



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de
la vie
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence..... / 2021

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par :
Ghedhab Yasmine

Le: 01/07/2021

Recherche de Mycotoxines dans le lait infantile

Jury :

Mme	Sara REDOUANE SALAH	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme	Khadidja Boukharouba	Prof	Université de Biskra	Président
Mr	Hakim Hebal	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, merci à Dieu qui m'a donné la patience, la force et le courage d'être ici aujourd'hui.

J'exprime mes sincères remerciements, mon appréciation, mon amour et mon respect à ma vertueuse professeure

Sarah REDOUANE SALAH, professeure compétente à la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université Mohamed Khider à Biskra, pour m'avoir honorée de la supervision de la mémoire de fin d'études, générosité, et ses précieux conseils Et son suivi tout au long de ce travail, je lui en suis très reconnaissant, Aucun mot ne suffit pour lui rendre justice.

Finalement, je vifs remerciements vont également aux membres de jury pour avoir accepté d'examiner mon mémoire.

Dédicace

Je voudrais dédier ce travail humble qui a été le germe de l'effort

et de l'étude pendant de nombreuses années,

À ma précieuse mère, qui m'a accompagné tout au long de ma

carrière académique et lui offre un amour et une gratitude

sincères.

À mon père

À mon oncle Nour-Eldine qui a été à mes côtés à chaque étape

de mon parcours scolaire toute ma vie et sa précieuse épouse

Fayza

À ma chère sœur Aya, Lina et à mes chers frères.

À mes chers amis qui m'ont encouragé et ont été le soutien

moral pour moi, A, Djazia, Houda, Samah et Mounira.

Et à toutes les personnes qui ont aidé à terminer ce travail de loin

ou de près.

Yasmine Ghe

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction générale.....	1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1. GENERALITES SUR LES MOISSURES ET LES MYCOTOXINES

1.1 Les moisissures	3
1.1.1 Historique	3
1.1.2 Définition	3
1.1.3 Principales moisissures mycotoxinogènes	3
1.1.4 Classification.....	4
1.2 Les mycotoxines.....	4
1.2.1 Étymologie et définition.....	5
1.2.2 Biosynthèse des mycotoxines.....	5
1.2.3 Nature et origine des mycotoxines	5
1.2.4 Moisissures et mycotoxines dans les concentrés alimentaires	7
1.2.5 Risques pour la santé humaine	7

Chapitre 2. AFLATOXINE M1 DANS LE LAIT

2.1 Les Aflatoxines.....	6
2.1.1 Généralité sur les aflatoxines	8
2.1.2 Etymologie de l'aflatoxine M1.....	8
2.1.3 Structure de l'aflatoxine M1.....	8
2.1.4 Propriétés physico-chimiques de l'aflatoxine M1	9

2.1.5	Toxicité de l'aflatoxine M1	9
2.1.6	Réglementation de l'aflatoxine M1	10
2.1.7	Détoxification de l'aflatoxine M1	10
2.1.7.1	Contrôle biologique et méthodes de décontamination à base d'argile	10
2.1.7.2	Décontamination microbienne de l'AFM1	10
2.1.7.3	Traitement enzymatique d'AFM1	10
2.1.8	Détection de l'aflatoxine M1	11
2.2	Contamination du lait infantile par l'aflatoxine M1	12

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3. MATERIEL ET METHODES

3.1	Objectif et méthode de travail.....	13
3.2	Echantillonnage	13

Chapitre 4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1	les résultats d'enquête.....	14
4.2	Analyser les résultats d'enquête	15
4.2.1	Selon l'âge	15
4.2.2	Selon l'état civil	18
4.2.3	Selon niveau d'étude	21
4.3	Résultats des articles analysés et étudiés	23
4.3.1	Détection d'AFM1 dans le lait infantile	23
4.4	Discussion.....	28
Conclusion.....		31
Références		33
Annexes		
Résumés		

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales mycotoxines et moisissures productrices associées, denrées fréquemment contaminées et effets toxiques majeurs (El Khoury, 2016).....	5
Tableau 2 : Propriétés physico-chimiques de l'AFM1 (Quadri <i>et al.</i> , 2012).....	9
Tableau 3 : Les informations sur les mycotoxines et les aflatoxines selon l'âge.....	13
Tableau 4 : Les informations sur les mycotoxines et les aflatoxines selon l'état civil.....	13
Tableau 5 : Les informations sur les mycotoxines et les aflatoxines selon niveau d'étude....	13
Tableau 6 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Iran (Oveisi <i>et al.</i> , 2007).....	23
Tableau 7 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Brésil (Ishikawa <i>et al.</i> ,2016)..	23
Tableau 8 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile. (Awaisheh <i>et al.</i> , 2019, Omar, 2016)	24
Tableau 9 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Italie et Mexico (Galvano <i>et al.</i> , 1996)	24
Tableau 10 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Mexico (Quevedo <i>et al.</i> , 2020).....	25
Tableau 11 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Inde (Rastogi <i>et al.</i> , 2003)	25
Tableau 12 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en turque (Er <i>et al.</i> , 2014).....	26
Tableau 13 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Égypt (El-tras <i>et al.</i> , 2011)...	26
Tableau14 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Espagne (Gomez et Navarro, 2010)	27

Listes des figures

Figure 1 : Les aspects microscopique des <i>Aspergillus</i> (tête bisériée) et des conidies des <i>Fusarium</i> (Lahouar, 2015).....	4
Figure 2 : Les pourcentages des informations sur les mycotoxines en fonction l'âge.....	14
Figure 3 : Les pourcentages des informations sur les aflatoxines en fonction l'âge	15
Figure 4 : Les pourcentages des informations sur les mycotoxines en fonction d'état civil des femmes/mères	17
Figure 5 : Les pourcentages des informations sur les aflatoxines en fonction d'état civil femmes/mères	18
Figure 6 : Les pourcentages des informations sur les mycotoxines en fonction niveau d'étude.....	19
Figure 7 : Les pourcentages des informations sur les aflatoxines en fonction niveau d'étude.....	20

Liste des abréviations

AF : Aflatoxine

AFB1 : Aflatoxine B1

AFM1 : Aflatoxine M1

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

CIA : Colonne d'Immuno-Affinité

ELIZA : Enzyme Linked Immunosorbent Assay (Immunoabsorption par enzyme liée)

HPLC : Chromatographie en Phase Liquide à Haute performance.

IDF : International D'Airy Federation

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

LC-MS : Chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse

Nbr tot : nombre totale

Tab : tableau

TLC : Chromatographie sur couche mince.

Introduction

Les préparations en poudre pour nourrissons et les produits alimentaires pour nourrissons ont été associées à des maladies graves et à la mort des nourrissons en raison d'infections microbiennes, en particulier par des bactéries pathogènes, par des moisissures toxigènes et/ou par leurs métabolites (mycotoxines) (Kofi *et al.*, 2011).

Les céréales, les produits laitiers, les fruits et les noix sont quelques-uns des matériaux utilisés dans la formulation des aliments pour bébés. La contamination peut avoir lieu au champ, au stockage, lors du processus de fabrication inadéquat, pendant la préparation des aliments ou par le manque de respect de bonnes pratiques de manipulation (Kofi *et al.*, 2011).

Les mycotoxines peuvent être hépatotoxiques, néphrotoxiques, génotoxiques, neurotoxiques ou immunosuppresseurs etc. Plus de 300 mycotoxines sont actuellement identifiées à l'échelle internationale, elles sont produites par quelques 200 variétés de champignons toxiques (ZINEDINE, 2004).

Les aflatoxines sont parmi 200 mycotoxines connues produites par des champignons filamenteux. Ils sont toxiques, cancérigènes et mutagènes et peuvent être présents dans de nombreux produits alimentaires crus et transformés, y compris les céréales et le lait utilisés comme ingrédients dans les produits alimentaires pour nourrissons. La consommation de ces produits peut présenter un risque potentiel pour la santé des nourrissons (Kofi *et al.*, 2011). Après enquête sur sa toxicité, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé AFM1 en tant que groupe 1 cancérigène pour l'homme (Assaf *et al.*, 2019).

En Algérie, le risque des mycotoxines est encore mal connu et sous estimé par la population, afin de mieux connaître la situation de connaissance du risque des mycotoxines particulièrement les aflatoxines sur les nourrissons par la présence de ces dernières dans le lait infantile nous avons réalisé ce modeste travail qui a dès lors été articulée autour de trois chapitres précédés par une introduction générale.

- Dans le premier chapitre nous rapportons une bibliographie concernant les moisissures et leurs mycotoxines
- Dans le deuxième chapitre nous exposons le risque de la présence des aflatoxines dans le lait infantile.
- Dans le troisième chapitre nous exposons la méthodologie retenue pour le sondage réalisé.
- Dans le quatrième chapitre nous regroupons les résultats et discussions relatifs aux différentes enquêtes menées dans le cadre de cette étude. Enfin nous clôturons notre travail par une conclusion générale accompagnée de quelques recommandations et perspectives.

Partie Bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur les moisissures et les mycotoxines

Les moisissures :

1.1.1 Historique :

En 1960, en Angleterre, des élevages de dindonneaux étaient atteints d'une grave intoxication appelée maladie X des dindons, maladie qui en fit périr des dizaines de milliers. Cette maladie était caractérisée par une dégradation rapide de l'état de santé, des hémorragies sous-cutanées et la mort des volatiles. On s'aperçut alors que cette intoxication était provoquée par l'ingestion de tourteaux d'arachides provenant du Brésil. On découvrit que ces tourteaux étaient contaminés par une moisissure, *Aspergillus flavus*, et, en 1961, des chercheurs anglais du Tropical Product Institute ont montré que *A. flavus* produisait une substance toxique qu'ils baptisèrent aflatoxine (Krivobok *et al.*, 1983). Les plus dangereuses de ces toxines comprennent les aflatoxines produites par *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus* (Yiannikourisb *et al.*, 2002).

1.1.2 Définition :

Le mot Moisissure est un terme générique qui regroupe tous les champignons microscopiques d'aspect lévuriforme ou filamenteux (micromycètes). Ce sont des champignons ubiquistes à croissance filamenteuse. Par ailleurs, ils sont saprophytes (plus rarement parasites), c'est-à-dire qu'ils vivent aux dépens de matières organiques en décomposition en y implantant leur mycélium, qui émet alors des filaments porteurs de spores, les unités de dissémination. Ces spores sont issues d'un mécanisme de reproduction sexuée ou asexuée. Les micromycètes peuvent être bénéfiques et prendre part à la transformation de matières premières alimentaires (notamment lors de la fermentation), dans la production d'enzymes, de protéines, ou encore d'agents aromatiques. Ils peuvent aussi être utilisés dans la production de médicaments comme les antibiotiques (ex : amoxicilline), les immunosuppresseurs (ex : ciclosporine) ou les anticorps monoclonaux. Cependant, une souche employée à ces fins n'est pas nécessairement atoxique mais peut se révéler délétère dans certaines conditions (Gauthier, 2016).

