuvent se développer, excréter les mycotoxines en raison de certaines conditions environnementales : la salubrité du milieu, l'état phytosanitaire de la culture précédant la récolte, les conditions météorologiques (pluies, turbulences atmosphériques, etc.), les techniques de récolte, les délais et conditions hydro-thermiques avant la stabilisation pour une bonne conservation, les animaux, surtout les insectes et les acariens, sont secondairement les facteurs de dispersion des conidies [GUEZLANE et al., 2016 ; MANAL et al., 2016 ; CRUZ et al., 2016 ; BROYDE et DORE, 2013 ; MANAL et al., 2011].

Croissant aux températures de 3°C à 40°C, les moisissures possèdent un arsenal enzymatique puissant, varié et tolérant des pH acides, des teneurs en eau très faibles et des taux d'oxygène bas. Ceux-ci expliquent un grand pouvoir saprophyte des moisissures et pourquoi ils peuvent contaminer pratiquement tous les aliments. Le **Tableau 1** reprend quelques moisissures et les aliments dans lesquels elles secrètent les mycotoxines.

Tableau 1 : Quelques mycotoxines produites suivant l'espèce de moisissures.

Moisissures	Mycotoxines	Aliments
<i>Aspergillus.flavus, A.parasiticus, A.nomius</i>	Aflatoxines B1, B2, G1, G2	Arachides, céréales, graines de coton, épices, fruits et autres légumineuses à grains, etc.
<i>Aspergillus ochraceus, A. carbonarius, Penicillium verrucosum</i>	Ochratoxine A	Légumes, céréales et graines de café, cacao, arachides, fromages, poissons, viandes, manioc, etc.
<i>Fusarium graminearum et F. F.crookwellense, F.cumorum</i>	Zéaralénone	Céréales (maïs, sorgho, orge, blé, riz, avoine)
<i>Fusarium ssp.</i>	Désoxynivalénol	Maïs, blé, etc.
<i>Fusarium verticilloides, F.proliferatum, F.nugamai</i>	Fumonisinés	Maïs et autres céréales
<i>Asperillus ssp.</i>	Patuline	Fruits (pommes, poires ...)
<i>Penicillium ssp.</i>		

Source: [PENGA et al., 2018 ; SARAH, 2018 ; RANAJIT et al., 2018 ; GUEZLANE et al., 2016 ; GAUTHIER, 2016 ; RHODA, 2016 ; GITA et COLETTE, 2011 ; YANDJU et al., 1995].

MYCOTOXIGENESE

La mycotoxigénèse est un processus physiologique très complexe qui correspond à un certain nombre des conditions indispensables à la synthèse et à la sécrétion des toxines fongiques dans l'aliment ou dans un substrat quelconque. La production de toxines et le développement fongique restent intimement liés et les facteurs capables d'influencer la croissance fongique joueront aussi un rôle sur la toxigenèse [GAUTHIER, 2016].

Il y a des facteurs favorisant la mycotoxigénèse tels que la génétique du germe, qui est un élément intrinsèque déterminant le caractère mycotoxigène d'un champignon. Une seule espèce fongique peut excréter une ou plusieurs toxines, selon parfois la nature de substrat et la région. Plusieurs espèces fongiques différentes peuvent excréter une même toxine [JARD et al., 2011].

La composition qualitative et quantitative du substrat peut influencer l'expression du pouvoir de sécrétion des toxines. En effet, un taux élevé de sucres et/ ou de lipides est favorable à la toxigenèse. Les céréales et les oléagineux, plus riches en sucres et en lipides sont généralement plus favorables à la production de mycotoxines que les substrats à forte teneur en protéines. La production des aflatoxines par *Aspergillus flavus* est favorisée par certains sucres comme le glucose, le mannose, le fructose et le saccharose. Le fer, le zinc et le cuivre ont été testés sur la production d'aflatoxines et d'ochratoxines grâce à leur rôle de catalyseurs dans la peroxydation des lipides [GUEZLANE et al., 2011].

L'emploi d'insecticides réduit l'apparition des mycotoxines, soit par action antifongique directe sur le champignon, soit en prévenant les lésions au niveau des graines dues aux insectes et aux acariens [CRUZ et al., 2016].

D'autres facteurs précédemment évoqués interviennent également dans la contamination fongique et de façon déterminante dans la mycotoxigénèse.

