

AVIS 01-2022

Objet:

**Evaluation du programme d'analyses de
l'AFSCA : les mycotoxines dans les denrées
alimentaires et les aliments pour animaux**

(SciCom 2016/13 A)

Avis scientifique approuvé par le Comité scientifique le 28 janvier 2022

Mots-clés :

Programme d'analyses, mycotoxines, denrées alimentaires, aliments pour animaux, analyse des tendances

Key terms:

Analysis program, mycotoxins, food, animal feed, trend analysis

Table des matières

Résumé.....	3
Summary	8
1. Termes de référence	13
1.1. <i>Question</i>	13
1.2. <i>Dispositions législatives pertinentes</i>	13
1.3. <i>Méthode</i>	14
2. Définitions et abréviations	14
3. Introduction.....	15
4. Discussion et recommandations	17
4.1. <i>Mycotoxines incluses dans le programme d'analyses de l'AFSCA</i>	17
4.1.1. Aflatoxines	18
a) Denrées alimentaire	19
b) Aliments pour animaux.....	23
4.1.2. Ochratoxine A	24
a) Denrées alimentaires	25
b) Aliments pour animaux.....	27
4.1.3. Fumonisines	29
a) Denrées alimentaires	29
b) Aliments pour animaux.....	31
4.1.4. <i>Claviceps purpurea</i> (ergot du seigle) et alcaloïdes de l'ergot	32
a) Denrées alimentaires	33
b) Aliments pour animaux.....	35
4.1.5. Toxines T-2 et HT-2	36
a) Denrées alimentaires	37
b) Aliments pour animaux.....	38
4.1.6. Déoxynivalénol.....	39
a) Denrées alimentaires	40
b) Aliments pour animaux.....	41
4.1.7. Zéaralénone	43
a) Denrées alimentaires	44
b) Aliments pour animaux.....	45
4.1.8. Patuline	46
a) Denrées alimentaires	47
b) Aliments pour animaux.....	48
4.1.9. Citrinine.....	48
a) Denrées alimentaires	49
b) Aliments pour animaux.....	50
4.2. <i>Mycotoxines dans les aliments pour animaux de compagnie</i>	50
4.3. <i>Mycotoxines émergentes</i>	51
5. Incertitudes	55
6. Points d'attention.....	55
7. Conclusions.....	57
Références	59
Membres du Comité scientifique.....	64
Conflit d'intérêts	64
Remerciements	65
Composition du groupe de travail.....	65
Cadre juridique.....	65
Disclaimer.....	65

Résumé

Évaluation du programme d'analyses de l'AFSCA : les mycotoxines dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux

Contexte et termes de référence

Dans le cadre d'une évaluation périodique du programme d'analyses de l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA), le Comité scientifique a été sollicité pour examiner la programmation des analyses concernant les mycotoxines (y compris la moisissure *Claviceps purpurea*) dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux. Plus précisément, il lui a été demandé (i) de vérifier si les résultats des contrôles rapportés entre 2010 et 2019 indiquent des tendances potentielles, et (ii) d'évaluer la concrétisation de l'approche généralement appliquée par l'AFSCA pour la programmation des analyses (c.-à-d. les efforts de contrôle en ce qui concerne, entre autres, les combinaisons « matrice/danger » choisies et le nombre d'analyses programmées pour ces combinaisons) et d'identifier les éventuelles lacunes dans le programme d'analyses 2021.

Méthode

La programmation des analyses est évaluée sur base d'opinions d'experts, conjointement à des informations provenant de la littérature scientifique. L'analyse des tendances potentielles a été réalisée à l'aide du progiciel NADA ('Nondetects and Data Analysis') pour R version 3.5.0 (23 avril 2018) ; elle repose sur une régression pour des données log-normales censurées à gauche (c.-à-d. des résultats inférieurs à la limite de rapportage), avec le résultat de l'analyse comme variable dépendante et l'année d'analyse comme variable indépendante. Pour l'analyse des tendances, seuls ont été pris en compte les résultats obtenus dans le cadre du plan de contrôle.

Conclusions et recommandations

Les mycotoxines sont des métabolites toxiques de moisissures qui peuvent se développer sur les cultures ou les produits dérivés dans certaines conditions au champ ou pendant le stockage. Ces toxines sont présentes en tant que contaminants naturels dans de nombreuses denrées alimentaires d'origine végétale, notamment les céréales, ainsi que dans les aliments pour animaux. Certaines mycotoxines peuvent être partiellement transmises aux produits d'origine animale, tels que le lait, les œufs, la viande et les abats, par le biais d'aliments contaminés.

Les mycotoxines peuvent avoir des effets aigus et chroniques graves sur la santé humaine et animale. Selon leurs propriétés spécifiques et leur concentration, elles peuvent avoir des effets hépatotoxiques, œstrogéniques, immunotoxiques, dermonécrotiques, néphrotoxiques ou neurotoxiques lorsqu'elles sont ingérées. Certaines mycotoxines sont connues ou suspectées d'être cancérigènes. Les effets possibles sur la production animale comprennent une réduction de la croissance, une réduction de la production d'œufs et de lait, une baisse de l'efficacité de la reproduction et une sensibilité accrue au stress ou aux maladies.

Le programme d'analyses de l'AFSCA comprend des analyses des aflatoxines, de l'ochratoxine A, des fumonisines, des alcaloïdes de l'ergot et de l'ergot (*Claviceps purpurea* ; contrôle visuel), des toxines T-2 et HT-2, du déoxynivalénol, de la zéaralénone, de la patuline et de la citrinine dans les denrées alimentaires et dans les aliments pour animaux.

L'analyse de tendance des résultats de contrôle de l'AFSCA rapportés pour ces mycotoxines entre 2010 et 2019 est présentée en annexe de l'avis. Il convient de noter ici que l'analyse de tendance est sujette à un certain nombre d'incertitudes, qui sont abordées dans l'avis. En outre, la croissance des moisissures et le développement des mycotoxines dépendent fortement de facteurs liés aux techniques de culture et de facteurs climatiques et donc aussi régionaux, alors que le programme de surveillance contient des résultats provenant de matrices d'origine différente (belge, européenne et de pays tiers). Il est donc difficile d'identifier des corrélations avec les étapes précédentes des chaînes agroalimentaires (par exemple, en ce qui concerne l'augmentation de l'occurrence sur certaines cultures) à partir des tendances observées.

En ce qui concerne les analyses programmées de ces mycotoxines dans les denrées alimentaires, le Comité scientifique recommande en général, dans le cas des produits céréaliers tels que la farine, le pain, les biscuits, etc. de concentrer l'échantillonnage sur les produits complets. Les mycotoxines étant principalement localisées au niveau de l'enveloppe extérieure du grain de céréale, le nettoyage, le tri, le tamisage et le décorticage des céréales entraînent une augmentation de ces toxines dans les sous-produits céréaliers, tels que le son. Il est également recommandé d'abandonner les analyses de l'amidon de maïs. Lors de la fabrication de l'amidon de maïs, les toxines éventuellement présentes dans la matière première seront lessivées de l'amidon après le processus de séparation, rendant l'analyse des mycotoxines dans l'amidon de maïs moins pertinente.

En ce qui concerne les analyses des aliments pour animaux, aucune analyse des aliments pour animaux de compagnie n'est incluse pour le moment. Comme ceux-ci peuvent également être contaminés par des mycotoxines, il est recommandé d'inclure ces matrices (éventuellement de manière thématique) dans le programme d'analyses des mycotoxines. L'accent pourrait être mis sur les aliments pour animaux de compagnie contenant des céréales ou des dérivés de céréales.

Le programme d'analyses des aliments pour animaux comprend déjà l'analyse de l'aflatoxine B₁ dans l'ensilage. Une méthode d'analyse multi-mycotoxines pourrait être utilisée pour déterminer la présence d'autres mycotoxines pertinentes, telles que le déoxynivalénol, la zéaralénone, la patuline et la citrinine, mais aussi le nivalénol, les énniatines et la beauvéricine, dans ces mêmes échantillons.

En plus, le Comité formule les recommandations suivantes, plus spécifiques :

La détection des **aflatoxines** dans les céréales, les produits céréaliers et les produits à base de céréales destinés à l'alimentation humaine ou animale doit se concentrer autant que possible sur les produits à base de maïs. Le maïs provenant du sud de l'Europe ou des pays (sub)tropicaux présente un risque de contamination plus élevé en raison des conditions climatiques.

Pour les analyses des épices, la préférence doit être donnée à l'échantillonnage d'épices moulues (par exemple, des piments ou de la noix de muscade moulus au lieu de piments ou de noix intacts) et de mélanges d'épices. Bien qu'une limite européenne soit disponible pour le poivre blanc, l'analyse de cette matrice est moins pertinente. Les moisissures se trouvent principalement dans les écailles des grains, qui sont éliminées lors de la préparation du poivre blanc. Les analyses du pain sont également peu pertinentes et peuvent être supprimées.

Le Comité n'a pas de remarque sur les analyses programmées de l'aflatoxine M₁ dans des aliments particuliers destinés aux nourrissons et aux jeunes enfants. Il est toutefois recommandé d'accorder une attention suffisante à l'échantillonnage des produits laitiers du circuit court.

En ce qui concerne les aliments pour animaux, le Comité propose d'augmenter la proportion d'analyses de « Distiller's dried grains solubles » (DDGS) à un tiers du nombre total d'analyses programmées pour le maïs et les dérivés du maïs. Les DDGS sont un sous-produit de l'industrie du bioéthanol issu des céréales (principalement du maïs et dans une moindre mesure du blé). Les lots de céréales utilisés dans le processus de distillation ne sont pas tous de qualité alimentaire ou fourragère. Étant donné que la composition et la qualité peuvent varier, l'analyse de DDGS est programmée pour toutes les

mycotoxines incluses dans le programme d'analyses. Les deux tiers restants des analyses dans le maïs et les produits dérivés du maïs peuvent être répartis à parts égales entre les autres produits et sous-produits du maïs et le maïs.

La plupart des analyses de l'**ochratoxine A** dans les denrées alimentaires sont programmées pour les épices, suivies par les céréales. En ce qui concerne les épices, il est recommandé de donner la préférence aux épices moulues et de programmer des analyses de la poudre de piment en plus du poivre de Cayenne. Les deux sont des *Capsicum* spp. et sont tout aussi pertinents à analyser. Comme mentionné pour les aflatoxines, l'analyse de l'ochratoxine A dans le poivre blanc est moins pertinente. Pour les céréales, le nombre d'analyses du sarrasin pourrait être réduit, car il s'agit plutôt d'une céréale de niche. Il en va de même pour le gluten de blé, pour lequel, en cas de contamination, on s'attend à une teneur en ochratoxine A beaucoup plus faible que celle des couches externes du grain de blé. Le Comité recommande également d'analyser l'ochratoxine A dans le pain fraîchement cuit et produit industriellement, qui est, par exemple, généralement vendu dans les supermarchés.

En ce qui concerne les aliments pour animaux, l'ochratoxine A est analysée dans les matières premières des aliments pour animaux, des aliments composés pour porcs (porcs d'engraissement, truies et autres) et des aliments composés pour volailles. Étant donné la plus grande sensibilité des porcs que des volailles à l'ochratoxine A, il est recommandé de programmer proportionnellement plus d'analyses d'aliments composés pour les porcs, sans modifier le nombre total d'analyses.

Le Comité scientifique estime que la proportion relative des analyses des **fumonisines** dans le maïs et les produits à base de maïs destinés à l'alimentation devrait être augmentée étant donné que les moisissures du genre *Fusarium* produisant des fumonisines colonisent principalement cette culture. Les analyses des autres céréales et des produits à base de ces autres céréales peuvent être supprimées, à l'exception du blé, qui peut encore faire l'objet d'un suivi limité, la présence de fumonisines dans le blé ayant été rapportée de manière occasionnelle.

En ce qui concerne les aliments pour animaux, des analyses de fumonisines sont programmées pour les matières premières des aliments pour animaux et les aliments composés destinés spécifiquement aux porcs et aux chevaux. Le Comité n'a pas de remarque sur l'approche suivie pour la programmation de ces analyses ni sur la répartition des analyses entre les différentes matrices.