1.1.3 Principales moisissures mycotoxinogènes :

Les mycotoxines sont produites par 5 genres de champignons : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps* et *Alternaria*.

Plusieurs sortes de mycotoxines sont retrouvées dans les aliments, seules certaines contaminent l'alimentation humaine et sont toxiques pour la santé humaine (EL Koury, 2016).

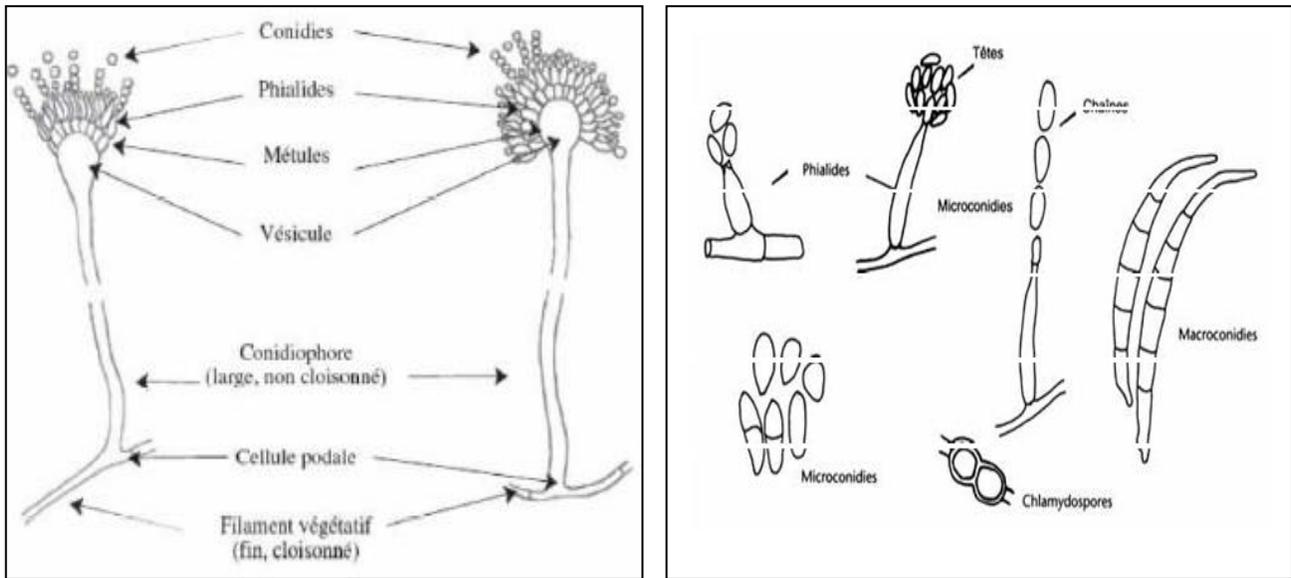


Figure 1 : Les aspects microscopique des *Aspergillus* (tête bisériée) et des conidies des *Fusarium* (Lahouar, 2015)

1.1.4 Classification :

Il existe quatre embranchements parmi les mycètes, Leur classification est basée sur des caractères morphologiques (structure du mycélium) et le mode de reproduction (sexuée ou asexuée). Les *Eumycètes* (les vrais champignons) forment un groupe très vaste incluant les classes principales des moisissures, à savoir les *Zygomycètes*, les *Ascomycètes*, les *Basidiomycètes* et les *Deutéromycètes* (Dendouga, 2006).

Lors que la reproduction sexuée n'est pas connue, la subdivision est appelée *Deuteromycotina* ou *Fungi imperfecti* (Redouane-Salah, 2016).

1.2 Les mycotoxines :

1.2.1 Étymologie et définition :

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires à faible poids moléculaire (<1000 Daltons) produits par des champignons filamenteux, plus particulièrement par ceux appartenant aux genres *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria* et *Claviceps*. Ces métabolites sont non-essentiels au cycle de vie du champignon mais une fois produits, ils pourraient lui conférer certains avantages compétitifs. Le terme mycotoxine est une combinaison du mot Grec *mykos* (champignon) et du Latin *toxicum* (poison) (EL Khoury, 2016).

Le terme mycotoxines désigne des substances naturelles produites par un métabolisme secondaire des moisissures, tout en exerçant un pouvoir toxique réel pour le consommateur (homme et animal) une fois ingérées même en faibles concentrations. Il s'agit de petites molécules peu solubles dans l'eau, généralement non dégradables par les organismes vivants et très stables à la chaleur (jusqu'à 250°C) puisque nous pouvons les retrouver dans les aliments après cuisson ou même après stérilisation et aux pH extrêmes. Leur durée de vie dans l'aliment est plus longue que celles des moisissures les ayant synthétisées. Les métabolites secondaires des moisissures ne sont pas tous des mycotoxines (Guezlane *et al.*, 2016).

Tableau 1 : principales mycotoxines et moisissures productrices associées, denrées fréquemment contaminées et effets toxiques majeurs (EL Houry , 2016)

Mycotoxine	Moisissures toxigènes	Denrées contaminées	Effets
Aflatoxine B1, M1	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i> . <i>A. nomius</i>	Maïs, arachides, blé, graines de coton, noix, riz, fruits secs et épices.	Cancérogénicité, Génotoxicité, Immunotoxicité,
Ochratoxine A	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> .	Céréales, grains de cacao et de café, vin, jus de raisin, bière, épices, boudins.	Néphrotoxicité Immunotoxicité, Tératogénicité,
Patuline	<i>P. expansum</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>Byssochlamys nivea</i> .	jus de fruits.	Neurotoxicité, Génotoxicité, Cytotoxicité
Trichothécènes (Toxine T-2, DON)	<i>Fusarium tricinctum</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. solani</i> , <i>F. equiseti</i> .	Céréales (blé, maïs, avoine, orge, riz, soja).	Génotoxicité, Immunotoxicité,
Fumonisines B1, B2, B3	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> .	Céréales (maïs, riz).	Cancérogénicité, Neurotoxicité
Zéaralène	<i>F. graminearum</i> . <i>F. culmorum</i> .	Céréales (maïs, orge, soja, blé, riz).	Immunotoxicité

1.2.2 Biosynthèse des mycotoxines

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires synthétisés pendant la phase stationnaire, après les stades de multiplication et de croissance. Elles sont classées en trois différentes voies métaboliques : polycétoacides, terpènes et métabolites azotés (Zinedine, 2004).

1.2.3 Nature et origine des mycotoxines

La formation de métabolites toxiques dans un substrat à la suite de leur attaque par des moisissures peut être le résultat de trois mécanismes différents :

a- Le champignon, en parasitant un végétal vivant, peut entraîner, soit une exacerbation de certaines réactions métaboliques de la plante, conduisant à des concentrations anormalement

élevées d'un constituant habituel, soit la formation par le végétal de produits toxiques n'existant pas dans la plante saine.

b - Le champignon peut transformer un composé peu ou pas toxique en un produit toxique par le jeu des bioconversions. Ainsi, l'acide coumarique, présent en faible concentration peut être transformé par différentes moisissures en 4-hydroxycoumarine, puis en dicoumarol, anticoagulant puissant.

c - La toxine est un métabolite propre de champignon : aflatoxine, zéaralénone (Tabuc, 2007).

1.2.4 Moisissures et mycotoxines dans les concentrés alimentaires

Les plus dangereuses de ces toxines comprennent les aflatoxines produites par *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*. Ces deux champignons sont des moisissures de stockage que l'on trouve souvent dans les céréales, les arachides, le coton et les produits oléagineux dans les pays chauds et humides (Yiannikourisb *et al.*, 2002), aussi peuvent être présents dans de nombreux aliments et aliments crus et transformés. Parmi ces produits, les céréales et le lait sont très sensibles à la contamination par les mycotoxines et sont souvent utilisés comme ingrédients dans de nombreux produits alimentaires pour nourrissons (Kofi *et al.*, 2011).

1.2.5 Risques pour la santé humaine

Les mycotoxines sont bien connues comme un problème de santé mondial, en particulier dans les pays où la température ambiante et l'humidité relative sont élevées, typiques des pays tropicaux (Kofi *et al.*, 2011). Il existe cinq mycotoxines ou groupes de mycotoxines présentes dans les aliments : le désoxynivalénol / nivalénol, la zéaralénone, l'ochratoxine, les fumonisines et les aflatoxines (Tola et Kebede, 2016).

Certaines mycotoxines ont une toxicité aiguë très marquée (exposition unique à une forte dose), mais il est exceptionnel d'être exposé à des doses toxiques en une seule ingestion d'aliments contaminés. Les effets chroniques (exposition répétée à de faibles, voire de très faibles doses) sont les plus redoutés en raison des habitudes alimentaires et du pouvoir de rémanence de ces toxines.

En revanche, la présence d'aflatoxines dans le lait pose un problème d'hygiène alimentaire. La consommation régulière de lait ou de produits laitiers contaminés est un facteur aggravant le risque de contamination pour une large population d'individus, notamment les individus les plus sensibles aux effets des mycotoxines.

La présence d'aflatoxines dans le lait utilisé en substitution au lait maternel, les yaourts et les fromages démontrent le potentiel d'exposition des nourrissons et des enfants en croissance (Redouane-Salah, 2016).

Les métabolites sont transférables aux bébés qui tètent, entraînant une myriade d'effets toxiques tels que la carcinogenèse génotoxique, la nécrose hépatique, l'hémorragie, le retard de croissance, l'insuffisance pondérale, l'efficacité alimentaire réduite, la suppression du système immunitaire, la réponse réduite aux vaccins et la mort (Makun *et al.*, 2016).

La consommation d'aliments produits à partir de ces produits peut présenter un risque potentiel pour la santé des nourrissons puisque les toxines sont résistantes à divers processus alimentaires, y compris le traitement thermique (Kofi *et al.*, 2011).

Une famille de mycotoxines, les aflatoxines, sont cancérigènes et immunotoxiques et provoquent un retard de croissance. Une forte exposition aux aflatoxines se produit tout au long de l'enfance dans la région, ce qui suggère que la croissance et le développement pourraient être gravement affectés (Gong, 2004).