QUELQUES TRAVAUX DE RECHERCHES SUR LES MYCOTOXINES DANS LES ALIMENTS CONSOMMES A KINSHASA

Par manque de laboratoire spécialisé et surtout d'un programme national de recherche sur les mycotoxines en RDC, très peu d'informations sur l'état actuel de ces contaminants dans les aliments couramment consommés à Kinshasa ont été recueillies.

Les recherches qui ont été menées jusqu'à ce jour présentent des informations fragmentaires. L'analyse de ces informations montre que les investigations avaient été généralement orientées vers les aflatoxines, qui certes, figurent parmi les plus redoutables à cause de leur influence sur la santé des consommateurs.

Le **Tableau 2** rassemble les études inventoriées sur les mycotoxines à Kinshasa et qui datent de plus de 50 ans.

Les rares travaux effectués au cours de cette décennie sont à épingle :

1. Contamination mycologique et aflatoxine des arachides vendues sur les marchés de Kinshasa, République Démocratique du Congo, et de Pretoria, Afrique du Sud. Cette étude montre une contamination par les champignons aflatoxinogènes (*Aspergillus flavus* et *parasiticus*, *Penicillium. ssp* et *Fusarium. ssp*) de 95% d'arachides en provenance de Kinshasa et de 100% d'échantillons d'arachides récoltés à Pretoria dans les gammes, respectivement de 20-49.000 et 40-21.000 UFC/g. Quant aux aflatoxines B1, 65% des échantillons en provenance de Kinshasa et 35% de Pretoria présentaient des valeurs supérieures aux normes

Tableau 2 : Les aflatoxines dans quelques aliments vendus à Kinshasa.

Auteurs	Aliments	Taille de l'échantillon	Echantillons contaminés	Teneur en Aflatoxine B1 (ppm)
TSHIBANGU [1972] (*)	Arachides	5	5(100%)	3,3-88
	Manioc	6	2(33%)	0,3-3
	Arachides	5	3(60%)	0,1-2
KABEYA [1973] (*)	Maïs	29	3(10%)	0,2-6
MABIOLA [1973] (*)	Manioc	30	5(17%)	0,05-0,2
	Riz	8	1(12%)	0,016
	Patate douce humide	-	-	0,17
	Arachides	-	-	8
MASIMANGO [1979] (*)	Cosettes de manioc	-	-	6
	Farine de manioc	-	-	1
	Farine de maïs	-	-	0,6
	Pomme de terre	-	-	Traces

(*) Cité dans UMBA *et al.* [2018].

Les rares travaux effectués au cours de cette décennie sont à épingle :

internationales, après analyse par chromatographie (HPLC) et fluorimétrie [ILUNGA *et al.*, 2013].

- La présence naturelle de l'aflatoxine B1 dans les arachides brutes collectées dans les zones rurales de Kinshasa, en République Démocratique du Congo. Dans cette étude, la teneur en aflatoxine B1 rencontrée dans l'arachide récoltée dans les zones rurales de Kinshasa, varie de façon croissante en fonction de la saison, avec des valeurs allant de 1,5-390 µg/kg pour la saison sèche et de 12-937 µg/kg pour la saison de pluie, après analyse par chromatographie (HPLC). Aussi, 70% d'arachides récoltées pendant les deux saisons présentaient des teneurs d'aflatoxines B1 dépassant la norme internationale (5µg/kg) [KAMIKA *et al.*, 2011].

REGLEMENTATION ALIMENTAIRE ET CONTROLE DES MYCOTOXINES EN RDC

Selon l'Ordonnance-Loi n° 74-013 du 10 janvier 1974, complétée par le décret n° 09/44 du 03/12/2009, fixant les statuts d'un établissement public à caractère scientifique et technique, l'Office Congolais de Contrôle (OCC) est l'organe de l'Etat chargé de déterminer la qualité des produits agricoles soumis à l'inspection lors de l'importation et de l'exportation, de la certification des produits locaux et dans l'exercice du commissariat d'avaries [JOURNAL OFFICIEL, 2009].