La présence de sclérotés (c'est-à-dire de petits corps fait de mycélium fongique) de la moisissure ***Claviceps purpurea* ou ergot du seigle** est contrôlée visuellement (au microscope) par l'AFSCA dans les céréales non transformées destinées à l'alimentation humaine et animale. La présence éventuelle d'**alcaloïdes de l'ergot du seigle** est uniquement recherchée dans les denrées alimentaires, plus spécifiquement dans les produits céréaliers et les produits destinés aux nourrissons et aux jeunes enfants. Cependant, le contrôle visuel des sclérotés dans les céréales est rendu plus difficile par l'évolution des techniques de récolte, les sclérotés étant fortement fragmentés lors du battage. Il est donc recommandé de pratiquer également des analyses des alcaloïdes de l'ergot du seigle dans les céréales non transformées destinées à l'alimentation humaine et animale.

La plupart des analyses d'alcaloïdes de l'ergot du seigle dans les denrées alimentaires sont programmées pour la farine de céréales, en particulier la farine de blé, suivie de la farine de seigle. Bien que le seigle soit moins consommé que le blé en Belgique, il est recommandé que le seigle et ses dérivés (farine de seigle, mélange de plusieurs types de farine contenant du seigle) ainsi que les préparations à base de seigle (p. ex. pain d'épice) fassent l'objet d'une part plus importante des analyses, car le seigle est la culture la plus sensible à la contamination par l'ergot.

L'échantillonnage des produits issus des chaînes courtes est également utile car on peut supposer que dans ce (sous)secteur les cultures biologiques de variétés anciennes sont plus fréquemment proposées. Il n'existe pas d'indication scientifique selon laquelle les céréales de la filière BIO sont plus

susceptibles d'être contaminées par l'ergot que les céréales cultivées conventionnellement, mais les anciennes variétés de céréales sont généralement plus susceptibles à *C. purpurea*.

En ce qui concerne les analyses programmées des **toxines T-2 et HT-2** dans les denrées alimentaires, il est recommandé de programmer davantage d'analyses de l'avoine et de l'orge, et des produits dérivés de ces céréales, tels que les flocons d'avoine et la farine, mais aussi, notamment, les boissons végétales à base d'avoine et d'orge (liquides ou en poudre). Les analyses du blé, du seigle, du maïs et de leurs dérivés sont moins pertinentes.

Les analyses programmées pour les toxines T-2 et HT-2 dans les aliments pour animaux concernent les matières premières pour l'alimentation animale. Comme la contamination par les toxines T-2 et HT-2 semble affecter principalement l'avoine, il est recommandé de concentrer les analyses sur cette culture. Les analyses du gluten de maïs peuvent être supprimées et la part des analyses du blé peut être réduite.

Les analyses du **déoxynivaléno**l dans les céréales destinées à l'alimentation humaine sont effectuées sur le blé et le maïs. Il est recommandé d'inclure également des analyses sur le seigle et l'avoine. Comme pour l'ochratoxine A, des analyses du déoxynivalénol devraient être effectuées dans le pain produit industriellement et fraîchement cuit, qui est généralement vendu dans les supermarchés. Dans le contexte des nouveaux modes de consommation, il convient également d'accorder une attention suffisante à l'échantillonnage des produits de meunerie commercialisés par les circuits courts. Ce point d'attention ne concerne pas seulement les denrées alimentaires mais aussi les aliments pour animaux. Les analyses programmées du déoxynivalénol dans les aliments pour animaux concernent les aliments composés destinés aux volailles et aux truies, ainsi que les matières premières pour des aliments pour animaux. Le Comité scientifique recommande d'analyser non seulement les aliments composés pour truies, mais aussi les aliments composés pour porcs d'engraissement.

Le Comité n'a pas de remarque additionnelle sur les analyses programmées de la **zéaralénone** dans les denrées alimentaires en plus des recommandations formulées précédemment de se concentrer sur les produits complets (farine de blé complète) et de supprimer les analyses de l'amidon de maïs.

Les analyses de zéaralénone programmées dans les aliments pour animaux concernent les aliments composés pour porcs et truies, les aliments composés pour bovins laitiers et les matières premières. Il est recommandé de programmer un tiers des analyses de matières premières pour les céréales, produits et sous-produits céréaliers autres que le maïs, un tiers pour le maïs, les produits et sous-produits du maïs (y compris le gluten de maïs) et un tiers pour les DDGS. En ce qui concerne les analyses des aliments composés pour animaux, il est noté que la population des bovins laitiers devrait inclure les animaux producteurs de lait en général (c'est-à-dire incluant les moutons, par exemple).

Le programme d'analyses de l'AFSCA de la **patuline** ne comprend que les denrées alimentaires. Bien que les pommes, la matrice la plus pertinente pour la contamination par la patuline, ne soient guère utilisées dans l'alimentation animale, les sous-produits de l'industrie des jus, comme la pulpe de pomme, le sont. La patuline peut également être trouvée dans l'ensilage. Cependant, l'occurrence d'effets indésirables sur le bétail sont considérés comme mineurs, ce qui rend l'analyse de la patuline dans l'alimentation animale moins prioritaire.

En ce qui concerne l'analyse du jus de pomme, il est recommandé d'échantillonner en particulier le jus de pomme avec pulpe, qui en cas de contamination peut contenir des quantités plus élevées de patuline par rapport aux jus sans pulpe. En ce qui concerne les autres jus de fruits, il est noté que l'analyse du jus (ou du nectar) de poire et éventuellement du jus (ou du nectar) de pêche et de raisin est la plus pertinente. Il est également recommandé d'analyser non seulement les aliments pour bébés à base de pommes mais aussi les aliments pour bébés à base de fruits autres que les pommes (éventuellement de manière thématique).

L'AFSCA contrôle uniquement la teneur en **citrinine** des compléments alimentaires à base de levure de riz rouge, qui est la matrice la plus pertinente et la seule matrice réglementée pour la citrinine. Bien que la citrinine puisse contaminer d'autres denrées alimentaires, c'est souvent à des concentrations très faibles. Le Comité n'a donc pas de remarque sur les analyses programmées de la citrinine dans les denrées alimentaires.

L'analyse de la citrinine dans les aliments pour animaux est considérée comme moins prioritaire.

Les mycotoxines incluses dans le programme d'analyses sont des mycotoxines pour lesquelles des limites (teneurs maximales européennes, teneurs recommandées ou limites d'action) sont disponibles. Cependant, des nouvelles méthodes d'analyse permettant, entre autres, d'abaisser les limites de détection, d'augmenter la rapidité de l'analyse et de déterminer plusieurs composés, contribuent largement à une meilleure connaissance de nouvelles mycotoxines, dites "émergentes", et de formes modifiées de mycotoxines connues.

Un certain nombre de **mycotoxines 'émergentes'** sont brièvement abordées dans l'avis. Ces mycotoxines 'émergentes' n'ont pas encore été suffisamment caractérisées. Le suivi de la plupart de ces mycotoxines 'émergentes' dans le contexte de la sécurité des denrées alimentaires et des aliments pour animaux ne permet pas d'évaluer les risques, car il faut tenir compte à la fois de l'occurrence et de la toxicité, et ces données ne sont actuellement pas suffisamment disponibles.

Néanmoins, dans le contexte de l'évolution des conditions climatiques, il peut être envisagé d'inclure certaines de ces mycotoxines 'émergentes' de manière thématique ou en appliquant des méthodes d'analyse multi-mycotoxines dans le programme d'analyses. Par exemple, le Comité scientifique propose d'examiner la présence de nivalérol et d'enniatiines dans les céréales, les principaux substrats pour la croissance des moisissures productrices de mycotoxines, de l'acide ténuazonique, une toxine d'*Alternaria*, dans des produits à base de tomate et de nivalérol, d'enniatiines et de beauvéricine dans l'ensilage (voir ci-dessus).

Des **formes modifiées ou cachées de mycotoxines** peuvent apparaître dans les denrées alimentaires ou les aliments pour animaux contaminés, par exemple par biotransformation dans la moisissure, ou au niveau de la culture ou chez le mammifère, ou par des réactions non enzymatiques dans la matrice des denrées alimentaires ou des aliments pour animaux.

Les mycotoxines modifiées ne sont généralement pas surveillées dans les denrées alimentaires ou les aliments pour animaux, mais peuvent contribuer au risque d'exposition à la mycotoxine originale. En effet, les mycotoxines modifiées peuvent libérer la mycotoxine originale par métabolisation chez l'homme et l'animal ou par un traitement ultérieur et ainsi augmenter l'exposition et les effets de la mycotoxine originale. Par analogie avec la recommandation sur les mycotoxines 'émergentes', l'inclusion thématique de formes modifiées de mycotoxines spécifiques pourrait être envisagée lors de l'application de méthodes d'analyse multi-mycotoxines.

Un autre point d'attention est la contamination des denrées alimentaires et des aliments pour animaux par plusieurs mycotoxines et leur **toxicité combinée**. La même moisissure peut produire plusieurs mycotoxines et les denrées alimentaires et les aliments pour animaux peuvent être contaminés par différentes moisissures. La détection simultanée de plusieurs mycotoxines n'offre pas seulement une valeur ajoutée scientifique, mais peut également offrir une valeur ajoutée pragmatique en termes de capacité d'échantillonnage et d'analyse.

En outre, le changement des habitudes alimentaires et les sources nouvelles ou alternatives de protéines d'origine végétale peuvent également avoir un impact sur l'exposition future aux mycotoxines. Enfin, il est à noter que l'occurrence des mycotoxines 'traditionnelles' se déplace parfois

vers des produits ou des matrices atypiques, ou vers des régions géographiques auparavant peu courantes, possiblement en partie à cause du réchauffement climatique. A l'avenir, il faudra en tenir compte dans la programmation des analyses de mycotoxines.

Summary

Evaluation of the FASFC analysis programme: Mycotoxins in food and feed

Background & Terms of reference

Within the framework of a periodic evaluation of the analysis programme of the Federal Agency for the Safety of the Food Chain (FASFC), the Scientific Committee has been asked to discuss the programming of the analyses with regard to mycotoxins (including the fungus *Claviceps purpurea*) in food and feed. In particular, it has been requested (i) to verify whether control results reported between 2010 and 2019 indicate possible trends, and (ii) to assess the implementation of the approach generally applied within the FASFC for the programming of analyses (i.e. the control efforts in terms of, inter alia, the chosen "matrix/hazard" combinations and the number of analyses programmed for these combinations) and to identify possible gaps within the analysis programme 2021.

Method

The programming of the analyses is evaluated on the basis of expert opinion in combination with information from scientific literature. The trend analysis was performed using the NADA ('Nondetects and Data Analysis') package for R version 3.5.0 (2018-04-23) and is based on a regression for left-censored (i.e. results below the reporting limit) log-normal data using the analytical result as dependent variable and the year of analysis as independent variable. Only the results obtained in the context of the control plan are considered for the trend analysis.

Conclusions & Recommendations

Mycotoxins are toxic metabolites of fungi that may grow on crops or derived products under certain conditions in the field or during storage. These toxins are found as natural contaminants in many foodstuffs of plant origin, particularly in cereals, and in animal feed as well. Some mycotoxins may be partly transferred from contaminated feed to products of animal origin, such as milk, eggs, meat and offal.

Mycotoxins can have serious acute and chronic effects on human and animal health. Depending on their specific properties and concentration, they can cause hepatotoxic, oestrogenic, immunotoxic, dermonecrotic, nephrotoxic or neurotoxic effects when ingested. Some mycotoxins are known or suspected to be carcinogenic. Possible effects on animal production include reduced growth, reduced egg and milk production, reduced reproductive efficiency and increased susceptibility of animals to stress or disease.

The FASFC analysis programme includes analyses of aflatoxins, ochratoxin A, fumonisins, ergot alkaloids and ergot (*Claviceps purpurea*; visual check), T-2 and HT-2 toxins, deoxynivalenol, zearalenone, patulin and citrinin in food and feed.