-Chapitre 2-
Aflatoxine M1 dans le lait
infantile

2.1 Les Aflatoxines :

2.1.1 Généralité sur les aflatoxines :

Les aflatoxines sont des mycotoxines, c'est-à-dire un groupe de toxines produites principalement par les moisissures comme *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*, et ont des effets néfastes sur les humains, les animaux, et les cultures qui entraînent des maladies et des pertes (Omar, 2016)

Trois espèces d'*Aspergillus* sont connues pour leur capacité à synthétiser des aflatoxines. *A. flavus* produit principalement l'aflatoxine B1 et l'aflatoxine B2, *A. parasiticus*, produit les 4 aflatoxines (B1 ; B2, G1, G2) et *A. nomius*, une souche rare, proche de *A. flavus*, est capable de produire des aflatoxines (Tabuc, 2007).

L'aflatoxine B1 est partiellement métabolisée au niveau hépatique et transformée en son dérivé 4-hydroxy, connu sous le nom d'aflatoxine M1 qui est excrétée dans le lait. Cette molécule est stable et peut ensuite être retrouvée dans les produits à base de lait (yaourts, fromages) (Tabuc, 2007).

2.1.2 Etymologie de l'aflatoxine M1 :

Le nom aflatoxine, acronyme, qui a été formé à partir de la combinaison suivante : la première lettre, "A" désignant le genre *Aspergillus*, quant à la série suivante de trois lettres, "FLA", désignant l'espèce *flavus*, le nom "TOXIN" signifiant poison (Razzaghi *et al.*, 2013); tandis que la lettre M « Milk » s'applique à cette aflatoxine présente dans le lait et ses produits dérivés (Campagnollo *et al.*, 2016)

2.1.3 Structure de l'aflatoxine M1 :

Schématiquement, les aflatoxines sont des difurocoumarines, elles se composent d'un noyau de coumarine auquel sont attachées une partie difurane d'un seul côté et aussi d'un cycle pentène (Benkerroum *et al.*, 2020).

Les doubles anneaux de furane constituent la structure toxique de base, et la coumarine est liée à la cancérogénicité (Xu *et al.*, 2019).

2.1.4 Propriétés physico-chimiques de l'aflatoxine M1 :

Les aflatoxines sont des cristaux incolores à jaune pâle, présentant une fluorescence sous la lumière UV (Kumar, 2018).

Le tableau suivant résume les propriétés physicochimiques de l'AFM1.

Tableau 2 : Propriétés physico-chimiques de l'AFM1 (Quadri *et al.*, 2012)

Formule chimique	C ₁₇ H ₁₂ O ₇
Poids moléculaire	328 g/mol
Point de fusion	299 °C
Solubilité	Légèrement soluble dans l'eau ; insoluble dans les solvants non polaires ; soluble dans les solvants organiques modérément polaires (le chloroforme et le méthanol).
Stabilité	Extrêmement stable même à des températures supérieures à 100 °C. Instable à la lumière ultraviolette en présence d'oxygène, aux pH extrêmes (<3,> 10) et aux agents oxydants.
Fluorescence	Fortement fluorescente, émettant une lumière bleu-violette (à 365 nm).

2.1.5 Toxicité de l'aflatoxine M1 :

Pour le caneton de 1 j, la DL⁵⁰, par voie orale est de 0,32 mg/kg pour l'aflatoxine M1 (contre 0,24 mg/kg pour l'aflatoxine B1 dans les mêmes conditions). Ainsi les toxicités aiguës de ces deux aflatoxines diffèrent-elles peu. Les lésions provoquées sur le foie du caneton par l'aflatoxine M1 sont semblables à celles que causent l'aflatoxine B1 ; de faibles doses de M1 peuvent déclencher une dégénérescence progressive des cellules du foie et une prolifération des canaux biliaires. Enfin, on considère que, pour la truite par exemple, l'aflatoxine M1 est incontestablement un carcinogène

potentiel du foie au même titre que BI .L'aflatoxine M2 est moins toxique que M1 ; la DL «pour le caneton de 1 j est 1,248 mg/kg (Claude, 1976).

2.1.6 Réglementation de l'aflatoxine M1

En raison de la toxicité potentielle de l'AFM1, la plupart des pays ont fixé des niveaux maximaux admissibles pour l'AFM1 dans le lait et ses produits dérivés. Dans l'Union européenne (UE), le niveau légal maximal d'AFM1 est de 0,050 µg/kg pour le lait et ses produits dérivés et 0.025 ug/kg pour le lait infantile. L'organisme Américain FDA et le Codex Alimentarius Onusien ont fixé un niveau de tolérance d'AFM1 dans le lait à 0.05 µg/kg. Malheureusement, la concentration maximale autorisée d'AFM1 dans le lait n'a pas été établie en Algérie. (EC, 2010 ; Mohammedi *et al.*, 2020).

2.1.7 Détoxification de l'aflatoxine M1

La contamination du lait peut ainsi être réduite soit directement, en diminuant la teneur en AFM1 du lait contaminé, soit indirectement, en diminuant la contamination en AFB1 dans l'alimentation des animaux laitiers (Giovati *et al.*, 2015)

2.1.7.1 Contrôle biologique et méthodes de décontamination à base d'argile :

Une meilleure gestion des conditions près et post récolte est une étape essentielle pour réduire la contamination par l'aflatoxine. Plusieurs techniques de pointes utilisent différents types d'argiles minérales qui ont été testés pour leur capacité à lier l'aflatoxine dans les aliments pour animaux, tel le HSCAS (Assaf *et al.*, 2019).

2.1.7.2 Décontamination microbienne de l'AFM1

L'utilisation de levures probiotiques et de bactéries lactiques pour lier l'aflatoxine dans les aliments liquides contaminés a été largement testée. Ces adsorbants biologiques peuvent être communément trouvés dans plusieurs produits laitiers tels que le lait et utilisés dans la décontamination vue que ils ont une capacité à se lier rapidement à l'AFM1 (Jean Claude *et al.*, 2019).

2.1.7.3 Traitement enzymatique :

Il existe une autre voie possible de traitement basée sur l'action des enzymes des espèces microbiennes sur la dégradation de l'aflatoxine. De nombreuses études utilisant des extraits microbiens pour dégrader l'AFB1 ont été testé, cependant, l'application pour aboutir à la dégradation d'AFM1 s'est révélée limitée (Nguyen *et al.*, 2020).

2.1.8 Détection de l'aflatoxine M1

En raison de la toxicité de cette molécule, sa détection et sa quantification sont extrêmement importantes. Différentes méthodes analytiques ont été développées, ayant différents niveaux de précision qui pourraient être utilisés à d'autres fins scientifiques (Mwanza *et al.*, 2015, Vaz *et al.*, 2020).

L'analyse de l'AFM1 est basée sur les étapes suivantes : échantillonnage, préparation des échantillons, extraction, purification et analyse (identification et quantification). Nombreuses méthodes existantes permettent la détection et la quantification de ces composés, notamment la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS), la chromatographie sur couche mince (TLC), la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC), le dosage sur colonne d'immuno-affinité (ICA) et le dosage d'immunoabsorption par enzyme liée (ELISA), (Vaz *et al.*, 2020).

Les méthodes d'analyse quantitative concernant l'AFM1 de même que 'la chromatographie sur couche mince' a été largement utilisée en raison de sa simple fonctionnalité, de sa capacité à répéter la détection et la quantification, et de la rentabilité de l'analyse car de nombreux échantillons peuvent être analysés sur une même plaque avec une faible utilisation de solvant (Womack *et al.*, 2016).

2.2 Contamination du lait infantile par l'aflatoxine M1

Ce type de lait est majoritairement consommé par les nouveau-nés et les enfants afin de subvenir à leurs besoins. Il est fabriqué à partir de lait de vache, selon l'un des deux types de processus : soit un processus de «mélange à sec» ou un processus de «mélange à séchage humide par pulvérisation» (Nasirpour *et al.*, 2006 ; Jiang et Guo, 2014 ; Kabir, 2015).

Les ingrédients préparés à partir de lait bovin (poudres de lait entier ou écrémé, caséinates, etc. sont souvent utilisés comme source de protéines dans les préparations pour nourrissons. Les propriétés physico-chimiques des poudres sont influencées par les paramètres de traitement (chauffage, évaporation et séchage...), (Masum *et al.*, 2020).

Le lait et ses produits dérivés sont particulièrement prédisposés à la contamination par l'AFM1 et sont considérés comme présentant certains risques pour la santé humaine. Par conséquent, le lait présente le plus grand potentiel avéré d'introduction de résidus d'aflatoxine dans l'alimentation humaine (Campagnollo *et al.*, 2016). Le lait est plus susceptible de transmettre les résidus d'aflatoxine des tissus animaux vers l'alimentation humaine.

En outre, les enfants dépendent principalement du lait dans leur nutrition, et sont de ce fait, plus vulnérables que les adultes. Ainsi, l'hygiène alimentaire dans les produits laitiers est principalement perturbée par la prévalence de la « toxine du lait » ou de l'AFM1 dans le lait et ses produits dérivés (Mohammadi *et al.*, 2017).

Partie Expérimentale

-Chapitre 3-

Matériel et méthodes

3.1 Objectif et méthode de travail :

Pour pouvoir mettre en place des interventions visant à promouvoir la sécurité et la santé des bébés et nourrissons, il est important de sensibiliser et évaluer les connaissances des mères, en particulier, et des femmes en générale sur les risques de la présence des mycotoxines dans le lait infantile notamment les aflatoxines. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui vise l'étude des connaissances et des pratiques des mères/femmes vis-à-vis des risques des mycotoxines sur les nourrissons par leur présence dans le lait infantile.

3.2 Echantillonnage :

Notre étude est une enquête descriptive réalisée sur une population d'étude constituée de l'ensemble des mères/femmes (nombre de 70 femmes interrogées). Le recueil des données était réalisé à l'aide d'une entrevue structurée basée sur un questionnaire préalablement testé et administré aux mères/femmes par l'étudiante qui supervise ce travail.

Le questionnaire explore les dimensions suivantes :

- le profil socioéconomique des mères/femmes : âge, niveau d'instruction et état civile ;
- les connaissances des mères/femmes concernant les mycotoxines et les aflatoxines en particulier.
- Les connaissances des mères/femmes concernant le risque que présentent ces aflatoxines sur la santé des bébés/nourrissons, s'ils sont présents dans le lait infantile.
- le niveau de sensibilisation des mères/femmes.
- L'enquête a été réalisée en Mai 2021, wilaya de Biskra-Algérie-

Après avoir rempli le questionnaire(Annex 1) et collecté les informations, les résultats obtenus sont organisés exprimés dans le chapitre suivant.