Les Services d'Inspections Provinciales de l'Agriculture sont également chargés de la protection sanitaire des végétaux et produits végétaux par la prévention et la lutte contre les organismes nuisibles tant au niveau de leur introduction qu'à celui

de leur propagation sur le territoire national, selon le Décret-Loi n°05-162 du 19 Novembre 2005 [JOURNAL OFFICIEL, 2005].

Cependant, le Comité national du Codex existe en RDC. Dans son rôle d'assurer les pratiques loyales sur les denrées alimentaires pour protéger la santé du consommateur, ce comité national peut proposer certaines normes adoptées par le Codex Alimentarius et de les faire adapter au niveau national en les sanctionnant par un arrêté ministériel. Mais jusqu'à ce jour, le pays ne dispose d'aucune loi nationale spécifique règlementant le contrôle des mycotoxines ou d'autres contaminants dans les aliments sur l'étendue du territoire national.

CONCLUSION

Les mycotoxines sont des composés issus du métabolisme secondaire des moisissures et sont dotées d'un potentiel toxique réel à l'égard de l'homme et de l'animal. On les retrouve comme contaminants dans des nombreuses denrées destinées à l'alimentation tant humaine qu'animale. C'est le cas des céréales, des fruits, des légumes, des abats, des produits laitiers et des fourrages.

Les mycotoxines sont essentiellement produites par cinq genres de champignons : *Fusarium*, *Aspergillus*, *Claviceps*, *Alternaria* et *Penicillium*. Les paramètres climatiques, les conditions de stockage, de transport et d'étalage des aliments à Kinshasa sont favorables à la contamination et au développement des moisissures pouvant produire des toxines. La quasi inexistence de capacités techniques et infrastructurelles, ainsi que l'absence de réglementation constituent des défis importants pour la détection et les analyses des mycotoxines en RDC. Les recherches dans ce domaine sont rares. L'évaluation des

risques liés à la présence des mycotoxines dans la chaîne alimentaire en RDC nécessite la mise en place d'une politique nationale et le cadre légal de gestion de ces contaminants alimentaires.

RESUME

La sécurité alimentaire est une notion qui prend en compte, non seulement la quantité des produits alimentaires disponibles, mais aussi les aspects qualitatifs. La République Démocratique du Congo (RDC), comme bon nombre des pays en développement, fait face à ces deux défis, l'insuffisance quantitative de la production agricole d'un côté, et de l'autre le problème de la qualité des produits alimentaires commercialisés. Parmi les problèmes qui affectent la qualité des aliments vendus et consommés à Kinshasa figurent la qualité microbiologique et la présence de contaminants alimentaires dont les mycotoxines occupent une place importante. Malgré le lourd tribut que fait payer ces contaminants à la population et à l'économie nationale, aucune politique nationale stratégique à leur gestion n'existe dans le pays, et encore moins une loi les règlementant. Les rares recherches menées sur les mycotoxines dans les aliments consommés à Kinshasa ont été orientées vers les aflatoxines et l'information qu'elles présentent est fragmentaire. Le but de cette étude est de faire un point sur l'état des recherches menées sur les mycotoxines alimentaires dans les denrées consommées en RDC, plus précisément dans la ville province de Kinshasa, en vue de contribuer à mettre en place une politique nationale de gestion de ces contaminants alimentaires.

Mots clés

Mycotoxines, contaminants alimentaires, moisissures.

REMERCIEMENTS

Notre gratitude va tout droit au Comité de Gestion du CGEA/CREN-K pour l'assistance dont nous avons bénéficié tout au long de cette étude.