The trend analysis of the control results reported for these mycotoxins between 2010 and 2019 is given in annex to the opinion. However, it should be noted that the trend analysis is subject to a number of uncertainties, which are discussed in the opinion. Moreover, the growth of fungi and the development of mycotoxins strongly depend on factors related to crop husbandry and on climatological factors, and therefore also on region-dependent factors, while the control programme contains results from matrices of different origin (Belgian, European and from third countries). It is therefore difficult to identify correlations with previous steps in the agri-food chains (e.g. with regard to an increase in occurrence on certain crops) on the basis of observed trends.

With regard to the programmed analyses of these mycotoxins in foodstuffs, the Scientific Committee recommends in general that, in the case of cereal products such as flour, bread, biscuits, etc., sampling should concentrate on wholemeal products. As mycotoxins are mostly located on the outer skin of the grain, cleaning, sorting, sieving and dehulling of cereals leads to an increase in these toxins in cereal by-products, such as bran. It is also recommended to cancel the analyses of maize starch. During the manufacture of maize starch, toxins possibly present in the raw material will be washed out of the starch after the separation process, rendering the analysis of mycotoxins in maize starch less pertinent. With respect to the analyses of animal feed, no analyses of pet feed are included at the moment. Because these may also be contaminated with mycotoxins, it is recommended to include these matrices (possibly thematically) in the analysis programme for mycotoxins. Focus could be on pet feed containing grains or derivatives of grains.

The analysis programme for feed already includes the analysis of aflatoxin B₁ in silage. A multi-mycotoxin analysis method could be used to determine the presence of other relevant mycotoxins, such as deoxynivalenol, zearalenone, patulin and citrinin, but also nivalenol, enniatins and beauvericin, in these same samples.

In addition, the Committee formulates following, more specific recommendations:

The detection of **aflatoxins** in cereals, cereal products and cereal-based products intended as food or feed should focus as much as possible on maize-based products. Maize from Southern Europe or (sub)tropical countries has a higher risk of contamination due to climatic conditions.

For the analyses of spices, preference should be given to ground spices (e.g. ground pepper or nutmeg instead of peppercorns or nuts) and spice mixtures. Although a European limit is available for white pepper, the analysis of this matrix is less relevant. The fungi are mainly located in the seed scales of the grains, which are removed during the preparation of white pepper. The analyses of bread are also of little relevance and can be discarded.

The Committee has no remarks on the programmed analyses of aflatoxin M₁ in particular foods for infants and young children. It is however recommended to pay sufficient attention to the sampling of short-chain dairy products.

With regard to animal feed, the Committee proposes to increase the proportion of analyses of 'Distiller's dried grains solubles' (DDGS) to one third of the total number of analyses programmed for maize and products derived from maize. DDGS is a by-product of the bioethanol industry from cereals. However, not all grain batches used in the distillation process are food or feed grade. The analysis of DDGS is included for all mycotoxins covered by the analysis programme. The remaining two thirds of the analyses of maize and maize derived products can be equally divided between other maize products and by-products, and maize.

Most analyses of **ochratoxin A** in foodstuffs are programmed for spices, followed by cereals. Regarding spices, it is recommended to give preference to ground spices and to programme analyses of chilli powder in addition to Cayenne pepper. Both are *Capsicum* spp. and equally relevant to analyse. As

mentioned for the aflatoxins, the analysis of ochratoxin A in white pepper is less relevant. For cereals, the number of analyses of buckwheat could be reduced, as this is rather a niche cereal. Likewise for wheat gluten, for which in case of contamination a much lower ochratoxin A content is expected compared to the outer layers of the wheat grain. The Committee also recommends to analyse ochratoxin A in industrially produced, freshly baked bread, which is, for example, typically sold in supermarkets.

As regard to feed, ochratoxin A is analysed in raw feed material, compound feed for pigs (pigs for fattening, sows and others) and compound feed for poultry. Given the higher susceptibility of pigs than poultry to ochratoxin A, it is recommended to programme proportionally more analyses of compound feed for pigs, without changing the total number of analyses.

The Scientific Committee is of the opinion that the relative proportion of the analyses of **fumonisin** in maize and maize products intended for food should be increased given that *Fusarium* fungi producing fumonisins mainly colonise this crop. The analyses of other cereals and products based on these other cereals can be deleted, with the exception of wheat that can still be monitored to a limited extent as the presence of fumonisins in wheat has been reported occasionally.

With regard to animal feed, fumonisin analyses are programmed for raw feed materials and compound feed specific intended for pigs and for horses. The Committee has no remarks on the approach followed in programming these analyses or on the distribution of the analyses among the various matrices.

The presence of sclerotia (i.e. small packages of fungal mycelium) of the fungus ***Claviceps purpurea* or rye ergot** is visually (microscopically) checked by the FASFC in unprocessed cereals intended for food and feed. The possible presence of **ergot alkaloids** formed by rye ergot is only monitored in foodstuffs, more specifically in cereal products and products intended for infants and young children. However, the visual control of sclerotia in cereals has become more difficult by the evolved harvesting techniques, as sclerotia are highly fragmented during the threshing process. It is therefore recommended to also provide analyses of ergot alkaloids in unprocessed cereals intended for food and feed.

Most of the ergot alkaloid analyses in foodstuffs are programmed for cereal flour, especially wheat flour followed by rye flour. Although rye is less consumed than wheat in Belgium, it is recommended to allocate a higher share of analyses to rye and to rye derivatives (rye flour, mixture of several types of flour containing rye) and rye based products (e.g. gingerbread), as rye is the most sensitive crop to ergot contamination.

Sampling of short-chain products is useful as well because it can be assumed that in this (sub)sector more often organically grown crops of older varieties are offered. There are no scientific indications that organically grown grain is more susceptible to ergot contamination than conventionally grown grain, but older grain varieties are generally more susceptible to *C. purpurea*.

Regarding the programmed analyses of **T-2 and HT-2 toxins** in foodstuffs, it is recommended to programme more analyses of oats and barley and products derived from these cereals such as, for example, oatmeal and flour, but also, in particular, vegetable drinks derived from oats and barley (liquid or powdered). The analyses of wheat, rye, maize and their derivatives are less relevant.

The analyses programmed for T-2 and HT-2 toxins in animal feed concern raw feed materials. As T-2 and HT-2 contamination appears to affect mainly oats, it is recommended to focus the analyses on this crop. The analyses of corn gluten can be deleted and the share of the analyses of wheat can be reduced.

The analyses of **deoxynivalenol** in cereals intended for food are carried out on wheat and maize. It is recommended to include also rye and oats analyses. As for ochratoxin A, analyses of deoxynivalenol

should be performed in industrially produced, freshly baked bread, which is typically sold in supermarkets. In the context of new consumption patterns, sufficient attention should also be paid to the sampling of mill products offered via the short chain. This is not only a concern for food, but also for feed.

The programmed analyses of deoxynivalenol in feed, concern compound feed for poultry and for sows, and raw feed materials. The Scientific Committee recommends that not only compound feed for sows, but also compound feed for fattening pigs be analysed.

The Committee has no additional remarks concerning the programmed analyses of **zearalenone** in foodstuffs besides the previously formulated recommendations to focus on wholemeal products (wholemeal wheat flour) and to delete the analyses of maize starch.

The programmed zearalenone analyses of animal feed concern compound feed for pigs and sows, compound feed for dairy cattle and raw materials. It is recommended to programme one third of the analyses of raw materials for cereals, cereal products and by-products other than maize, one third for maize, maize products and by-products (including maize gluten) and one third for DDGS. With respect to the analyses of compound feeds, it is noted that the population of dairy cattle should include milk-producing animals in general (i.e. including sheep, for example).

The FASFC analysis programme of **patulin** only includes foodstuffs. Although apples, the most relevant matrix for patulin contamination, are hardly used in animal feed, by-products from the juice industry, such as apple pulp, are. Patulin can also be found in silage. However, the occurrence of adverse effects on livestock are considered minor, making analysis of patulin in animal feed less of a priority.

Concerning the analysis of apple juice, it is recommended to sample particularly cloudy apple juice (with pulp), which in case of contamination may contain higher amounts of patulin compared to clear juices (without pulp). As far as other fruit juices are concerned, it is noted that the analysis of pear juice (or nectar) and possibly peach and grape juice (or nectar) is mostly relevant. It is also recommended to not only analyse baby food based on apples but also baby food based on fruit other than apples (possibly thematically).

The FASFC only checks the **citrinin** content in food supplements based on red yeast rice, which is the most relevant matrix and only matrix regulated for citrinin. Although citrinin can contaminate other foodstuffs, this is often at very low concentrations. The Committee therefore has no remarks on the programmed analyses of citrinin in foodstuffs.

The analysis of citrinin in feed is considered less of a priority.

The mycotoxins included in the analysis programme are mycotoxins for which limits (European maximum levels, guide values or action limits) are available. However, new analytical methods allowing, among other things, for lower detection limits, higher analytical speed and the ability to determine multiple compounds, are contributing greatly to increased knowledge of new mycotoxins, the so-called 'emerging' mycotoxins, and of modified forms of known mycotoxins.

A number of '**emerging**' mycotoxins are briefly discussed in the advisory report. These 'emerging' mycotoxins have so far not been sufficiently characterised. The follow-up of most of these 'emerging' mycotoxins in the context of food and feed safety does not allow for risk assessment, since both occurrence and toxicity have to be taken into account and these data are currently not sufficiently available. Nevertheless, in the context of changing climatic conditions, it may be considered to include some of these 'emerging' mycotoxins thematically or by applying multi-mycotoxin analytical methods in the analytical programme. For example, the Scientific Committee proposes to investigate the occurrence of nivalenol and enniatins in cereals, the main substrates for mycotoxin producing fungal

growth, the *Alternaria* toxin tenuazonic acid in tomato products and nivalenol, enniatins and beauvericin in silage (see above).

Modified or hidden forms of mycotoxins may occur in contaminated food or feed, e.g. by biotransformation in the mould, crop or mammal, or by non-enzymatic reactions in the food or feed matrix.

Modified mycotoxins are usually not monitored in food or feed, but may contribute to the risk of exposure to the original mycotoxin. Indeed, modified mycotoxins may release the original mycotoxin through metabolism in humans and animals or by further processing and thus increase the exposure and effects of the original mycotoxin. By analogy with the recommendation on 'emerging' mycotoxins, the thematic inclusion of specific modified forms of mycotoxins could be considered when multi-mycotoxin analytical methods are applied.

Another point of attention is the contamination of food and feed with multiple mycotoxins and their **combined toxicity**. The same mould can produce several mycotoxins and food and feed can be contaminated with different moulds. The simultaneous detection of several mycotoxins not only offers scientific added value, but can also offer pragmatic added value in terms of sampling and analytical capacity.

In addition, changing dietary habits and new or alternative protein sources of vegetable origin may also have an impact on future exposure to mycotoxins. Finally, it is noted that the occurrence of 'traditional' mycotoxins sometimes shifts to atypical products or matrices, or previously uncommon geographical regions, possibly partly as a result of global warming. In the future, this will have to be taken into account when programming the analyses of mycotoxins.

1. Termes de référence

1.1. Question

Il a été demandé au Comité scientifique (SciCom) de formuler un avis sur la programmation des analyses de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA) concernant les mycotoxines (y compris les alcaloïdes de l'ergot) dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux.

Il lui a été plus précisément demandé :

1. d'évaluer les éventuelles tendances sur la base des résultats des contrôles rapportés entre 2010 et 2019; et
2. d'évaluer la mise en œuvre de l'approche généralement appliquée au sein de l'AFSCA pour la programmation des analyses (c'est-à-dire les efforts de contrôle en termes, entre autres, de combinaisons « matrice/danger » sélectionnées et du nombre d'analyses programmées pour ces combinaisons) et d'identifier les éventuelles lacunes du programme d'analyses 2021.