-Chapitre 4-

Résultats et discussions

4.1 Les résultats d'enquête

Le résultat était comme indiqué dans les tableaux suivants :

Tableau 3 : les informations sur les mycotoxines et les aflatoxines selon l'âge

Age	Nbr tot(%)	Mycotoxine (%)		AFM1(%)	
		oui	non	oui	non
21-31	43 (61)	33 (77)	10 (23)	24 (56)	19 (44)
31-41	13(19)	5 (39)	8 (61)	0 (0)	13 (100)
41-55	14 (20)	3 (21)	11 (79)	1(7)	13 (93)

Tableau 4 : les informations sur les mycotoxines et les aflatoxines selon l'état civil

Etat civil	Nbr tot(%)	Mycotoxine (%)		AFM1(%)	
		oui	non	oui	non
Mariée	30 (42)	11 (37)	19 (63)	05 (17)	25 (83)
Célibataire	40 (58)	29 (73)	11 (27)	15 (38)	25 (62)

Tableau 5 : les informations sur les mycotoxines et les aflatoxines selon niveau d'étude

niveau d'étude	Nbr tot (%)	Mycotoxine(%)		AFM1(%)	
		oui	non	oui	non
CEM	13 (19)	0 (0)	13 (100)	0 (0)	13 (100)
Lycée	10 (14)	6 (60)	4 (40)	0 (0)	10 (100)
Universitaire	47 (67)	39 (83)	8 (17)	24 (51)	23 (49)

4.2 Analyser les résultats d'enquête

4.2.1 Selon l'âge:

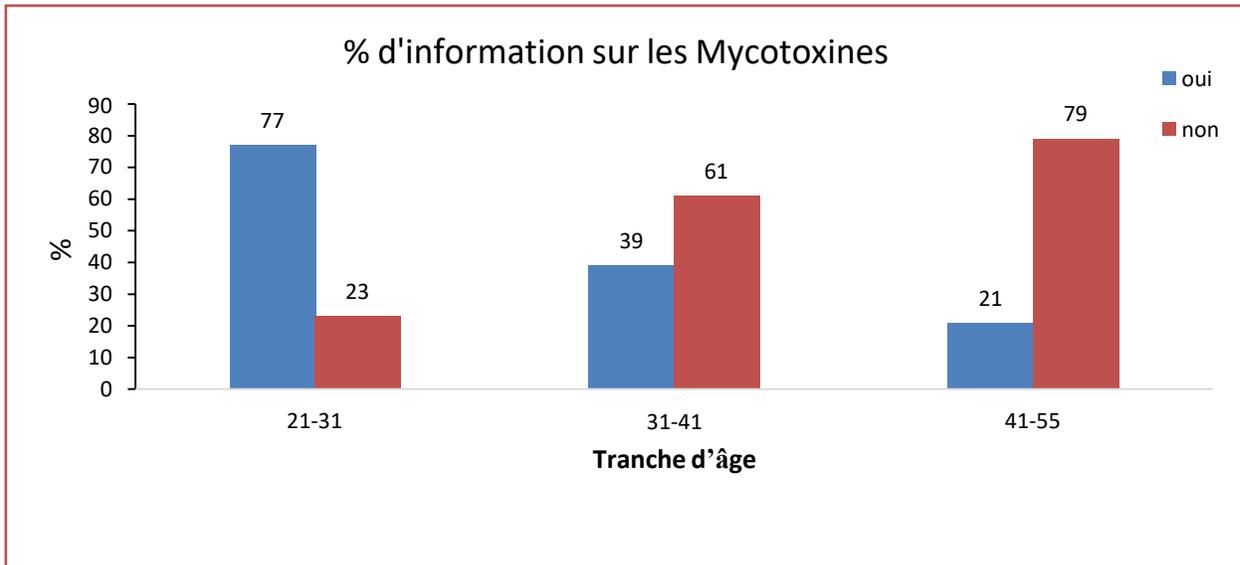


Figure 2 : Pourcentages des informations sur les mycotoxines en fonction l'âge.

Il ressort de cette étude, d'après la figure 1, que les femmes interrogées âgées entre 21-31ans, possédaient des informations sur les mycotoxines et leurs risques sur la santé humaine, notamment sur les bébés et les nourrissons (77% savaient le risque des mycotoxines sur la santé des bébés, contre 23% l'ignoraient).

En revanche, on remarque que dans la tranche d'âge 31-41 ans, les femmes/mères qui savaient des informations sur le risque des mycotoxines sont 39% contre 61% l'ignoraient. Ce dernier pourcentage s'augmente à 79% qui déclarent ignorer même le mot mycotoxines contre 21% des femmes/mères déclarent connaître ce mot avec leur risque sur la santé des bébés/nourrissons pour les femmes/mères âgées entre 41-55ans.

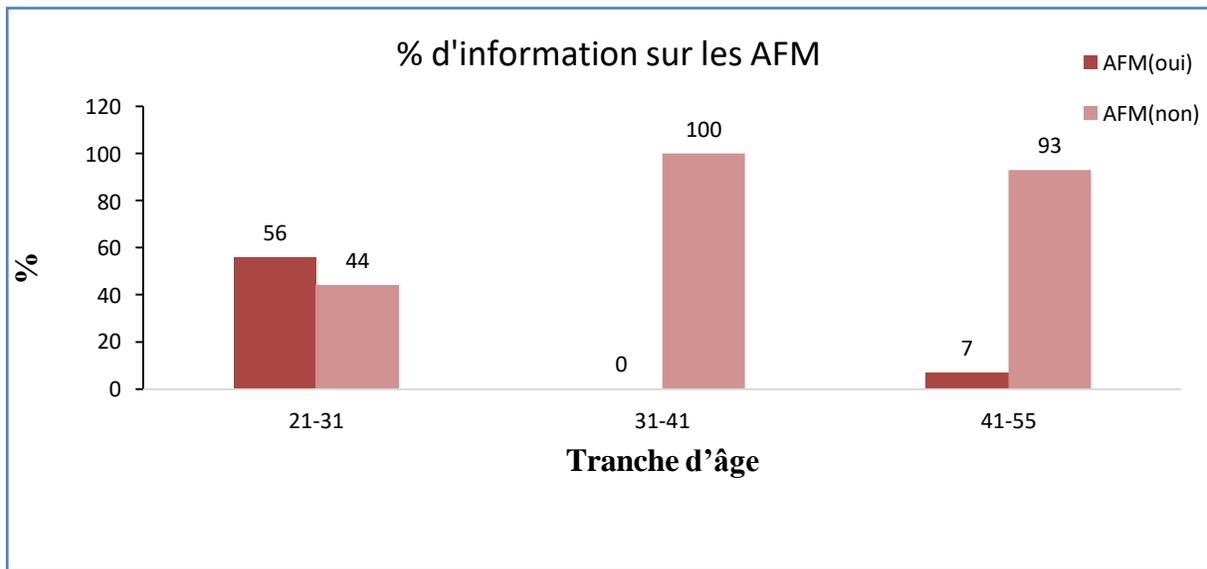


Figure 3 : Pourcentages des informations sur les aflatoxines en fonction l'âge.

D'après la **figure 2**, on constate que les femmes interrogées âgées entre 21-31ans, possédaient des informations sur les aflatoxines et leurs risques sur la santé humaine, notamment sur les bébés et les nourrissons (56% savaient le risque des mycotoxines sur la santé des bébés, contre 44% l'ignoraient).

En revanche, on remarque que dans la tranche d'âge 31-41 ans, le pourcentage des femmes/mères qui savaient des informations sur le risque des aflatoxines est de 0% contre 100% l'ignoraient. Par ailleurs, les femmes/mères âgées entre 41-55ans, le pourcentage des femmes/mères qui déclarent ignorer même le mot aflatoxines est 93% contre 7% des femmes/mères déclarent connaître ce mot avec leur risque sur la santé des bébés/nourrissons.

L'interprétation :

D'après les résultats présentés préalablement, on remarque qu'il existe une grande disparité selon l'âge des femmes/mères interrogées.

Le pourcentage le plus important des femmes/mères qui savaient des informations sur le risque des mycotoxines et des aflatoxines, sur la santé des bébés/nourrissons a été retrouvé chez les femmes/mères âgées entre 21-31ans. Ceci est dû au niveau d'instruction de ces dernières, dont la majorité, sont des femmes/mères universitaires, qui savent comment protéger leurs bébés/enfants, et savent comment se comporter face à ces poisons et leurs types.

Par ailleurs, le pourcentage le plus important des femmes/mères ignoraient le risque des mycotoxines/aflatoxines est retrouvé chez les femmes/mères âgées entre 31-41ans et entre 41-55ans. Ceci est expliqué par le bas niveau d'instruction des femmes/mères de cette tranche d'âge étudiée. Dont la plupart (femmes/mères) ont quitté l'école en stades précoce, malheureusement, et cela est dû à de nombreuses conditions sociales.

4.2.2 Selon l'état civil :

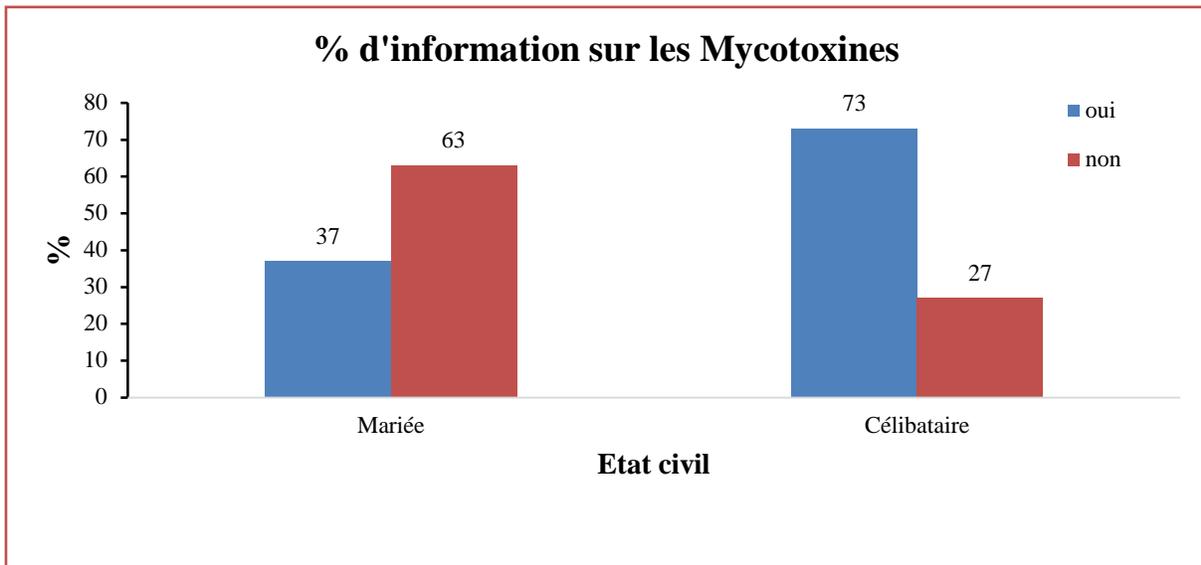


Figure 4 : Pourcentages des informations sur les mycotoxines en fonction d'état civil des femmes/mères

D'après la figure 3, on constate que le pourcentage des femmes mariées ignoraient le risque des mycotoxines présent, dans le lait infantile est plus important que les femmes mariées possédant des informations sur le risque des mycotoxines (63% contre 37%).