REFERENCES

- ADOLFO J., MARTINEZ-RODRIGUEZ, ALFONSO V. CARRASCOSA. [2009]. HACCP to control microbial safety hazards during winemaking: Ochratoxin A. *Food Control*, 469-475. www.elsevier.com/locate/foodcont.
- Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA). [2009]. Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale. Rapport synthétique, 9-17, 23-29, 75.
- AHMED M.I.G. [2018]. Analytical studies on low levels determination of aflatoxin in nuts, cereals and herbs. *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants*, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa
- ANTOINE F. [2010]. Moisissures, Prévention et lutte. Archives générales du Royaume, Bruxelles, www.arch.be.
- AZMAT U.K. [2018]. Aflatoxin Contamination of Milk Supply chain and its health implications: A Pakistan Perspective. *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants*, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.
- BOURAI S., AMINE A. [2006]. Aflatoxines : Toxiques redoutables dans nos aliments, Les technologies de laboratoire N° 0/2005. <https://www.researchgate.net/publication/26844356>
- BROCHARD G., LEBACLE C. [2009]. Mycotoxines en milieu de travail, Dossier medico- technique, INRS, France, 299-320.
- BROYDE H., DORE T. [2013]. Effets des pratiques agricoles sur la contamination des denrées par les mycotoxines issues de *Fusarium* et *Aspergillus* spp., *Cah. Agric.*, 22, 182-194. DOI: <https://doi.org/10.1684/agr.2012.0571>
- Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). [2015]. Rapports de groupe de travail du CIRC N°9, http://www.iarc.fr/fr/publications/pdfs-online_wrk/wrk9/index.php.chemical-risks/en/
- CRABBE M. [1980]. Climat de Kinshasa d'après les observations centrées sur la période de 1931-1970. Édition Service de l'administration belge de la coopération au développement, Kinshasa, 10-27, 120.
- CRUZ J.-F., HOUNHOUIGAN J.D., FRANCIS F.L. [2016]. La Conservation des graines après récolte. *CTA Presse agronomique de Gembloux*, 45-77, 80-120, 231.
- DUQUESNE B., MUTEBA D., LEBAILLY Ph. [2010]. Les enjeux de la sécurité alimentaire en RD Congo : approche par l'analyse de la consommation alimentaire des ménages kinois. XXVIème Journées scientifiques ATM-BETA 2010. Université de Strasbourg, Pôle Européen de Gestion et d'Economie, Strasbourg.
- FANGEAT L. [2009]. Les mycotoxines chez les bovins. Thèse de doctorat, Université Claude-Bernard, Lyon I, 18-30, 145.
- FIREW T.M., BIRHAN A.A., KASSAHUN T., GANG W., YANG L. [2020]. Mycotoxin in Ethiopia: A Review on Prevalence, Economic and Health Impacts. *Toxins*, 12, 648. doi: 10.3390/toxins12100648, Retrieved from : www.mdpi.com/journal/toxins.
- FOFANA D.A., KONAN J.-M.K., CHANTAL A.-D., KARIM S.T., ARDJOUA D. [2019]. Exposition alimentaire aux mycotoxines cancérigènes dans le département de Ségouéla (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire) : cas de l'aflatoxine B1. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13, 2, 937-949. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v.13i2.29>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [2018]. Rapport Sécurité alimentaire, niveau de production agricole et Animale. Évaluation de la Campagne Agricole 2017/2018 et Bilan Alimentaire du Pays. République Démocratique du Congo, 7-9, 45-48, 75.
- GALTIER P., NICOLAS L., ISABELLE P.O., OLIVIER P. [2005]. Toxicology of mycotoxins, hazards and risks in human and animal food, Tome 159 - N°1, 5-13. www.academie-veterinaire-france.fr
- GAUTHIER A. [2016]. Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, 20-48, 132.