1.2. Dispositions législatives pertinentes

Règlement (UE) 2017/625 du Parlement Européen et du Conseil du 15 mars 2017 concernant les contrôles officiels et les autres activités officielles servant à assurer le respect de la législation alimentaire et de la législation relative aux aliments pour animaux ainsi que des règles relatives à la santé et au bien-être des animaux, à la santé des végétaux et aux produits phytopharmaceutiques

Règlement d'exécution (UE) 2019/1793 de la Commission du 22 octobre 2019 relatif au renforcement temporaire des contrôles officiels et aux mesures d'urgence régissant l'entrée dans l'Union de certains biens provenant de certains pays tiers, mettant en œuvre les règlements (UE) 2017/625 et (CE) n° 178/2002 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant les règlements (CE) n° 669/2009, (UE) n° 884/2014, (UE) 2015/175, (UE) 2017/186 et (UE) 2018/1660 de la Commission

Denrées alimentaires :

Règlement (CE) n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires

Règlement (CE) n° 401/2006 de la Commission du 23 février 2006 portant fixation des modes de prélèvement d'échantillons et des méthodes d'analyse pour le contrôle officiel des teneurs en mycotoxines des denrées alimentaires

Recommandation 2013/165/UE de la Commission du 27 mars 2013 concernant la présence de toxines T-2 et HT-2 dans les céréales et les produits à base de céréales

Recommandation 2012/154/UE de la Commission du 15 mars 2012 sur la surveillance de la présence d'alcaloïdes de l'ergot dans les aliments pour animaux et les denrées alimentaires

Aliments pour animaux :

Directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil du 7 mai 2002 sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux

Recommandation 2006/576/CE de la Commission du 17 août 2006 concernant la présence de déoxynivalénol, de zéaralénone, d'ochratoxine A, des toxines T-2 et HT-2 et de fumonisines dans les produits destinés à l'alimentation animale

Recommandation 2013/165/UE de la Commission du 27 mars 2013 concernant la présence de toxines T-2 et HT-2 dans les céréales et les produits à base de céréales

1.3. Méthode

Cet avis repose principalement sur l'opinion d'experts en combinaison avec des informations issues de la littérature scientifique et une évaluation des tendances possibles dans les résultats de contrôle de l'AFSCA rapportés entre 2010 et 2019.

L'analyse des tendances a été réalisée à l'aide du paquet NADA ('Nondetects and Data Analysis') pour R version 3.5.0 (2018-04-23) et repose sur une régression pour des données log-normales censurées à gauche (c.-à-d. des résultats inférieurs à la limite de rapportage), avec le résultat de l'analyse comme variable dépendante et l'année d'analyse comme variable indépendante. Les conclusions sont basées sur des hypothèses liées aux modèles sélectionnés, telles que la linéarité et l'hétéroscédasticité. Une tendance est supposée significative lorsque la valeur p est inférieure ou égale à 0,05 ($p \leq 0,05$), sauf indication contraire.

Pour l'analyse des tendances, seuls sont pris en compte les résultats obtenus dans le cadre du plan de contrôle (c'est-à-dire dont les analyses ont été programmées selon l'approche fondée sur le risque, voir Maudoux *et al.*, 2006). Outre ces résultats, la base de données contient également les résultats des analyses effectuées dans le cadre du suivi d'une plainte, des notifications du système européen d'alerte rapide pour l'alimentation et l'alimentation animale ('Rapid Alert System for Food and Feed', RASFF), etc.

2. Définitions et abréviations

AF	aflatoxine(s)
AF somme	somme des aflatoxines B ₁ , B ₂ , G ₁ et G ₂
ALT	alténuène
AME	alternariol monométhyléther
Analyse de tendance	tendance établie à la suite d'une analyse mathématique d'une série de données chronologiques ; la courbe de tendance est accompagnée d'une valeur p qui renseigne sur le niveau de signification ($p \leq 0,05$ c'est-à-dire 5 %). La valeur p peut être considérée comme une quantification numérique de la probabilité (de 0 à 1) qu'une différence/occurrence observée soit due au hasard résultant du processus d'échantillonnage.
AOH	alternariol
Analyses thématiques	des analyses programmées au moins une fois pour compléter le programme général d'analyse
ATX	altertoxine
BEA	beauvéricine
CIT	citrinine
DDGS	'Distiller's Dried Grains Solubles' (drêches de distillerie sèches) : un sous-produit de l'industrie du bioéthanol issu des céréales
DON	déoxynyvalénol
EFSA	European Food Safety Authority; Autorité Européenne de Sécurité des Aliments
ENN	enniatine(s)
FB	fumonisine(s)
FDA	Food and Drug Administration; Administration fédérale des Aliments et des Médicaments des États-Unis
Fréquence de rapportage	Pourcentage d'échantillons dont le résultat est supérieur à la limite de rapportage (LOR)

IARC	International Agency for Research on Cancer ; Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC)
Limite d'action	valeur établie par la Direction générale de la Politique de Contrôle de l'AFSCA lorsqu'il n'y a aucune norme officielle, et qui entraîne une action en cas de dépassement (AFSCA, 2020)
LOR	'Limit of Reporting' ou limite de rapportage : la plus faible concentration du composant à déterminer qui peut être quantifiée et rapportée dans le cadre de la surveillance de routine sur la base de méthodes de contrôle validées
MON	moniliformine
NIV	nivalénol
Observation des tendances	identification visuelle des évolutions possibles d'une série de données chronologiques
OI	Organisme Interprofessionnel
OTA	ochratoxine A
PAT	patuline
Programme d'analyses	programme de contrôles conforme au Règlement (UE) 2017/625.
RASFF	Rapid Alert System for Food and Feed; système d'alerte rapide de l'Union européenne pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux
RMO	'Rijdende Melk Ontvangst' ou camion-citerne de collecte du lait
TeA	acide ténuazonique
TEN	tentoxine
STC	stérigmatocystine
ZEN	zéaralénone

Considérant les discussions lors des réunions des groupes de travail des 31 mars, 10 mai, 8 octobre et 18 novembre 2021 et des séances plénières du Comité scientifique du 18 décembre 2020, du 17 décembre 2021 et du 28 janvier 2022,

le Comité scientifique émet l'avis suivant :

3. Introduction

Les mycotoxines sont des produits métaboliques secondaires des moisissures (entre autres appartenant aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*) qui peuvent se développer sur les cultures ou les produits dérivés dans les champs ou pendant le stockage et sont potentiellement toxiques pour l'homme et l'animal. Ces toxines se retrouvent sous forme de contaminants naturels dans de nombreux aliments d'origine végétale, notamment les céréales, mais aussi les fruits secs (par ex. oléagineux, haricots, sultanines), les épices, le café, le cacao et les jus et produits fermentés (par ex. jus de pomme, jus de raisin, bière, vin et cidre). En outre, les aliments d'origine animale, notamment le lait, les œufs, la viande et les abats, peuvent également contenir des mycotoxines.

La température, l'humidité relative et surtout l'activité de l'eau (a_w supérieure à 0,6) sont les facteurs les plus importants qui influencent la colonisation des cultures et les produits dérivés par les moisissures. Cependant, chaque type de moisissure a ses propres conditions optimales de croissance. La croissance fongique peut se produire dans une large gamme de températures et d'activité de l'eau (a_w), et les conditions optimales pour la croissance fongique ne correspondent pas toujours à et sont

également plus amples que celles qui conviennent à la biosynthèse des mycotoxines (Battilani *et al.*, 2020).

Les mycotoxines, qui sont considérées comme importantes du point de vue sanitaire et qui ont une pertinence dans la chaîne alimentaire sont les aflatoxines (AF), les ochratoxines (notamment l'ochratoxine A ou OTA), la patuline (PAT), les fumonisines (FBs), la zéaralénone (ZEN) et les trichothécènes, en particulier le déoxynivalénol (DON) et les toxines T-2 et HT-2. Il convient de noter que la toxicité au sein d'un groupe de mycotoxines donné peut varier considérablement. Selon leurs propriétés spécifiques et leur concentration, les mycotoxines peuvent avoir des effets hépatotoxiques, œstrogéniques, immunotoxiques, dermonécrotiques, néphrotoxiques ou neurotoxiques lorsqu'elles sont ingérées. Certaines mycotoxines sont connues ou suspectées d'être cancérigènes, comme par exemple les aflatoxines (IARC, 2012a). Les mycotoxines ne sont pas seulement nocives pour l'homme, mais aussi pour les animaux qui peuvent y être exposés par des aliments pour animaux contaminés. Les effets possibles sur les animaux comprennent une réduction de la croissance, une réduction de la production d'œufs et de lait, une baisse de l'efficacité de la reproduction et une sensibilité accrue au stress ou aux maladies (IARC, 2012a). En outre, certaines mycotoxines peuvent être partiellement transmises aux produits d'origine animale, tels que le lait, les œufs, la viande et les abats, par le biais d'aliments contaminés. L'exemple le plus connu est l'aflatoxine M₁ dans le lait (voir 4.1.1).

La plupart des mycotoxines sont des composés très stables qui peuvent s'accumuler au fil du temps et cela tant pendant la croissance qu'après la récolte de la culture. Le contrôle de la contamination par des moisissures et des mycotoxines nécessite donc une stratégie globale qui inclut une gestion adéquate avant la récolte et de bonnes stratégies pendant et après la récolte. La transformation peut contribuer à une réduction ou une augmentation de la teneur finale en mycotoxines dans certaines fractions, mais la réduction ou l'augmentation relative dépend fortement du type et des conditions d'hygiène de la matière première, ainsi que de la technologie et des conditions opérationnelles pendant la transformation (Battilani *et al.*, 2020 ; ILSI, 2019).

Le tableau ci-dessous (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) donne un aperçu des mycotoxines incluses dans le programme d'analyses 2021 de l'AFSCA, des moisissures productrices de ces mycotoxines (Battilani *et al.*, 2020 ; Anses, 2009) et des denrées alimentaires dans lesquelles leur présence est le plus fréquemment signalée (ILSI, 2019). Le nombre exact de tous les métabolites secondaires produits par les moisissures est actuellement inconnu et seule une fraction de ces métabolites a déjà fait l'objet d'une évaluation des risques ou est réglementée dans l'alimentation humaine ou animale. Avec le développement de nouvelles méthodes analytiques, la liste totale des métabolites fongiques est en constante augmentation et elle est aujourd'hui estimée à plus de 3 000 métabolites (RIVM, 2020).

Tableau 1. Mycotoxines incluses dans le programme d'analyses 2021 de l'AFSCA

Mycotoxine	Principales moisissures productrices de toxines	Exemples de denrées alimentaires pertinentes	Incluses dans le programme d'analyses de l'AFSCA	
			Denrées alimentaires	Aliments pour animaux
Aflatoxines B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ (AF somme)	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>	céréales (maïs, blé, riz, sorgho), jus de pomme et cidre, cacao, lait et produits laitiers, huile végétale, fruits secs (figues) et noix	X	
AF B ₁			X	X

		(arachide, pistache, amande), épices, café, graines de coton		
AF M ₁		lait et produits laitiers	X	
Ochratoxine A (OTA)	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. tubingensis</i>	céréales, cacao, fruits secs et noix, épices, café, bière	X	X
Fumonisines B ₁ , B ₂ , B ₃ (FB)	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. fujikuroi</i> , <i>F. pseudonygamai</i> , <i>F. temperatum</i> , <i>Aspergillus niger</i>	céréales (maïs, sorgho), bière	X	X
Patuline (PAT)	<i>Penicillium expansum</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> <i>Byssoschlamys nivea</i>	jus de pomme et cidre	X	
Trichothécènes	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. pseudograminearum</i> , <i>F. culmorum</i> <i>F. crookwellense</i> , <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i> , <i>F. tricinctum</i> , <i>F. acuminatum</i> , <i>F. armeniacum</i> , <i>F. langhsethiae</i>	céréales, noix, épices, bière		
Déoxynivalénol (DON)			X	X
Toxine T2, HT-2			X	X
Zéaralénone (ZEN)	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> <i>F. crookwellense</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. incarnatum</i> , <i>F. thapsinum</i>	céréales, huile végétale, fruits secs et noix, épices, bière	X	X
Alcaloïdes de l'ergot	<i>Claviceps purpurea</i> , <i>C. paspali</i> , <i>C. africana</i> , <i>C. sorghi</i> , <i>C. sorghicola</i>	seigle, orge, blé, avoine, triticale	X	X ^(a)
Citrinine (CIT)	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>A. carneus</i> , <i>A. niveus</i> <i>Penicillium verrucosum</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. expansum</i>	blé, riz, raisins	X	

^(a) suivi uniquement de la moisissure *Claviceps purpurea*
source: Battilani *et al.*, 2020; ILSI, 2019; Anses, 2009

4. Discussion et recommandations

4.1. Mycotoxines incluses dans le programme d'analyses de l'AFSCA

Dans ce qui suit, les analyses de mycotoxines programmées par l'AFSCA en 2021 sont évaluées en se basant, entre autres, sur les tendances possibles des résultats de contrôle de l'AFSCA rapportés entre 2010 et 2019 (voir 1.3. Méthodologie). Les résultats détaillés de l'analyse de tendance sont présentés en annexe. Une tendance est considérée comme significative lorsque la valeur $p \leq 0,05$, sauf indication contraire. Il convient de noter ici que l'analyse de tendance est sujette à un certain nombre d'incertitudes (voir **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Incertitudes) et doit être considérée comme un outil pragmatique pour l'évaluation des analyses programmées. En outre, la croissance des moisissures et le développement des mycotoxines dépendent fortement de facteurs liés aux techniques de culture et de facteurs climatiques et donc aussi de facteurs régionaux, alors que le programme de surveillance contient des résultats provenant de matrices d'origine différente (belge, européenne et de pays tiers). Il est donc difficile d'identifier des corrélations avec les étapes précédentes des chaînes agroalimentaires (par exemple, en ce qui concerne l'augmentation de l'occurrence sur certaines cultures) à partir des tendances observées.