Et le pourcentage des femmes célibataires possédant des informations sur le risque des mycotoxines sur les bébés/nourrissons est plus important que les femmes célibataires ignoraient des informations sur le risque des mycotoxines sur les bébés/nourrissons (73% contre 27%).

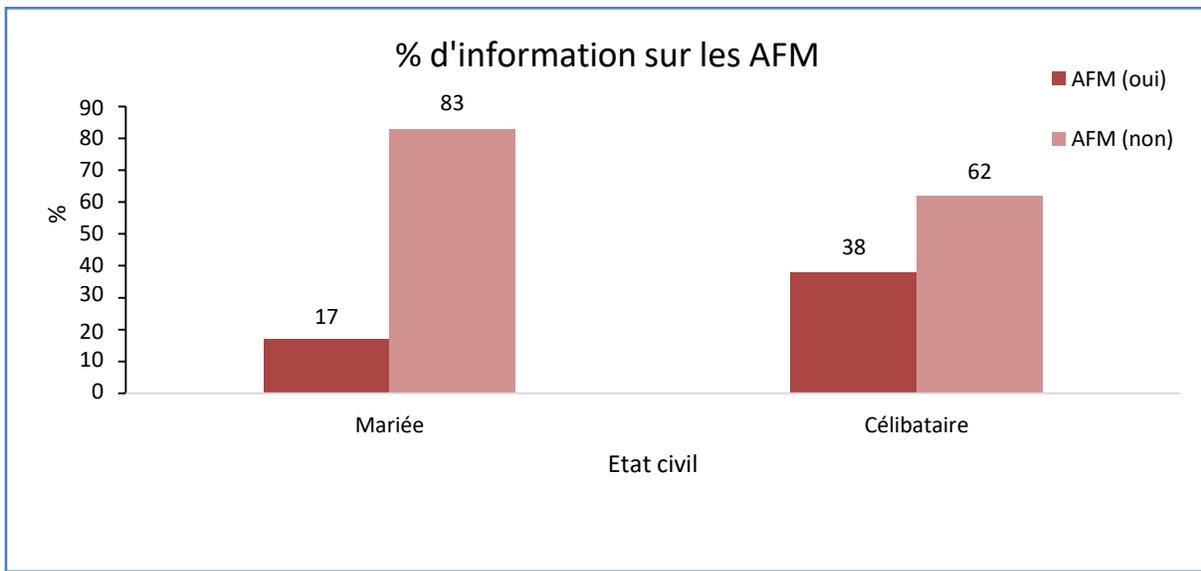


Figure 5 : Pourcentages des informations sur les aflatoxines en fonction d'état civil femmes/mères.

D'après la figure 4, on constate que le pourcentage des femmes mariées ignorant le risque des mycotoxines présent, dans le lait infantile est plus important que les femmes mariées possédant des informations sur le risque des mycotoxines (83% contre 17%).

Et le pourcentage des femmes célibataires possédant des informations sur le risque des mycotoxines sur les bébés/nourrissons est inférieur au pourcentage des femmes célibataires ignorant des informations sur le risque des mycotoxines sur les bébés/nourrissons (38% contre 62%).

L'interprétation :

Ces différences sont certainement dues à plusieurs raisons, entre autre : le niveau intellectuel des femmes mariées peut être plus bas par rapport des femmes célibataires qui ont beaucoup de temps libre consacré pour les études et la recherche, les femmes mariées ont des occupations et une charge familiale à assumer, ce qui limite leur temps pour se documenter.

4.2.3 Selon niveau d'étude

Figure 5 et 6 présentent les pourcentages des informations sur les mycotoxines et les AFM en fonction du niveau d'étude

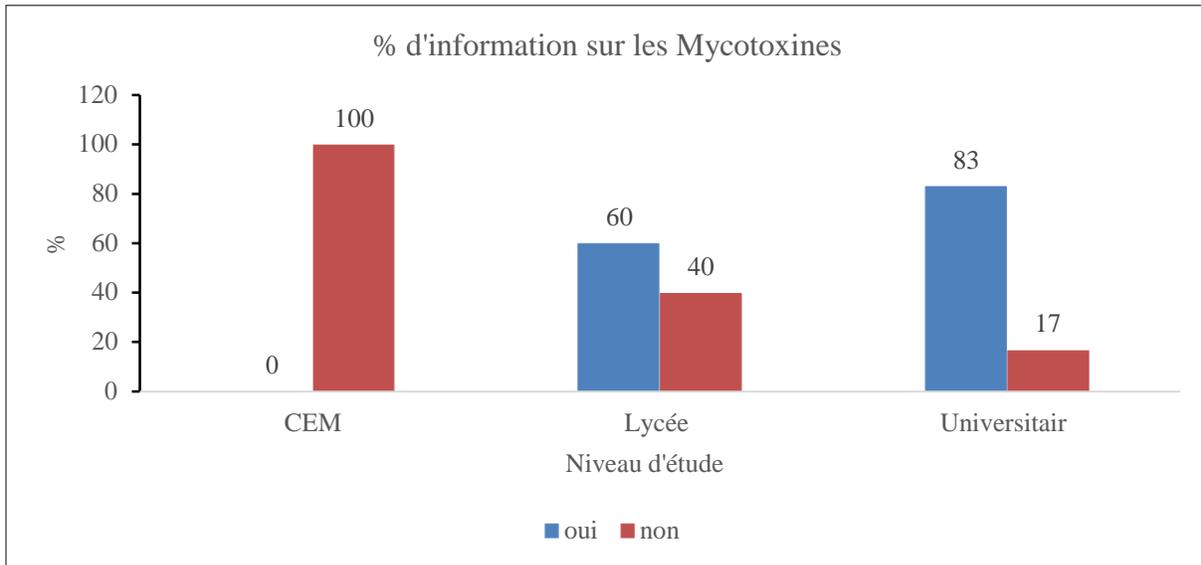


Figure 6 : Pourcentages des informations sur les mycotoxines en fonction du niveau d'étude.

D'après la figure 5, on note que 100% des femmes/mères qui ont un niveau d'instruction bas (CEM) déclarent ignorer des informations sur les mycotoxines et leur présence dans le lait infantile, et par conséquent, leur risque sur la santé des bébés/nourrissons. Ce pourcentage diminue progressivement quand le niveau d'instruction (femmes/mères), augmente. Les femmes/mères universitaires sont les mieux informées en matière des mycotoxines et leur danger sur les bébés/nourrissons, par leur présence dans le lait infantile.

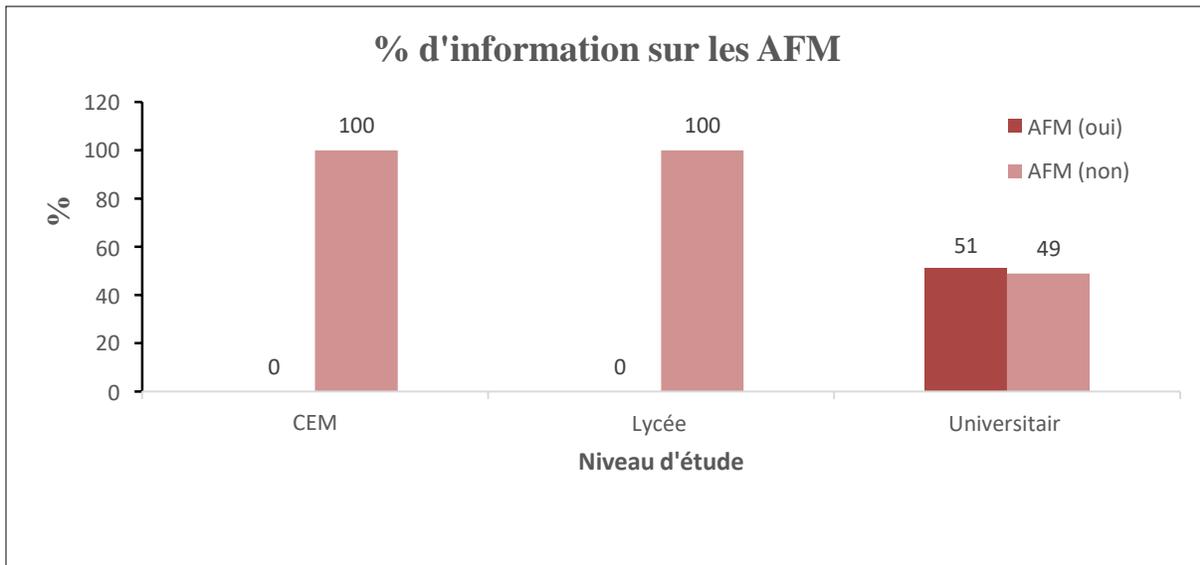


Figure 7 : Pourcentages des informations sur les aflatoxines en fonction niveau d'étude.

D'après la figure 6, on note que 100% des femmes/mères qui ont un niveau d'instruction bas (CEM et lycée) déclarent ignorer des informations sur les aflatoxines et leur présence dans le lait infantile, et par conséquent, leur risque sur la santé bébés/nourrissons. Ce pourcentage diminue progressivement quand le niveau d'instruction (femmes/mères), augmente. Les femmes/mères universitaires sont les mieux informées en matière des aflatoxines et leur danger sur les bébés/nourrissons, par leur présence dans le lait infantile.

L'interprétation :

Il existe un grand écart entre les données obtenues aux différents niveaux d'instruction pour les femmes/mères, pour de nombreuses raisons. La majorité des femmes/mères appartenant aux tranches d'âge 31-41ans et 41-55ans sont déscolarisées trop tôt ce qui reflète leur niveau bas d'instruction, donc peu d'informations sur plusieurs sujets importants et d'actualité y compris le danger des mycotoxines/aflatoxines et leur présence dans le lait infantile. Par ailleurs, l'influence de la société (facteurs socio-culturels), ainsi que les traditions anciennes jouent un rôle important en rompant les liens des femmes avec les facteurs de communication et en les orientant vers la vie conjugale et familiale à un âge précoce, où les responsabilités sont abondantes et le temps est limité, car le mariage entre les cultures et les médias sociaux est un élément important pour augmenter le patrimoine culturel et scientifique.