- GITA B., COLETTE L.B. [2011]. Mycotoxines dans les milieux du travail. Fiche agents biologiques ED 4411. Paris Cedex, INRS. www.inrs.fr
- GUCHI E. [2015]. Aflatoxin Contamination in Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Caused by *Aspergillus* species in Ethiopia. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*, 3, 1, 11-19. DOI: 10.12691/jaem-3-1-3. Retrieved from: <http://pubs.siepub.com/jaem/3/1/3>.
- GUEZLANE T.N., BOURAS N., OULD E.H., MOHAMED D. [2016]. Mycotoxines : un danger public. *Algerian journal of arid environment* 32, 6, 1, 32-49 (1). ISSN 2170-1318.
- ILUNGA K., PAMELLA M., JOHN P.R., SNOW L.T., DAVID R.K. [2013]. Mycological and aflatoxin contamination of peanuts sold at markets in Kinshasa, Democratic Republic of Congo, and Pretoria, South Africa. *Bioscience journals*. <https://doi.org/10.1080/19393210.2013.858187>, 126-128.
- JARD G., LIBOZ T., MATHIEU F., GUYONVARCH A., LEBRIHI A. [2011]. Review of mycotoxin reduction in food and feed: from prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. *Food Additives and Contaminants*, 28, 11, 1590-1609. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.595377>
- JORDAN D., RICK B., GARY P., DAVID H., NICK M., JAMES R., MUMUNI A., KOU SHIK A., JINRU C., RICHARD A. [2018]. Preventing mycotoxin contamination in groundnut cultivation. Volume 2, 2-24, improving cultivation of particular grain legumes, Burleigh Dodds Sciences Publishing, Cambridge, UK. Retrieved from: www.bdspublishing.com.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO. [2005]. Décret N° 05-162 du 18 Novembre 2005 portant réglementation phytosanitaire en République Démocratique du Congo.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO. [2009]. Décret N° 09/44 du 03/12/2009 fixant les statuts d'un établissement public à caractère scientifique et technique dénommé Office Congolais de Control (OCC).
- KAMIKA I., LOSONA L., TAKOY. [2011]. Natural occurrence of Aflatoxin B1 in peanut collected from Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Elsevier Food Control*, 22, 1760-1764. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.04.010>
- KATERERE D., MUPUNGA I., SHAI L.J. [2018]. Investigating the presence of aflatoxin biomarkers in hair. *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- LE POIVRE P. [2006]. *Phytopathologie, De Boeck, les presses agronomiques de Gembloux. Belgique*, 141-142, 427.
- MAGEMBE K.S., MWATAWALA M.W., MAMIRO D.P., CHINGONIKAYA E.E. [2016]. Assessment of awareness of mycotoxins infections in stored maize (*Zea mays* L. and groundnut (*Arachis hypogaea* L) in Kilosa District, Tanzania. *International journal of Food Contamination*. DOI: 10.1186/s40550-016-0035-5.
- MAGNIN M., TRAVEL J.D., BAILLY P., GUERRE. [2016]. Effets des mycotoxines sur la santé et les performances des volailles, 29 (3), 217-232. Toulouse, France. DOI: <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2016.29.3.2961>
- MAKUN H.A., GARBA M.H., JIG A.A.A., MUHAMMAD L.H., NDJOBEB B.P. [2018]. Level of Mycotoxins consumption and Burden of Aflatoxin-Induced Hepetocellular Carcinoma in People substituting on Sorghum based products in Nigeria, *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- MANAL M.Z., EL-MIDANY S.A., SHAHEEN H.M., LAURA R. [2011]. Mycotoxins in animals: Occurrence, effects, prevention and management. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences* 4,1, 13-28. Available online at <http://www.academicjournals.org/JTEHS>. DOI: 10.5897/JTEHS11.072
- MARTIN J., BA A., DIMANCHE P., SCHILLING R. [1999]. Comment lutter contre la contamination de l'arachide par les aflatoxines ? *Agriculture et développement*, n° 23, 58-67. <https://agritrop.cirad.fr/476184/>
- MASIKA Y., TSHILENGE L.L., YANDJU D.L., KALONJI M.A. [2019]. Control of Aflatoxin production in Cassava produced by dry fermentation in North Kivu/DR of Congo. *Asian Food Science Journal*, 13, 1, 1-7, Article no.AFSJ.48507. ISSN: 2581-7752, DOI:10.9734/AFSJ/2019/v13i130097
- MEILE J.-C. [2017]. Risques & enjeux associés à la présence de Mycotoxines sur les cultures et aliments de l'Océan Indien, UMR Qualisud- CIRAD. Réunion Journées Qualireg 2017- Maurice, Montpellier, France, <https://www.qualireg.org/content/download/16710/228054/version/1/file/Pr%C3%A9sentation+Jean-Christophe+Meile.pdf>
- MELLE M.A. [2008]. Effets du radiotraitement par les rayonnements gamma sur la décontamination et la cytotoxicité d'une mycotoxine : l'Ochratoxine A. Mémoire de Master en sciences de l'environnement, Université 7 Novembre à Carthage, 124,4-10,12-17.
- MULUNDA M., DZOMA B., NYIRENDA M., BAKUNZI F. [2013]. Mycotoxins occurrence in selected staple food in main markets from Lubumbashi, Democratic Republic of Congo. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 11 ,3&4,51-54. www.world-food.net
- NANCY N., MODUPEADE C.A., MULUNDA M. [2018]. Current Status of Mycotoxin Contamination of Food Commodities in Zimbabwe. *Toxins*, www.mdpi.com/journal/toxins.
- NJOBEB. [2018]. Mycotoxicology research at the University of Johannesburg, *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- NYEMBO K., MBAYA N., MUAMBI N., EKALAKALA T., ILUNGA C. [2013]. Effects of *Thitonia diversivolia* and *Albizia lebbek* leaves on the productivity of *Amaranthus hybriditis* L. in marginal soils labelled with stable isotope 15-Nitrogen. *International Journal of science, Environnement and Technology*, 2, 5.
- OBURA A. [2013]. Aflatoxins: Finding solutions for improved food safety, Coordination of the Aflatoxin Project, Global Disease Detection Division, and US Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Nairobi.
- PENGA W.-X., MARCHAL J.L.M., VAN DER POEL A.F.B. [2018]. Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound

feed manufacturing. *Animal Feed Science and Technology* 237,129–153, www.elsevier.com/locate/anifeedsci

- RAJABU S.M. [2018].** Determination of aflatoxin M1 in liquid milk, milk powder, yoghurt and cheese by high performance liquid chromatography *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- RALF J.D., DAIREAUX A., CHOTEAU T., WESTWOOD S., WIELGOSZ R.I., GUO Z., LI XIU, LI XIA, LI H., PREVOO-FRANZSEN D., MKHIZE D., REGO E.C.P., SIMON M.E., MUGENYA I., MARBUMRUNG S., BINICI B. [2018].** Mycotoxin Primary Reference Materials and Calibrators, Metrology for safe Food and Feed in Developing Economies, Capacity Building and Knowledge Transfer: Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.
- RANAJIT B., ADEBOWALE A., CHARITY M., LAMINE S., ALEJANDRO-ORTEGA-BELTRAN [2018].** Public Health and Trade Benefits of Mycotoxin control in Africa *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- RHODA E.K. [2016].** Maitrise du risque aflatoxique : utilisation d'extraits naturels et mise en évidence de leurs mécanismes d'action. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, spécialité : pathologie, toxicologie, génétique et nutrition, 8-27,185.
- RUDOLF K., BERTHILLER F., SULYOK M., STADLER D., STEINER D., SCHUHMACHER R. [2018].** Challenges and Trends in Multi Mycotoxin Analysis *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- SARAH D.S. [2018].** Mycotoxins in Food and their analysis in developing and changing world *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- SHOMBA K.S., MUKOKA N.F., OLELA N.D., KAMINAR T.M., MBALANDA W. [2015].** Monographie de la Ville de Kinshasa, ICRED, 104.
- THOMAS A.W., JAMES M.C., AJIT K.G., DAWN M.K., TIN D.N. [2018].** USDA FGIS Mycotoxin Testing and Supporting Quality Assurance Programs *In Proceedings of Workshop on Food Safety to Promote Standard and Reliable Methods of Analysis, for Better Control of Mycotoxins and related Contaminants, 4-8 June 2018, Pretoria, South Africa.*
- UDOMKUN P., MUTEGI C., WOSSEN T., ATEHNKENG J., NABAHUNGU N.L., NJUKWE E., VANLAUWE B., BANDYOPADHYAY R. [2018].** Occurrence of aflatoxin in agricultural produced from local markets in Burundi and Eastern Democratic Republic of Congo. *Food safety and Nutrition.* DOI: 10.1002/fsn3.787
- UMBA D.M.J., MASIMANGO N.T., MVUMBI L. [2018].** Inhibition du développement de *Aspergillus flavus* par l'acide acétique: Analyse de trois expériences réalisées à Kinshasa-RD Congo, *J. Anim. Plant Sci.* ISSN 2071-7024, Vol.45 (1): 7809-7821 <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v45-1.5>
- VAN DER MERWE K.J., STEYN P.S., FOURIE L., DE B.S., THERON J.J. [1965].** Ochratoxin A, a Toxic Metabolite produced by *Aspergillus ochraceus* Wilh, PMID: 5833211 DOI: 10.1038/2051112a0
- WHO. [2018].** Aflatoxins, www.who.int/foodsafety/areas_work/
- YANDJU D.I., MATONDO K.L., MUNYANGANIZI B. [1995].** Les moisissures toxigènes impliquées dans le ramollissement des racines tubéreuses du manioc en fermentation sèche. Editions ORSTOM, Kinsangani/RDC.



This work is in open access,

licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>