En 2021, un total de 3 908 analyses de mycotoxines est prévu, tant dans les denrées alimentaires (64 %) que dans les aliments pour animaux (36 %). La majorité des analyses concernent les aflatoxines (47 %), suivies par l'ochratoxine A (12 %) (Figure 1).

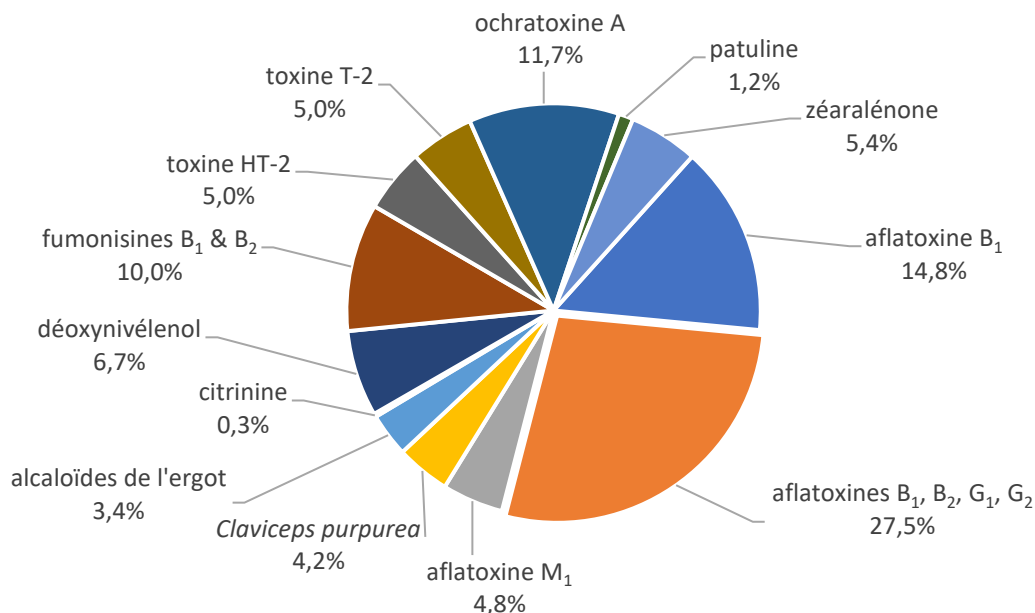


Figure 1. Répartition en pourcentages des analyses des mycotoxines et des sclérotés du *Claviceps purpurea* (contrôle visuel) dans le programme d'analyses 2021 de l'AFSCA pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux (nombre total $n = 3\ 908$)

4.1.1. Aflatoxines

Les aflatoxines (AF), dont le principal représentant est l'AF B₁, sont principalement produites par des isolats toxigènes d'*Aspergillus flavus* et d'*Aspergillus parasiticus*. Les moisissures productrices d'AF se trouvent principalement dans les régions au climat chaud et humide. Le changement climatique devrait influencer la présence des AF dans les aliments en Europe car les espèces fongiques productrices d'AF se propageront vers le Nord (EFSA, 2020 a & b), ce qui représente un risque pertinent, notamment pour les cultures cultivées dans le sud et le sud-est de l'Europe.

Les AF peuvent se retrouver, entre autres, dans les noix, les fruits secs, les oléagineux, les épices, et les céréales. L'AF B₁ se retrouve le plus fréquemment dans les denrées alimentaires contaminées. Les denrées alimentaires peuvent être contaminées avant et après la récolte et les AF peuvent pénétrer dans les denrées alimentaires d'origine animale par le biais de l'alimentation animale. Par exemple, l'AF B₁ présente dans les aliments pour animaux peut être métabolisée chez les bovins en AF M₁ qui peut ensuite être excrétée dans le lait (voir ci-après).

Les AF ont des effets cancérigènes et génotoxiques (EFSA, 2020a). Le centre international de recherche sur le cancer IARC classe les AF, qui peuvent provoquer des carcinomes hépatocellulaires, dans le groupe 1, c'est-à-dire comme cancérigènes pour l'homme (IARC, 2012b). L'AF M₁ est classée dans le groupe 2B, c'est-à-dire comme étant possiblement cancérigène pour l'homme (IARC, 1993).

L'AFSCA contrôle la teneur en AF des denrées alimentaires et des aliments pour animaux. Dans les denrées alimentaires, les AF B₁, B₂, G₁, G₂ et M₁ sont analysées, tandis que dans l'alimentation animale, les analyses ne concernent que l'AF B₁. Certains contrôles sont imposés par la législation, qui prévoit un contrôle accru à l'entrée dans l'Union européenne (UE) de certaines denrées alimentaires et aliments pour animaux en fonction de leur origine (Règlement d'exécution (UE) 2019/1793).

a) Denrées alimentaire

Les AF peuvent se retrouver dans toutes sortes de fruits à coque et d'oléagineux (surtout dans les pistaches, les noix du Brésil et les arachides, mais aussi parfois dans les noisettes, les amandes, les noyaux d'abricot, etc.), dans les figues séchées et autres fruits secs, dans les céréales (surtout dans le maïs des régions tropicales, le riz et d'autres céréales) et dans certaines épices. Le Règlement (CE) n° 1881/2006 fixe des niveaux maximaux pour l'AF B₁ et pour la somme des AF B₁, B₂, G₁ et G₂ (AF somme) dans diverses denrées alimentaires (arachides, noix, oléagineux, fruits secs, céréales et produits céréaliers, maïs, riz, certaines épices, aliments pour bébés) et pour l'AF M₁ dans le lait, les produits à base de lait et les aliments pour bébés destinés aux nourrissons ainsi que dans les aliments diététiques destinés à des fins médicales spéciales.

Aflatoxines B₁, B₂, G₁ et G₂

Entre 2010 et 2019, 6 906 denrées alimentaires ont été échantillonnées pour l'analyse de la somme des AF B₁, B₂, G₁ et G₂ (AF somme) dans le cadre du plan de contrôle de l'AFSCA. Pour 5 491 échantillons (soit 80 %), un résultat inférieur à la limite de rapportage (LOR ; entre 0,1 et 10 µg/kg, selon la matrice et le laboratoire de rapportage) a été obtenu et 269 échantillons (soit environ 4 %) ont été jugés non conformes. Les non-conformités concernaient principalement les pistaches (160 échantillons), suivies des arachides (65 échantillons) échantillonnées aux postes d'inspection frontaliers (annexe 1).

En ce qui concerne l'AF B₁, un total de 9 285 analyses ont été effectuées sur la période 2010-2019. Une grande partie de ces analyses concernait les contrôles à l'importation tels qu'imposés par le Règlement (CE) n° 669/2009¹, qui a été abrogé fin 2019. Pour 8 187 échantillons (88 %), un résultat inférieur à la LOR (entre 0,05 et 2,5 µg/kg) a été rapporté et 382 échantillons (4 %) ont été jugés non conformes.

¹ Règlement (CE) n° 669/2009 de la Commission du 24 juillet 2009 portant modalités d'exécution du règlement (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les contrôles officiels renforcés à l'importation de certains aliments pour animaux et certaines denrées alimentaires d'origine non animale et modifiant la décision 2006/504/CE

Comme pour les AF somme, les non-conformités concernaient principalement les pistaches (229) et les arachides (97), principalement échantillonnées aux postes d'inspection frontaliers.

Sur la base de ces résultats de contrôle, une augmentation de la teneur en AF (somme) est observée dans les fruits à coque, plus particulièrement dans les pistaches et les noisettes, dans les arachides et dans les figues (annexe 1). À l'exception des arachides, une augmentation spécifiquement du niveau d'AF B₁ est également observée dans ces denrées alimentaires.

En ce qui concerne les épices, le plan de contrôle fait une distinction entre la poudre de piment et le poivre de Cayenne. Pour l'analyse de tendance, ces épices ont été considérées ensemble sous le dénominateur « poudre de piment ». Il s'agit d'épices provenant de *Capsicum* spp. pour lesquelles la même teneur maximale s'applique (Règlement (CE) n° 1881/2006). En outre, les résultats sont également disponibles pour les piments entiers non moulus. Bien que la même teneur maximale s'applique à ces fruits et légumes, pour l'analyse de tendance, ils ont été considérés séparément. Cependant, le nombre de résultats pour ce groupe de produits est très limité (annexe 1). Dans le groupe des épices, on observe une diminution de la teneur de la somme des AF et de l'AF B₁ dans la poudre de paprika, ainsi qu'une diminution de la teneur de l'AF B₁ dans le curcuma. Il convient toutefois de noter que, bien que des niveaux plus élevés d'AF B₁ aient été constatés en particulier en 2010 et 2011, le nombre d'analyses réalisées pour le curcuma en 2010 et 2011 a été trois à quatre fois supérieur à celui des années suivantes. Pour les autres denrées alimentaires, aucune tendance pertinente n'est observée.

La répartition en pourcentages des analyses de la somme des AF (B₁, B₂, G₁ et G₂) programmées en 2021 est présentée dans la figure ci-dessous (Figure 2). Plus de la moitié des analyses programmées concernent des analyses imposées par la législation sur les denrées alimentaires importées en Europe (Règlement d'exécution (UE) 2019/1793). Par exemple, des analyses sont imposées pour les noix de muscade, les arachides, les noisettes, les pistaches, les poivrons, le beurre d'arachide, des fines herbes, des épices et les mélanges d'épices importés. Comme la législation relative aux aliments à base de céréales destinés aux nourrissons et aux enfants en bas âge ne prévoit qu'une teneur maximale en AF B₁, des analyses supplémentaires de l'AF B₁ ont été programmées pour ce groupe de produits.