Concernant la classe des femmes/mères universitaires, le pourcentage le plus important était 51% pour des femmes connaissant les mycotoxines/aflatoxines et leur danger sur les bébés/nourrissons, contre 49% pour des femmes ignorant ce sujet.

Pour cette classe certaines femmes/mères connaissent même des mesures préventives et de protection de leurs enfants contre ce problème, qui peut menacer leur santé.

D'après les résultats du questionnaire analysés et commentés ci-dessus nous remarquons que l'âge, le statut social et le niveau éducatif et culturel jouent en fait un rôle important et reflètent en fait le niveau de la sensibilisation des femmes/mères sur les problèmes auxquels leurs bébés/nourrissons peut être confrontés.

4.3 Résultats des articles analysés et étudiés

Afin de promouvoir ce travail nous avons réalisé une étude bibliographique complémentaire sur la présence des mycotoxines et notamment l'aflatoxine M1 dans le lait infantile.

Les nourrissons constituent le groupe le plus sensible de la société et il est considéré comme la première étape de leur vie, l'étape la plus sensible. Par conséquent, il faut tenir compte des problèmes de santé. Néanmoins, la nourriture pour bébé, c'est-à-dire le lait commercialisé, peut être contaminée par de nombreuses toxines, notamment fongiques. Par conséquent, de nombreux pays dans le monde ont déterminé le pourcentage d'aflatoxine dans leur lait et ont mené de nombreuses études sur le sujet.

Des nombreux chercheurs qui ont menés, des études sur cette aflatoxine dans le lait infantile ont trouvés des résultats avec des variations remarquables, contrairement à l'Algérie le pourcentage n'a pas été déterminé où aucune étude sur ce sujet n'a été réalisée, à notre connaissance.

De même, il y a un manque d'information sur le sujet, car comme nous l'avons dit précédemment, les préparations pour nourrissons sont la substance la plus sensible.

4.3.1 Détection d'AFM1 dans le lait infantile

Dans certaines situations, les mères ne peuvent pas allaiter ; ainsi, le lait en poudre est une alternative pour fournir les nutriments nécessaires aux nouveau-nés et aux nourrissons (Ishikawa *et al.*, 2016), Qui considérés comme plus sensibles aux effets indésirables de mycotoxines, la présence d'AFM1 dans le lait est préoccupante. (Oveisi *et al.*, 2007)

L'exposition à l'AFM1 dans le lait peut jouer un rôle causal important dans les cas observés d'aflatoxicose. La présence d'AFM1 et de ses sous-produits dans le lait représente une préoccupation mondiale car même de petites quantités de ces métabolites peuvent être importantes pour les consommateurs de grandes quantités de lait, comme les enfants, qui sont, de plus, plus sensibles aux effets néfastes des mycotoxines. ; La consommation de lait contaminé par l'AFM1 peut réduire le développement de leur compétence immunitaire les rendant plus sensibles à d'autres maladies. (Vaz *et al.*, 2020)

Dans une étude menée par Oveisi *et al.*, en Iran en 2007 sur 116 échantillons de lait infantile commercialisé, les résultats obtenus dans le tableau (6), présentaient des concentrations élevés allant de 1 à 14 ng/kg.

Tableau 6 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Iran (Oveisi *et al.*, 2007)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillon négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentrations d'AFM1	Références
Iran (Thran)	ELISA	120	4	116	1-14 (ng/kg)	(Oveisi <i>et al.</i>, 2007)

Une étude brésilienne menée par Ishikawa et ses collègues en 2016, Sur 16 échantillons de lait en poudre pour nourrissons Les échantillons étaient recommandé pour les nourrissons âgés de zéro à 12 mois, les résultats obtenus montrent que parmi les 16 échantillons analysés dans cette étude, 7 échantillons étaient contaminés par l'AFM1 (0,012 à 0,046 ng d'AFM1 / g), et trois d'entre eux dépassaient le maximum niveau autorisé, qui est de 0,025 ng d'AFM1/g.

Tableau 7 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Brésil (Ishikawa *et al.*, 2016)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentration d'AFM1	Références
Brésil	IAC HPLC	16	7	9	0.034ng/g	(Ishikawa <i>et al.</i>, 2016)

Dans une étude menée par Omar en 2006 Sur 20 échantillons de lait destinés à la consommation des nourrissons Pour mesurer le pourcentage de contamination par les AFM1 Les résultats allaient 16.55 à 154.14 ng/kg. Où il a touché tous les échantillons, c'est-à-dire le pourcentage de contamination 100, c'est-à-dire que tous contiennent des pourcentages d'AFM1.

La concentration d'AFM1 dans 85 % des échantillons de préparations pour nourrissons étaient supérieurs à la limite de tolérance maximale acceptée par le Union européenne et États Unis (25 ng/kg)

Dans une deuxième étude menée en Jordanie par (Awaisheh *et al.* 2019), sur 120 échantillons de laits infantiles commercialisés ; Où 58 cas de contamination par les AFM1 ont été enregistrés sur un total de 120 cas, avec un taux allant de 5 à 213.84 ng/kg.

Tableau 8 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile (Awaisheh *et al.*, 2019, Omar, 2016)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentrations d'AFM1	Références
Jordanie	ELISA	20	-	20	16.55-154.14 ng/kg	(Omar, 2016)
Jordanie	ELISA	120	62	58	<5-213.84 ng/kg	(Awaiheh <i>et al.</i> , 2019)

Galvano et son équipe (2001) dans leurs travaux menés en Italie ont détectés des concentrations très élevées d'AFM1 dans 50 marques de lait infantile où la concentration maximale a atteint 79.6 ng/kg. (tab 09)

Tableau 9 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Italie et Mexico (Galvano *et al.*, 1996)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentrations d'AFM1	Références
Italie	IACC HPLC	92	42	50	<1-79.6 ng/kg	(Galvano <i>et al.</i> , 1996)

L'étude récente de **Quevedo *et al.***, à 2020 en Mexico sur 92 échantillons de lait infantile 50 était contaminée par AFM1 avec une concentration maximale de 450 ng/l.

Tableau 10 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Mexico (Quevedo *et al.*, 2020)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentration sd'AFM1	Références
Mexico	ELISA	55	44	11	0-450 ng/l	(Quevedo <i>et al.</i>, 2020)

Mais dans ces études, qui ont été menées en Jordanie, au Mexique et en Italie, la raison du pourcentage élevé de contamination par l'AFM1 dans le lait des enfants commercialisés n'a pas été déterminée.

Une enquête sur l'incidence de la contamination par l'AFM1 des préparations pour nourrissons en Inde a été menée par Rastogi *et al.*, en 2003, sur 18 échantillons, en utilisant la technique ELISA. Les résultats montraient des taux de contamination très élevés, 99% étaient contaminés par l'AFM1, Les ratios variaient entre 143 et 770 (ng/kg), ce qui est très élevé, et dépassaient ce que fixent les réglementations internationales notamment dans la catégorie des préparations pour nourrissons.

Tableau 11 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Inde (Rastogi *et al.*, 2003)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentrations d'AFM1	Références
Inde	ELISA	18	1	17	143-770 (ng/kg)	(Rastogi <i>et al.</i>, 2003)

Dans l'étude turque, qui a été menée par Er *et al.*, en 2014 sur 17 échantillons de préparations pour nourrissons commercialisées, deux cas de contamination ont été enregistrés, soit 2 échantillons avec une concentration allant de 0,97 à 0,1.

Tableau 12 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en turque (Er *et al.*, 2014)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillon positifs	Concentrations d'AFM1	Références
Turquie	ELISA	82	13	2	0.1 - 0.97 µg/Kg	(Er <i>et al.</i>, 2014)

El-tras *et al.*, (2011) ont montré que le niveau moyen de l'AFM1 était de $9,796 \pm 1,036$ ng/L. Dans 43,2 % (125) des échantillons des laits en poudre pour nourrissons. En Egypte ces taux sont plus élevés.

Tableau 13 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Égypt (El-tras *et al.*, 2011)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentrations d'AFM1	Références
Égypt	ELISA	125	17	54	9,796 ± 1,036 ng/L	(El-tras <i>et al.</i>, 2011)

Dans une étude menée par **Gómez et Navarro** en (2010) ont rapporté que le niveau moyen d'AFM1 était de 3,0 ng/ kg dans 37,7 % des 24 marques différentes de préparations destinées aux nouveau-nés prématurés et nourrissons du 1 jour jusqu'à 4 à 6 mois en Espagne ; Là où les concentrations étaient élevées (tab.14).

Tableau 14 : Concentrations d'AFM1 dans le lait infantile en Espagne (Gomez et Navarro, 2010)

Pays	Technique	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons négatifs	Nombre d'échantillons positifs	Concentrations d'AFM1	Références
Espagne	ELISA	24	17	7	0.6-3.0 (ng/kg)	(Gomez et Navarro, 2010)

4.4 Discussion

Il existe de nombreuses raisons qui contribuent aux niveaux élevés de contamination des préparations pour nourrissons commercialisées d'un pays à l'autre et en raison des différentes conditions climatiques, conditions de vie, différentes cultures, ainsi que différentes méthodes de production et de conditionnement La matière première joue un rôle majeur dans la qualité du produit .

Les produits agricoles peuvent être contaminés par des champignons pendant le séchage et le stockage. La FAO estime que les mycotoxines contaminent 25 pour cent des cultures agricoles dans le monde (Kofi *et al.*, 2011).

Il est donc difficile de comparer les ratios AFM1 dans les préparations pour nourrissons commercialisées d'un pays à l'autre.

Ainsi que les résultats obtenus dans diverses études en Italie, Espagne, Turquie, Mexique Brésil, Inde, Jordanie, Egypte... témoignent d'une grande différence.

Omar, (2016) A lié les problèmes de contamination des préparations pour nourrissons à la contamination des aliments pour animaux et a souligné la nécessité de mettre en place des mesures strictes pour réduire ces problèmes

Selon Ishikawa (2016) et ses collaborateurs *et* leurs recherches, ils ont confirmé que cette contamination peut se produire par croissance fongique pendant la récolte ou par un stockage inapproprié. Parce que le marché du lait brésilien est caractérisé par de grandes entreprises qui achètent du lait cru auprès de différents fournisseurs Compte tenu des risques que cela pourrait présenter pour les enfants, les entreprises.

Oveisi et son équipe (2007) ont lié la contamination de lait infantile avec l'AFM1, à l'utilisation de fourrages contaminés par l'AFB1 dans l'alimentation des bovins iraniens, ainsi que de défauts dans les conditions de stockage. Il y a des différences dans la limite maximale admissible d'AFM1 dans divers pays.

El-ras *et al.*, (2011) ont lié la contamination AFM1 du lait aux plusieurs facteurs, tels que l'élevage, période la lactation. L'aflatoxine M1 est la mycotoxine la plus répandue dans les aliments à base de lait et a un potentiel cancérigène. Il est donc nécessaire de surveiller le lait et les produits laitiers de la contamination par l'AFM1. L'analyse de l'AFM1 dans les aliments à risque est très importante pour préserver la santé des nourrissons.

Aussi (Awaisheh *et al.*, 2019) a donné une idée pour réduire ou empêcher la pollution de fond en comble où il a dit Concentration extrapolée d'aflatoxine B1 en alimentation animale L'AFM1 est thermostable ($\leq 120^{\circ}\text{C}$) et ne peut être enlevé ou éliminé par produit chimique ou des traitements physiques, ainsi le suivi de Les niveaux d'AFB1 dans les aliments pour animaux sont les seuls mesure efficace pour contrôler la contamination d'AFM1 dans le lait.

Rastogi *et al.*, (2003), suggérant la nécessité d'introduire des limites de sécurité pour les niveaux d'AFM1 dans les préparations pour nourrissons, ainsi que de décrire les niveaux d'AFB1 dans les aliments pour bovins laitiers afin de réduire le risque pour la santé des nourrissons en général.

Il est donc important de déterminer le niveau d'AFM1 dans le lait et les produits laitiers afin de protéger les consommateurs de divers groupes d'âge de ses dangers potentiels. Par conséquent ; l'incidence de l'AFM1 dans le lait et les produits laitiers ne peuvent être évités mais peut être contrôlé en limitant le niveau d'AFB1 dans les flux (Awaisheh *et al.*, 2019).

Pour cette raison, les stratégies de surveillance devraient être prises en compte pour prévenir la contamination par l'AFM1 dans la transformation des aliments, outre il devrait utiliser des matières premières de haute qualité et encourager l'allaitement si possible (Ishikawa *et al.*, 2016)

Conclusion

Notre étude actuelle s'est recherchée les mycotoxines dans le lait infantile, et nous nous sommes concentrés principalement sur la recherche d'aflatoxine M1 dans le lait, car ce métabolite est le plus répandu et le plus dangereux pour la santé humaine et le déséquilibre des fonctions de nombreux organes, ciblant le foie en premier lieu, les problèmes de santé qu'il provoque peuvent s'exacerber et entraîner la mort.

En étudiant et comparant les résultats du questionnaire que nous avons réalisé, nous constatons beaucoup d'insuffisances au niveau des connaissances des femmes/mères concernant le risque des mycotoxines/aflatoxines sur la santé de leur bébés/nourrissons. Ceci requiert des stratégies de sensibilisation, axées sur l'information et l'éducation des femmes/mères.

Nous avons constaté également et selon les articles analysés dans cette étude, que l'aflatoxine peut être présente dans les préparations pour nourrissons commercialisées à des concentrations qui dépassent celles spécifiées par les organisations internationales et les constitutions alimentaires internationales.

Par conséquent, le thème de la recherche sur les mycotoxines dans le lait infantile est un sujet important que tous les pays devraient approfondir afin d'évaluer ce danger pour les enfants, en tirant la sonnette d'alarme pour prendre les mesures nécessaires. Enfin, nous appelons les pays en général et l'Algérie en particulier à :

- ✓ Élaborer des plans stricts ciblant de nombreux points de fabrication et d'exportation pour le contrôle de la qualité et le contrôle de la fraude.
- ✓ Fournir des moyens moins coûteux et faciles à utiliser pour prendre les mesures nécessaires.
- ✓ Utilisation de matières premières de haute qualité.
- ✓ Fournir et équiper les laboratoires nécessaires pour effectuer des analyses précises du lait avant commercialisation.
- ✓ Présentation des analyses de mycotoxines (AFM1) permanentes et routinières, en tant que au niveau national.

- ✓ Rigueur dans les licences, le contrôle qualité et le suivi.
- ✓ Affecter une équipe expérimentée et efficace pour évaluer le coût des matières premières car leur qualité découle de la qualité du produit car leur qualité découle de la qualité du produit.
- ✓ Donner l'importance des conditions d'hygiène, de stérilisation, de fabrication et d'emballage, et respecter les conditions de conservation correctes et sûres
- ✓ Une invitation à une réflexion sérieuse sur l'élaboration des normes études algériennes sur la contamination par les mycotoxines.
- ✓ Mener des études algériennes étendues et approfondies sur tout le territoire national.

Références

A

Assaf J. C., Nahle S., Chokr A., Louka N., Atoui A., El Khoury A. 2019. Assorted methods for decontamination of Aflatoxin M1 in milk using microbial adsorbents. *Toxins* 11(6):2-23.

Awaisheh S. S., Rahahleh R. J., Algroom R. M., Al-Bakheit A. A. A., Al-Khaza'leh J. F. M., Al-Dababseh B. A. 2019. Contamination level and exposure assessment to Aflatoxin M1 in Jordanian infant milk formulas. *Italian journal of food safety* 8(3):127-130.

B

Benkerroum N. 2020. Aflatoxins: Producing-Molds, Structure, Health Issues and Incidence in Southeast Asian and Sub-Saharan African Countries. *International journal of environmental research and public health* 17(4):12-15.

Brochard, G. a. (2009). Mycotoxines en milieu de travail. Origine et Propriétés Toxiques des Principales Mycotoxines, 119.

C

Campagnollo F. B., Ganev K. C., Khaneghah A. M., Portela J. B., Cruz A. G., Granato D. Sant'Ana A. S. 2016. The occurrence and effect of unit operations for dairy products processing on the fate of aflatoxin M1: A review. *Food Control* 68:310-329.

Claude, M. 1976. Les mycotoxines dans les produits laitiers. *Le Lait, INRA Editions*, pp.286-303. hal-00928727f.

D

Dendouga Wassila. (2006). Isolement et identification de moisissures productrices de protéases à partir de milieux extrêmes Extraction et étude des propriétés de la protéase produite. Thèse de magistère. université Mentouri, Constantine, 14 p

E

EC (European Commission). 2010. Commission regulation (EU) No 165/2010 of 26 February 2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs as regards aflatoxins. Official Journal of European Union 50:8-12.

EL Khoury Rhoda. (2016, juillet 7). MAITRISE DU RISQUE AFLATOXIQUE : UTILISATION D'EXTRAITS NATURELS ET MISE EN EVIDENCE DE LEURS MECANISMES D'ACTION. These de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE. Toulouse, (SEVAB): Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse).

El-Tras W., F.N., N.K.(2011). Infants exposure to aflatoxin M1 as a novel foodborne zoonosis. Food and Chemical Toxicology, (49) 2816–2819.

Er.B., B.D. (2014). Short communication: Investigation of aflatoxin M1 levels in infant follow-on milks and infant formulas sold in the markets of Ankara, Turkey. American Dairy Science Association, 3328–3331.

F

Fox P. F., Guinee T. P., Cogan T. M., McSweeney P. L. 2017. Chemistry of milk constituents. In Fundamentals of Cheese Science. 1^{ère} édition, Springer, Boston. p. 71.

G

Galvano F., Galofaro V., Galvano G. 1996. Occurrence and stability of aflatoxin M1 in milk and milk products: a worldwide review. Journal of Food protection 59(10):1079-1090.

Gauthier, A. (2016). Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé

Sciences pharmaceutiques., ffdumas-01315198f.

Giovati L., Magliani W., Ciociola T., Santinoli C., Conti S., Polonelli L. 2015. AFM1 in milk: physical, biological and prophylactic methods to mitigate contamination. *Toxins* 7(10):4330-4349.

Gomez-Arranz E., N.-B. I. (2010). Aflatoxin M1 in Spanish infant formulae: Occurrence and dietary intake regarding type, protein-base and physical state. *Food Additives and Contaminants* , 3(3):193-199.

Gong Y Y, K. C. (2004). Dietary aflatoxin exposure and impaired growth in young children from Benin and Togo: cross sectional study. *British Medical Journal*, 325 (7354). pp. 20-21.

Guezlène-Tebibel Nadjet, B. N. (2016). LES MYCOTOXINES : Un danger de santé public. *Algerian journal of arid environment*, 32-49

I

Ishikawa A. T., Takabayashi-Yamashita C. R., Ono E., Bagatin A. K., Rigobello F. F., Kawamura O., Hirooka E. Y., Itano E. N. 2016. Exposure assessment of infants to aflatoxin M1 through consumption of breast milk and infant powdered milk in Brazil. *Toxins* 8(9):246-257.

J

Jiang Y.J., G.M. (2014). Human milk biochemistry and infant formula manufacturing technology. Woodhead Publishing, pp. 211.

K

Kabir A. 2015. Contrainte de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière (constats et perspectives). Thèse de doctorat d'état, université Ahmed Ben Bella, Oran, 153 p.

Kofi Edirisah Aidoo., S.M. (2011). Occurrence of Fungi and Mycotoxins in Some Commercial Baby Foods in North Africa. *Food and Nutrition Sciences* 751-758 .

Krivobok S. (1983). Contribution à l'étude des mycotoxines (aflatoxines, ochratoxines, zéaralénone et trichothécènes). Sciences pharmaceutiques, dumas-00745069f.

Kumar V. V. 2018. Aflatoxins: Properties, toxicity and detoxification. International Journal of Nutrition & Food Science 6(5):555-696.

L

Leksir C. 2012. Caractérisation et contrôle de la qualité de ferments lactiques utilisés dans l'industrie laitière algérienne. Mémoire de magister, université Mentouri, Constantine, 162 p.

Lahouar Amani.(2015) Mycotoxines et champignons mycotoxinogènes dans les grains de sorgho commercialisé en Tunisie : Incidence et profils écophysologiques.These de doctorat en sciences biologiques et biotechnologiques, Ecole Doctorale : Sciences Biologiques, Biotechnologie et Santé,Tunisie.P11-15

M

Makun AH.,A,D.(2016). Aflatoxin M1 in Breast Milk, Cow Milk and Milk Products in Minna,Nigeria and their Predisposing Factors. Biochem Anal Biochem, 5: 303.

Masum A. K. M., Chandrapala J., Huppertz T., Adhikari B.,Zisu B. 2020. Production and of infant milk formula powders: A review. Drying Technology 1-21.