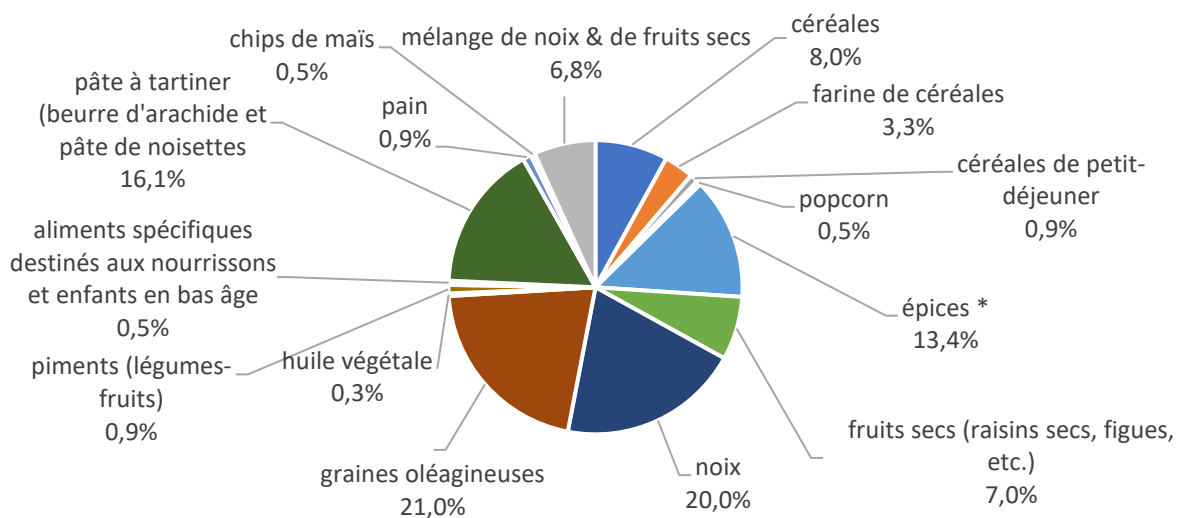


Figure 2. Résumé des analyses programmées en 2021 concernant la somme des aflatoxines B₁, B₂, G₁ et G₂ dans les denrées alimentaires

(* y compris 2 % de fines herbes)

La plupart des analyses sont programmées pour les oléagineux (principalement les arachides) et les fruits à coque (principalement les noisettes et les pistaches), suivis par les pâtes à tartiner et les épices. Les analyses programmées pour les épices concernent principalement le paprika, la noix de muscade et la poudre de piment (y compris le poivre de Cayenne), suivis du mélange d'épices, du poivre blanc et noir, du curcuma et du gingembre. La préférence doit être donnée à l'échantillonnage d'épices moulues (par exemple, des piments ou de la noix de muscade moulus au lieu de piments ou de noix intacts) et de mélanges d'épices. Des analyses sont également fournies pour le poivre blanc, qui est moins pertinent que le poivre noir, bien qu'une limite européenne pour le poivre blanc soit disponible. En effet, les moisissures se trouvent principalement dans les écailles des grains (Yogendrarajah *et al.*, 2014), qui sont éliminés lors de la préparation du poivre blanc. Le Comité estime également que l'analyse des AF dans les fines herbes fraîches est peu utile. Cependant, les analyses programmées des fines herbes fraîches concernent le contrôle imposé par la législation du laurier et du thym aux postes d'inspection frontaliers (Règlement d'exécution (UE) 2019/1793). À la suite de la crise de l'oxyde d'éthylène, il est judicieux d'accorder un peu plus d'attention dans les années à venir à l'échantillonnage des épices, ainsi qu'à d'autres produits importés et associés à ce problème. Une réduction de l'utilisation de ce produit chimique dans certains pays tiers (utilisé comme désinfectant sur les graines, les épices, les fibres et d'autres produits agricoles) pourrait entraîner une prévalence plus élevée des AF dans ces produits.

Plus de la moitié des analyses programmées des céréales concerne le riz et seulement une fraction relativement faible (10 %) le maïs. Cela peut être justifié par l'utilisation limitée des grains de maïs entiers en tant que produit alimentaire (c'est-à-dire principalement pour le pop-corn, pour lequel un certain nombre d'analyses sont également programmées). Toutefois, il pourrait être envisagé de réduire le nombre d'analyses du riz au profit d'autres denrées alimentaires, notamment les produits à base de maïs.

En ce qui concerne la farine de céréales (y compris la farine de blé et la polenta), il est recommandé de programmer davantage d'analyses de la polenta (c'est-à-dire de la semoule de maïs). La polenta est vendue non seulement dans les magasins spécialisés, mais aussi dans les chaînes de supermarchés. De même, les analyses des céréales pour petit-déjeuner et autres préparations à base de céréales doivent se concentrer sur les produits contenant du maïs (par exemple, les chips de maïs ou les tortillas de maïs). Les analyses du pain sont de peu d'utilité et peuvent être supprimées.

En ce qui concerne les analyses possibles des pseudo-céréales telles que le quinoa, sur la base du peu d'informations disponibles dans la littérature, la contamination par des AF semble être limitée (Ramos-Diaz *et al.*, 2021 ; Sacco *et al.*, 2020). De plus amples informations sur la pertinence des analyses AF ou des analyses d'autres mycotoxines dans les pseudo-céréales seront probablement disponibles dans le cadre du projet RT 22/07 MYCOPROF (« Mycotoxines dans les régimes alimentaires végétariens riches en protéines et en fibres »²). En fonction des résultats de ce projet ou de la disponibilité de nouvelles informations, des analyses des mycotoxines des pseudo-céréales pourraient être envisagées à l'avenir. L'UE n'impose toutefois actuellement aucune teneur maximale pour ces pseudo-céréales.

Aflatoxine M₁

Aucune analyse de tendance des niveaux des AF M₁ rapportés n'a été réalisée, car pour la majorité des résultats, seul le statut attribué « conforme »/« non conforme » a été rapporté et non le résultat de l'analyse. Tous les échantillons de lait et de produits laitiers ($n = 1\ 387$), et de préparations (de suite) pour nourrissons ($n = 336$), qui ont été échantillonnés entre 2010 et 2019, ont été jugés conformes.

² appel 2021, financé par la Recherche contractuelle - SPF Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement ; <https://www.health.belgium.be/fr/recherche-contractuelle/appels-projets-ouverts> (25/02/2021)

Pour la programmation des analyses des AF M₁ dans les aliments, deux populations distinctes de matrices sont considérées, à savoir (1) l'alimentation particulière destinée aux nourrissons et aux enfants en bas âge, et (2) les produits laitiers. Contrairement aux produits laitiers, la population des matrices « aliments particuliers pour nourrissons et enfants en bas-âge » est issue d'un faible nombre de producteurs. Cependant, les nourrissons étant presque exclusivement nourris avec de tels produits alimentaires, on estime que la contribution de l'alimentation particulière des nourrissons ou enfants en bas âge à une éventuelle exposition est élevée. De ce fait, le nombre des analyses programmées pour l'AF M₁ dans l'alimentation particulière destinée aux nourrissons et aux enfants en bas âge est relativement élevé par rapport aux produits laitiers (37 % ; voir Figure 3).

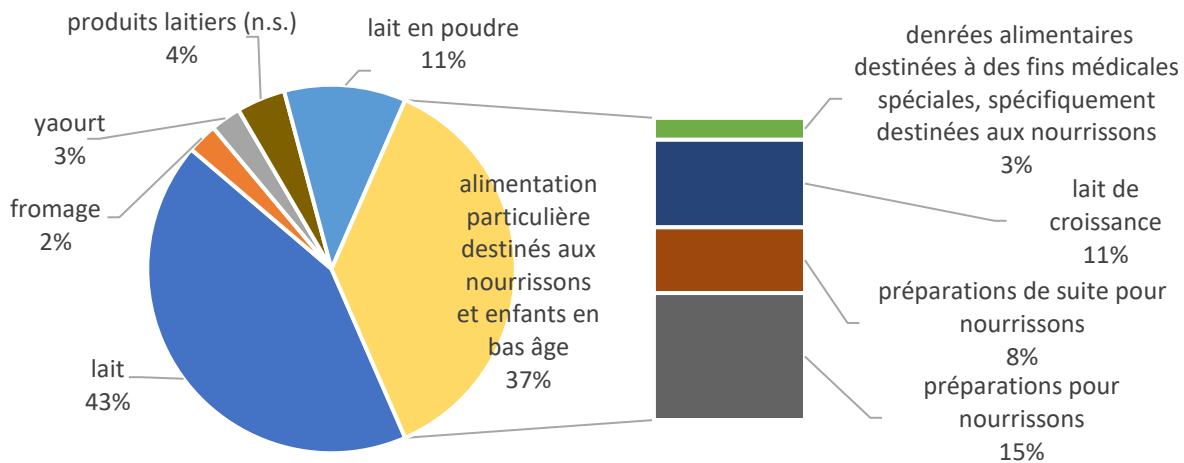


Figure 3. Aperçu des analyses programmées en 2021 pour l'aflatoxine M₁ dans les denrées alimentaires
(n.s. : non spécifié)

Environ 68 % des analyses programmées de produits laitiers (hors aliments particuliers destinés aux nourrissons et jeunes enfants) concernent le lait cru (principalement de vache, mais aussi quelques analyses de lait de brebis et de chèvre), qui est principalement échantillonné en production primaire, mais aussi en transformation. Le lait cru échantillonné dans la production primaire doit inclure suffisamment d'échantillons de lait de ferme vendu et transformé dans le circuit court.

Pour information, il est noté que le lait cru est systématiquement échantillonné lors de sa collecte en vue d'être transformé. Un échantillon est prélevé à chaque livraison pour la détermination de la qualité et de la composition par un Organisme Interprofessionnel (OI). Ces analyses comprennent un contrôle des résidus d'antibiotiques, mais pas de la présence d'AF M₁. Par contre, la Confédération belge de l'industrie laitière (CBL) effectue des analyses de l'AF M₁ dans le lait cru dans le cadre du plan d'échantillonnage Monimilk³. Au premier semestre 2021, l'AF M₁ n'a été détectée (limite de détection de 0,008 µg/L) dans aucun des 122 échantillons de lait fermier cru (les échantillons ont été mélangés par paires pour l'analyse) et des 33 échantillons de lait RMO ('Rijdende Melk Ontvangst' ou camion-citerne de collecte du lait).

Le Comité n'a pas de commentaire sur l'approche utilisée pour la programmation des analyses de l'AF M₁, ni sur les nombres prévus ou la distribution relative des analyses.

³ <https://bcz-cbl.be/fr/qualite%20et%20scurite%20alimentaire/monimilk/>

b) Aliments pour animaux

Les aliments pour animaux suivants sont susceptibles d'être contaminés par l'AF B₁ : coques et tourteaux d'arachide, coques et tourteaux de noix de coco (= coprah), noix de palme, coques et tourteaux de palmiste, coques et tourteaux de graines de coton, babassu, maïs, produits et sous-produits du maïs, coques de graines de kapok, coques de graines de carthame et sous-produits du riz (Ovocom, 2016). La Directive 2002/32/CE fixe des teneurs maximales comprises entre 0,005 mg/kg et 0,020 mg/kg pour l'AF B₁ dans les matières premières des aliments pour animaux et dans les aliments composés pour différentes espèces animales.

Entre 2010 et 2019, 3 973 échantillons ont été analysés en Belgique, avec seulement 315 (soit 8 %) échantillons rapportant un niveau supérieur à la LOR (entre 0,2 et 5 µg/kg) et 50 échantillons (soit 1,3 %) rapportant une non-conformité. Les non-conformités concernent principalement les arachides utilisées comme matière première pour l'alimentation animale, échantillonnées aux postes d'inspection frontaliers (annexe 1).

Sur la base de ces résultats, une augmentation de la teneur en AF B₁ est observée dans les aliments complémentaires ainsi que dans les céréales et leurs sous-produits dérivés, et l'arachide ($p < 0,1$), tous deux utilisés comme matières premières dans l'alimentation animale. L'augmentation observée dans les céréales ne peut être attribuée à une céréale spécifique. Cependant, des valeurs relativement plus élevées ont été rapportées dans le maïs en 2014 par rapport aux autres années. Tant pour les aliments composés et complémentaires que pour les céréales, la fréquence de rapportage (c.-à-d. le pourcentage d'échantillons dont le résultat est supérieur à la LOR) est plutôt faible (seuls 4 à 5 % des échantillons contiennent de l'AF B₁), de sorte que la tendance statistiquement observée n'est pas très bien fondée. En revanche, la fréquence de rapportage dans les graines oléagineuses, les fruits oléagineux et les produits dérivés est relativement élevée, en particulier pour les arachides où l'AF B₁ a été trouvée dans 111 (ou 37 %) des 299 échantillons analysés.

La Figure 4 donne un aperçu des analyses de l'AF B₁ dans les aliments pour animaux programmées pour 2021. Une petite partie (environ 4 %) des analyses programmées concerne le contrôle réglementaire de certains aliments pour animaux importés dans l'UE, les arachides et les tourteaux de pressage qui en sont dérivés en particulier (Règlement d'exécution (UE) 2019/1793).

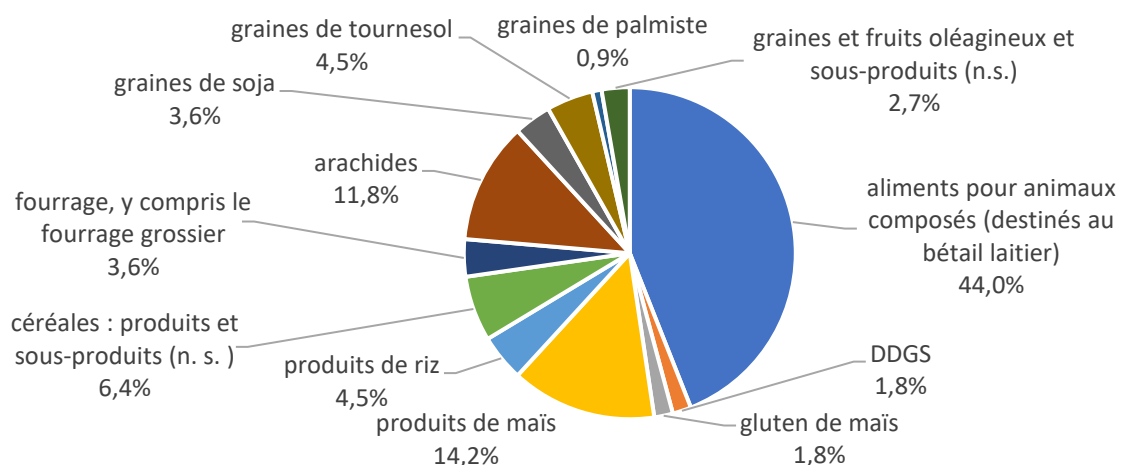


Figure 4. Aperçu des analyses programmées en 2021 pour l'aflatoxine B₁ dans les aliments pour animaux (n.s. : non spécifié; DDGS : distiller's dried grains solubles)

Afin de déterminer le nombre d'analyses à programmer, selon la méthodologie utilisée au sein de l'AFSCA (Maudoux *et al.*, 2006), les aliments pour animaux sont divisés en deux populations, à savoir (i) les aliments composés destinés spécifiquement au bétail laitier et (ii) les matières premières pour aliments pour animaux destinés à toutes les espèces animales.

Cette distinction entre le bétail laitier et les autres animaux est faite étant donné que lorsque les aliments pour animaux sont contaminés par l'AF B₁, le lait et les produits laitiers qui en sont dérivés peuvent être une source d'AF M₁. Après l'ingestion d'aliments contaminés par l'AF, une fraction de l'AF B₁ ingérée est dégradée dans le rumen, ce qui entraîne la formation d'aflatoxicol. La fraction résiduelle est absorbée dans le tube digestif et hydroxylée dans le foie en AF M₁. L'AF M₁ est soit conjuguée à l'acide glucuronique, puis excrétée par la bile, soit elle passe dans la circulation sanguine et est excrétée par l'urine ou le lait. Le transfert de l'alimentation vers le lait est d'environ 1 à 6 % et est influencé par plusieurs facteurs nutritionnels et physiologiques, notamment le régime alimentaire, le taux d'absorption, le taux de digestion, la santé de l'animal, la capacité de biotransformation du foie et la production laitière effective (Fink-Gremmels, 2008). Bien qu'un pourcentage limité d'AF B₁ soit excrété par le lait sous forme d'AF M₁, la contamination de l'alimentation par l'AF B₁ présente un risque pour la santé de l'animal ainsi que pour celle de l'homme. Sur la base de ce argument, le Comité approuve la distinction en deux populations distinctes, à savoir les 'aliments composés pour animaux laitiers' et les 'matières premières pour l'alimentation animale en général'.

Il est noté que chez les ruminants, de nombreuses mycotoxines sont dégradées (partiellement ou non) dans le rumen. Cependant, plusieurs facteurs, dont le statut immunitaire de l'animal, le type de bactéries du rumen et la stabilité de la flore du rumen, la présence ou l'absence de mycotoxines dans l'alimentation et un changement soudain de la ration, font que les ruminants peuvent être plus sensibles à certaines mycotoxines. Ainsi, parmi tous les bovins, les jeunes animaux et les vaches très productives semblent être les plus sensibles aux effets négatifs des mycotoxines (Rodrigues, 2014). En outre, la sélection génétique des vaches laitières a permis d'augmenter la production de lait, avec pour inconvénient une augmentation des troubles métaboliques, notamment l'acidification du rumen. Il a été démontré que l'acidification du rumen (acidose ruminale) limite la dégradation des mycotoxines, en particulier du déoxynivalénol, du nivalénol et de l'enniatine B (Debevere *et al.*, 2020).

En ce qui concerne les céréales et les produits céréaliers à échantillonner, l'accent doit être mis sur le maïs, les dérivés du maïs et les produits à base de maïs provenant des régions chaudes. Le Comité propose d'augmenter la proportion d'analyses de « Distiller's dried grains solubles » (DDGS) à un tiers du nombre total d'analyses programmées pour le maïs et les dérivés du maïs. Les DDGS sont un sous-produit de l'industrie du bioéthanol issu des céréales (principalement du maïs et dans une moindre mesure du blé). Les lots de céréales utilisés dans le processus de distillation ne sont pas tous de qualité alimentaire ou fourragère, il convient de vérifier la qualité de cette matière première. Étant donné que la composition et la qualité peuvent varier, l'analyse de DDGS est programmée pour toutes les mycotoxines incluses dans le programme d'analyses. Les deux tiers restants des analyses dans le maïs et les produits dérivés du maïs peuvent être répartis à parts égales entre les autres produits et sous-produits du maïs et le maïs.

Une lacune possible réside au niveau de l'échantillonnage des aliments pour animaux de compagnie, d'autant plus qu'à la fin des années 2020, une mortalité importante de chiens aux États-Unis a été liée à des aliments pour chiens contaminés par des AF (voir 4.2).

4.1.2. Ochratoxine A

L'ochratoxine A (OTA) est produite par les moisissures *Aspergillus* et *Penicillium* et est isolée dans une variété de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux (voir a) et b) ci-dessous). L'OTA est produite dans les climats froids et tempérés par *P. verrucosum* et *A. carbonarius*, et dans les régions

chaudes et tropicales par *A. ochraceus*. *P. verrucosum* est spécifiquement associé aux céréales stockées et est très commun en Europe du Nord et au Canada. *A. ochraceus* est la moisissure la plus courante dans le café vert et les épices. On la trouve également sur les fèves de cacao, les graines de soja, les arachides, le riz et le maïs. *A. carbonarius* peut notamment contaminer les raisins (Anses, 2009).

Des effets indésirables liés à l'administration répétée d'OTA ont été observés sur des souris, des rats, des lapins et des porcs. À doses élevées, plusieurs signes de toxicité générale sont observés comme par exemple, une diminution du poids du corps et des organes, des modifications de la chimie clinique, ainsi que des lésions histopathologiques, notamment au niveau des reins, de l'immunotoxicité, de la neurotoxicité et des effets sur le développement (dus à la toxicité maternelle). Les effets les plus importants se produisent dans les reins (néphrotoxicité), le porc étant l'espèce la plus sensible. Des tumeurs rénales sont observées chez les rongeurs. L'OTA est classée par l'IARC dans le groupe 2B, c'est-à-dire comme probablement cancérigène pour l'homme (IARC, 1993). La mycotoxine est génotoxique à la fois *in vitro* et *in vivo*, mais les mécanismes de génotoxicité ne sont toujours pas clairs (EFSA, 2020c).

Le programme d'analyses 2021 de l'AFSCA prévoit 459 analyses d'OTA, dont la moitié dans les aliments pour animaux et l'autre moitié dans les denrées alimentaires, y compris les tissus animaux (reins de porcs, bovins, caprins, chevaux et volailles) échantillonnés à l'abattoir. Ces dernières analyses sont imposées par la législation (Règlement (UE) 2017/625).

a) Denrées alimentaires

L'OTA peut être présente dans les aliments d'origine végétale tels que les produits céréaliers, la bière, le café, le cacao, le chocolat, le thé vert, les raisins secs, le jus de raisin, les pistaches, les figues, le vin, la réglisse, les châtaignes, l'ail et les épices (par exemple, le poivre de Cayenne/piment, le poivre noir, la coriandre, le gingembre, le curcuma et la noix de muscade) (EFSA, 2020c). La législation européenne fixe des teneurs maximales en OTA de 0,5 à 10 µg/kg dans les céréales et les produits céréaliers, les raisins secs (sultanines), le café (soluble), le vin, le jus de raisin, les aliments pour bébés et les aliments diététiques destinés à des fins médicales, et de 15 à 80 µg/kg dans les épices et la réglisse, la racine et l'extrait de réglisse (Règlement (CE) n° 1881/2006).

Les denrées alimentaires d'origine animale, telles que le porc, les produits sanguins de porc, les reins de volaille ou le foie peuvent également contenir de l'OTA à la suite de la consommation d'aliments contaminés par l'OTA. En l'absence de niveaux maximaux européens, l'AFSCA applique des limites d'action de 4 et 5 µg/kg pour les reins et les poissons respectivement (AFSCA, 2020).

Entre 2010 et 2019, 1 828 produits alimentaires et 1 146 tissus animaux (principalement des reins, mais aussi quelques échantillons de sang prélevés à l'abattoir) ont été analysés. La fréquence de rapportage était respectivement de 24 % et de 1 %. Au total, seules 15 non-conformités ont été signalées (pour les épices, les raisins secs, la farine de céréales, le seigle et les aliments particuliers destinés aux nourrissons et enfants en bas âge ; annexe 2).

Les tendances pertinentes observées à partir de ces résultats de contrôle sont une augmentation de la teneur en OTA dans les épices, les raisins (secs) et le café, et une diminution dans la farine de céréales et dans les pâtes (annexe 2).

Le groupe des épices est vaste et comprend divers produits, de sorte que le nombre de résultats par type d'épice est insuffisant pour analyser les tendances à ce niveau. Néanmoins, il semble y avoir une augmentation de la teneur en OTA dans le paprika, bien que d'autres résultats soient nécessaires pour confirmer cette augmentation. La fréquence de rapportage pour le paprika, la poudre de piment (y compris le poivre de Cayenne) et le poivre noir est élevée (l'OTA a été trouvée dans 85 %, 91 % et 53 % des échantillons analysés respectivement).

Les fines herbes et les épices subissent un traitement minimal avant leur utilisation, le tri manuel ou le tri optique étant les principales étapes d'atténuation des mycotoxines. Bien que les graines, les rhizomes et les fruits peuvent être contaminés sur le terrain, il a été démontré que la transformation ultérieure peut également être un point critique pour la contamination. Il s'agit par exemple de l'utilisation de méthodes de traitement traditionnelles, en particulier le séchage inadéquat et lent au soleil (par exemple, des poivrons, des piments, des baies de café), et le contrôle insuffisant de l'activité de l'eau pendant le stockage des épices en vrac, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales (EFSA, 2020c).

En ce qui concerne le café, il convient de distinguer le café moulu, le café instantané et le café en grains. Plusieurs études ont montré que la torréfaction réduit efficacement les concentrations d'OTA. Le degré de torréfaction (une torréfaction plus forte entraîne des concentrations d'OTA plus faibles) et la taille des particules (des particules plus grossières entraînent des niveaux d'OTA plus faibles que les particules fines) semblent être les facteurs les plus pertinents influençant la concentration finale d'OTA. La présence finale d'OTA dans les boissons à base de café infusé est influencée par la méthode de préparation (par exemple, l'infusion, la filtration, la force du café) (EFSA, 2020c). L'augmentation de la teneur en OTA observée dans le café moulu est principalement due à quatre échantillons en 2019 dans lesquels la teneur en OTA était supérieure à la LOR de 0,6 µg/kg, alors que dans la majorité des échantillons (86 %) la teneur était inférieure à la LOR. Dans le café soluble, où une augmentation de la teneur en OTA a également été observée, la fréquence de rapportage était plus élevée (42 %). Dans les grains de café, en revanche, l'OTA n'a été trouvée que dans 2 des 25 échantillons prélevés entre 2016 et 2019.