Mohammadi H., Mazloomi S. M., Eskandari M. H., Aminlari M., & Niakousari M. 2017. The Effect of Ozone on Aflatoxin M1, Oxidative Stability, Carotenoid Content and the Microbial Count of Milk. Ozone: Science & Engineering 39(6):447-453.

Mohammedi A.S., Dahmane M., Brera C., Kardjadj M., & Ben-Mahdi M. H.2020. Occurrence and seasonal variation of aflatoxin M1 in raw cow milk collected from different regions of Algeria. Veterinary World 13(3):433-439.

Mwanza M., Abdel-Hadi A., Ali A. M., Egbuta M. 2015. Evaluation of analytical assays efficiency to detect aflatoxin M1 in milk from selected areas in Egypt and South Africa. *Journal of dairy science* 98(10):6660-6667.

N

Nasirpour A., Scher J., Desobry S. 2006. Baby foods: formulations and interactions (a review). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46(8):665-681.

Nguyen T., Flint S., & Palmer J. 2020. Control of aflatoxin M1 in milk by novel methods: A review. *Food Chemistry* 2020:39-60.

O

Omar S. S. 2016. Aflatoxin M1 levels in raw milk, pasteurised milk and infant formula. *Italian Journal of Food Safety* 5(3):158-160.

Oveisi M.R., Jannat B., Sadeghi N., Hajimahmoodi M., Nikzad A. 2007. Presence of aflatoxin M1 in milk and infant milk products in Tehran, Iran. *Food Control* 18(10):1216-1218.

Q

Quadri S. H., Niranjana MS., Chaluvaram K., Shantaram U., Enamul Hs. 2012. An overview on chemistry, toxicity, analysis and control of aflatoxins. *International Journal of Chemical and Life Sciences* 2:1071-1078.

Quevedo Garza P. A., Amador-Espejo G. G., Salas-García R., Ramos-Peña E. G., Trujillo A. J. 2020. Aflatoxin M1 determination in infant formulae distributed in Monterrey, Mexico. *Toxins* 12(2):2-8.

R

Rastogi S., Dwivedi P.D., Khanna S.K., Das M. 2004. Detection of aflatoxin M1 contamination in milk and infant milk products from Indian markets by ELISA. *Food control* 15(4):287-290.

Razzaghi-Abyaneh M. 2013. Aflatoxins: recent advances and future prospects. 1^{ère} édition, In *Tech.* 406 p.

Redouane-Salah S., Morgavi D. P., Arhab R., Messai A., Boudra H. 2015. Presence of aflatoxin M 1 in raw, reconstituted, and powdered milk samples collected in Algeria. *Environmental monitoring and assessment* 187(6):375-378.

T

Tabuc C. 2007. Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de doctorat d'état, université de Bucarest, 58 p.

Tola, M., Kebede, B. (2016, 05 18). Occurrence, importance and control of mycotoxins: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2:1, 1191103.

V

Vaz A., Cabral Silva A. C., Rodrigues P., Venâncio A. 2020. Detection methods for aflatoxin M1 in dairy products. *Microorganisms* 8(2):2-16.

W

Womack E. D., Sparks D. L., Brown A. E. 2016. Aflatoxin M1 in milk and milk products: a short review. *World Mycotoxin Journal* 9(2):305-315.

X

Xu C., Kuang H., & Xu L. 2019. Food Immunoassay. Springer, Singapore, 371 p.

Y

Yiannikourisb.A., J.P. J. (2002, 03 30). Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. *Animal Research*, 51(2), 81-99.France,Récupéré sur *Animal Research*,: <https://doi.org/10.1051/animres:2002012>

Z

Zinedine A., González-Osnaya L., Soriano J. M., Moltó J. C., Idrissi L., Manes J. 2007. Presence of aflatoxin M1 in pasteurized milk from Morocco. *International journal of Food microbiology*114(1):25-29.

Annexe :

Annexe 1. Questionnaire (pour les femmes) sur la contamination de lait infantile par les mycotoxine (AFM1)

Questions	Oui	Non	commentaire
Avez-vous des bébés dans la famille ?			
Dépendent-ils du lait infantile commercialisé pour leur alimentation ?			
Connaissez-vous les mycotoxines ?			
Connaissez-vous l'aflatoxine M1 ?			Qu'est-ce?
Saviez-vous qu'il peut être trouvé dans les préparations pour nourrissons commercialisées pour les nourrissons ?			
Peut-il être transmis à l'enfant À travers le lait ?			
Dangereux ?			
Quels problèmes cela pourrait-il causer ?			
Avez-vous déjà rencontré / entendu parler d'un cas dans lequel des enfants de votre famille ont été infectés par des mycotoxines d'aflatoxine M1 résultant de l'utilisation de préparations pour nourrissons commercialisées ?			Si oui, qui est-il ?
Peut-on le trouver dans d'autres aliments ?			Si la réponse est oui, donnez un exemple !
Avez-vous une idée sur les limites recommandées pour les mycotoxines ou l'aflatoxine dans lait infantile commercialisées ?			Exemple
Connaissez-vous des mesures peut-on prendre pour limiter l'augmentation / la prolifération du taux d'aflatoxine dans le lait infantile commercialisées ?			Exemple
Quels conseils les mères peuvent-elles donner pour protéger leur bébé des mycotoxines (l'aflatoxine M1) dans le lait infantile commercialisé ?			Exemple
Est-ce qu'il y a des laboratoires qui font le dosage des aflatoxines dans votre région ?			Par quelle méthode ?

État civil	Âge	Sexe	niveau d'étude	Votre relation avec le secteur de la santé	Culture acquise / étudiée

Annexe 2. Les articles utilisés dans la partie expérimentale.

Awaisheh S. S., Rahahleh R. J., Algroom R. M., Al-Bakheit A. A. A., Al-Khaza'leh J. F. M., Al-Dababseh B. A. 2019. Contamination level and exposure assessment to Aflatoxin M1 in Jordanian infant milk formulas. *Italian journal of food safety* 8(3):127-130.

Ishikawa A. T., Takabayashi-Yamashita C. R., Ono E., Bagatin A. K., Rigobello F. F., Kawamura O., Hirooka E. Y. & Itano E. N. 2016. Exposure assessment of infants to aflatoxin M1 through consumption of breast milk and infant powdered milk in Brazil. *Toxins* 8(9):246-257.

Er.B.,B. D. (2014). Short communication: Investigation of aflatoxin M1 levels in infant follow-on milks and infant formulas sold in the markets of Ankara, Turkey. *American Dairy Science Association*, 3328–3331.

El-Tras W., F.N., N.K.(2011). Infants exposure to aflatoxin M1 as a novel foodborne zoonosis. *Food and Chemical Toxicology*, (49) 2816–2819.

Galvano F., Galofaro V., & Galvano G. 1996. Occurrence and stability of aflatoxin M1 in milk and milk products: a worldwide review. *Journal of Food protection* 59(10):1079-1090.

Gomez-Arranz E., N.-B. I. (2010). Aflatoxin M1 in Spanish infant formulae: Occurrence and dietary intake regarding type, protein-base and physical state. *Food Additives and Contaminants* ,3(3):193-199.

Kofi Edirisah Aidoo.,S.M.(2011).Occurrence of Fungi and Mycotoxins in Some Commercial Baby Foods in North Africa. *Food and Nutrition Sciences* 751-758 .

Omar S. S. 2016. Aflatoxin M1 levels in raw milk, pasteurised milk and infant formula. *Italian Journal of Food Safety* 5(3):158-160.

Quevedo-Garza P. A., Amador-Espejo G. G., Salas-García R., Ramos-Peña E. G.,Trujillo A. J. 2020. Aflatoxin M1 determination in infant formulae distributed in Monterrey, Mexico. *Toxins* 12(2):2-8.

Rastogi S.,Dwivedi P.D., Khanna S.K., Das M. 2004. Detection of aflatoxin M1 contamination in milk and infant milk products from Indian markets by ELISA. *Food control* 15(4):287-290.

Vaz A., Cabral Silva A. C., Rodrigues P., & Venâncio A. 2020. Detection methods for aflatoxin M1 in dairy products. *Microorganisms* 8(2):2-16

الخلاصة

تتمحور دراستنا حول قسمين أساسيين؛ القسم الأول عبارة عن استبيان يخص الفئة النسوية من مختلف الاعمار المستويات والأوضاع الاجتماعية حول موضوع السموم الفطرية الأفلاتوكسين م1 في الحليب المسوق للأطفال الرضع وذلك من اجل جس نبض ثقافه المجتمع حول هذا النوع من مشاكل العصر اما القسم الثاني فعباره عن مقارنة نتائج دراسات دولية مستخلصه من عدة مقالات لقياس تراكيز الأفلاتوكسين م1 في حليب الأطفال بالحدود التي وضعتها اللوائح الدولية والدستور الغذائي الدولي. كشفت المقارنة بين التراكيز عن اختلافات ملحوظة، بما في ذلك المستويات المنخفضة التي لا تتجاوز القيم الحدية، وكشف البعض الآخر عن تركيزات عالية جدًا من الأفلاتوكسين م1 في حليب الأطفال المسوق.

كلمات مفتاحية : السموم الفطرية، الأفلاتوكسين م1، حليب الأطفال، اللوائح الدولية، الدستور الغذائي الدولي.

Résumé

Notre étude s'articule autour de deux sections principales; La première section est un questionnaire pour le groupe féminin de différents d'âges, de niveaux et de conditions sociales différentes sur la question des mycotoxines et de l'AFM1 dans le lait des nourrissons commercialisé, afin de prendre le pouls de la culture de la communauté sur ce type de danger. La deuxième section est une comparaison des résultats d'études internationales extraites de plusieurs articles pour mesurer les concentrations AFM1 dans les préparations pour nourrissons dans les limites fixées par les réglementations internationales et le codex alimentaire international, la comparaison entre les concentrations a révélé des différences notables, y compris de faibles niveaux ne dépassant pas les valeurs limites, et d'autres ont révélé des concentrations très élevées d'AFM1 dans le lait infantile.

Mots clés : Mycotoxine, AFM1, lait infantile, réglementations internationales, codex alimentaire international.

Abstract

Our study is structured around two main sections; The first section is a questionnaire for the female group of different ages, levels and social conditions on the issue of mycotoxins and AFM1 in marketed infant milk, to take the pulse of the community's culture on This type of risk. The second section is a comparison of the results of international studies taken from several articles to measure AFM1 concentrations in infant formula within the limits set by international regulations and the international food codex, the comparison between the concentrations revealed notable differences, including low levels not exceeding limit values, and others revealed very high concentrations of AFM1 in infant milk.

Keywords: Mycotoxin, AFM1, infant milk, international regulations, international food codex