En ce qui concerne les céréales et les farines de céréales, il est généralement connu que les procédures de nettoyage telles que la séparation par gravité, le décorticage, le tri (optique) et le tamisage peuvent être des étapes efficaces de contrôle des mycotoxines en raison de la dispersion de la biomasse fongique et de l'accumulation ultérieure de mycotoxines sur les couches externes du grain. En général, la mouture entraîne une diminution de la présence des toxines dans la farine et une augmentation de celles-ci dans les sous-produits de la mouture, notamment le son (EFSA, 2020c).

Dans le projet de recherche RF 16/6308 CITRIRISK (« L'incidence de la citrinine dans la chaîne alimentaire humaine et animale belge et le risque pour la santé humaine et animale »⁴), l'incidence de la citrinine (voir 4.1.9) ainsi que l'incidence de l'OTA dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux sur le marché belge ont été étudiées. L'OTA a été détectée dans 80 % des 90 échantillons d'aliments analysés (granulés pour porcs et aliments à base de maïs pour poulets), et dans 46 % des 367 échantillons de denrées alimentaires analysés (limite de détection entre 0,05 et 0,6 µg/kg, selon la matrice analysée). La teneur moyenne en OTA dans les échantillons d'aliments pour animaux était de 1,4 µg/kg et variait entre 0,06 et 1,73 µg/kg dans les échantillons de denrées alimentaires. Les jus de fruits et de légumes, les noix, les graines, les aliments pour bébés, les boissons alcoolisées et le café⁵ ne contenaient pas ou très peu d'OTA. Les niveaux les plus élevés ont été trouvés dans les fines herbes et les épices, le riz et le pain. Sur la base des résultats de l'étude, un risque possible pour la santé lié à une consommation élevée, notamment de riz, ne peut être exclu. Le niveau dans le riz était en moyenne de 0,09 µg/kg et au maximum de 1,25 µg/kg (16 échantillons) (Meerpoel, 2020). Aucun résultat d'analyse pour le riz n'est disponible dans la base de données de l'AFSCA pour la période 2010-2019. Des analyses du riz étaient toutefois prévues dans le programme 2021 (voir plus loin).

⁴ Financé par la Recherche Contractuelle - SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement, effectué par UGent – Sciensano, 2016-2020

⁵ il n'est pas spécifié s'il s'agissait de café moulu, de café en grains ou de café soluble

Le programme d'analyses 2021 de l'AFSCA comprend 149 analyses de denrées alimentaires échantillonnées aux postes d'inspection frontaliers, dans le secteur de la transformation et de la distribution (Figure 5). En outre, le programme relatif aux denrées alimentaires comprend également les analyses de reins de porcs, de bovins, de chèvres, de chevaux et de volailles échantillonnés à l'abattoir, comme l'exige la législation (Directive 96/23/CE⁶; Règlement (UE) 2017/625).

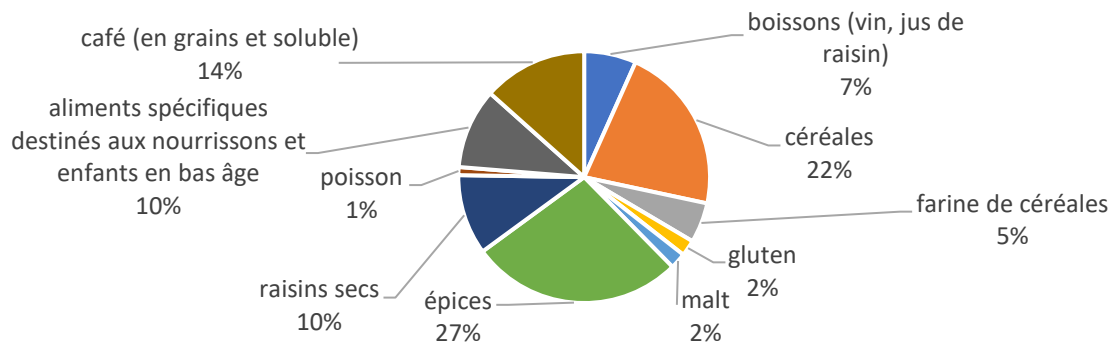


Figure 5. Aperçu des analyses d'ochratoxine A dans les denrées alimentaires programmées en 2021

La plupart des analyses sont programmées pour les épices, suivies par les céréales. Les analyses des épices concernent la noix de muscade, le poivre blanc, le paprika, la réglisse, le curcuma, le poivre de Cayenne et le poivre noir. La préférence doit être donnée à l'échantillonnage d'épices en poudre. Étant donné qu'il n'est pas certain qu'une distinction explicite soit faite dans le domaine de l'échantillonnage entre le poivre de Cayenne et la poudre de piment (tous deux des *Capsicum* spp.), et que la dernière épice est tout aussi pertinente à analyser, il est recommandé de réaliser également des analyses de la poudre de piment. Comme indiqué pour les aflatoxines (4.1.1), l'analyse de l'OTA dans le poivre blanc est moins pertinente. En plus, comme pour les aflatoxines, il est recommandé d'accorder un peu plus d'attention dans les années à venir à l'échantillonnage des épices importées qui ont été associées au problème de l'oxyde d'éthylène.

Les analyses des céréales se répartissent entre le blé (36 %), le riz (16 %), l'avoine (12 %), l'orge (12 %), le sarrasin (12 %) et le seigle (12 %). Le nombre d'analyses du sarrasin pourrait être réduit car il s'agit plutôt d'une céréale de niche. Il en va de même pour le gluten de blé, pour lequel, en cas de contamination, on s'attend à une teneur en OTA beaucoup plus faible que celle des couches externes du grain de blé.

Le Comité recommande que l'OTA soit également analysée dans le pain, et plus particulièrement dans le pain fraîchement cuit et produit industriellement qui est, par exemple, généralement vendu dans les supermarchés.

b) Aliments pour animaux

La Recommandation (CE) 2006/576/CE fournit des valeurs indicatives pour l'OTA dans les matières premières des aliments pour animaux et dans les aliments composés pour animaux, allant de 0,05 à 0,25 mg/kg. Ces valeurs indicatives sont appliquées par l'AFSCA en tant que limites d'action (AFSCA, 2020).

⁶ Directive 96/23/CE du Conseil, du 29 avril 1996, relative aux mesures de contrôle à mettre en œuvre à l'égard de certaines substances et de leurs résidus dans les animaux vivants et leurs produits et abrogeant les directives 85/358/CEE et 86/469/CEE et les décisions 89/187/CEE et 91/664/CEE

Entre 2010 et 2019, l'OTA a été détectée dans seulement 350 (soit 14 %) des 2 460 échantillons analysés, la fréquence de rapportage la plus élevée concernant la matière première pour aliments des animaux 'DDGS'. L'OTA a été trouvée dans 26 échantillons (c'est-à-dire 44 %) des 59 échantillons de DDGS analysés. Tous les échantillons étaient conformes. Aucune tendance n'est observée dans les résultats rapportés (annexe 2).

Un aperçu des analyses programmées pour 2021 dans l'alimentation animale est donné dans la figure ci-dessous (Figure 6). Pour la détermination du nombre d'analyses à programmer, trois populations sont considérées, à savoir (i) les matières premières pour l'alimentation animale, (ii) les aliments composés pour porcs (porcs d'engraissement, truies et autres) et (iii) les aliments composés pour volailles. L'échantillonnage des aliments composés pour animaux a lieu tant chez le fabricant que dans les exploitations agricoles, tandis que les matières premières des aliments pour animaux sont également échantillonnées aux postes d'inspection frontaliers (maïs) et chez les négociants.

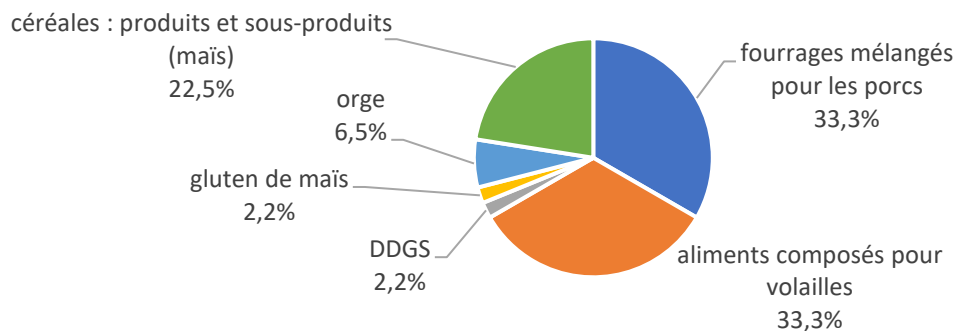


Figure 6. Aperçu des analyses de l'ochratoxine A dans les aliments pour animaux programmées en 2021 (DDGS : distiller's dried grains solubles)

L'OTA a une biodisponibilité élevée et une longue demi-vie chez certains animaux d'élevage monogastriques tels que les porcs, les veaux pré-ruminants et les lapins, ce qui permet à l'OTA de s'accumuler dans la viande et les organes de ces animaux. Les volailles semblent éliminer l'OTA plus rapidement que les espèces des mammifères monogastriques, ce qui se traduit par une faible accumulation d'OTA dans le sang et les tissus. Bien que les porcs soient plus sensibles à l'exposition à l'OTA que les volailles, l'OTA est néphrotoxique ⁷ pour les deux espèces animales (EFSA, 2020c). Contrairement aux monogastriques, les ruminants tels que les vaches, les moutons et les chèvres sont capables de métaboliser l'OTA en ochratoxine-alpha, moins toxique (Fink-Gremmels, 2008).

Le Comité n'a pas d'objection à l'approche adoptée pour programmer les analyses en considérant des populations distinctes pour les aliments composés pour porcs et pour volailles. Étant donné la plus grande sensibilité des porcs que des volailles à l'OTA, il est recommandé de programmer proportionnellement plus d'analyses d'aliments composés pour les porcs, sans modifier le nombre total d'analyses.

⁷ C.-à-d. nocive pour la fonction rénale

4.1.3. Fumonisines

Les fumonisines (FBs) sont principalement produites par *Fusarium verticillioides* et *F. proliferatum*, des moisissures qui colonisent surtout le maïs. Les composés les plus pertinents sont les fumonisines de type B, à savoir FB₁, FB₂, FB₃ et FB₄, qui diffèrent par le nombre et la position des groupes hydroxyle sur la structure principale. En outre, il existe également des formes modifiées de FB, notamment les fumonisines B (partiellement) hydrolysées. De plus, au cours de la transformation des aliments, les FB peuvent réagir en formes modifiées de type Maillard, telles que le N-(carboxyméthyl)-FB et le N-(désoxy-D-fructos-1-yl)-FB. En raison de leur structure chimique, les FB peuvent également interagir fortement avec les macroconstituants de la matrice des denrées alimentaires ou des aliments pour animaux par le biais de liaisons non covalentes. Au cours de la digestion, ils peuvent être décomposés, libérant la FB dans le tractus gastro-intestinal (EFSA, 2018 a & b).

L'évaluation de la toxicité des FBs est principalement basée sur les résultats obtenus pour la FB₁, mais on suppose que les FB₂₋₄ ont un profil et un potentiel toxicologiques similaires à celui de la FB₁. Des tumeurs du foie et des reins ont été observées lors de l'exposition chronique de rongeurs à la FB₁ (EFSA, 2018a). D'après une évaluation de l'IARC, les preuves de la cancérogénicité des FBs chez l'homme semblent insuffisantes, mais il existe des preuves suffisantes de la cancérogénicité de la FB₁ chez les animaux de laboratoire. Les FB₁ et FB₂ sont classées par l'IARC dans le groupe 2B, c'est-à-dire comme probablement cancérogènes pour l'homme (IARC, 2002 & 1993). La FB₁ n'est pas mutagène dans les cellules bactériennes et ne provoque pas de synthèse d'ADN non programmée dans les cellules de mammifères, mais elle est clastogène⁸ par un mécanisme indirect, possiblement par l'induction d'un stress oxydatif (EFSA, 2018a).

Les FBs sont isolées principalement dans le maïs et ses dérivés, mais aussi dans les épices et les fines herbes, le thé noir, les tisanes et la bière à base de maïs. La FB₂ peut également être produite par *Aspergillus niger*, une moisissure qui peut infecter la vigne, le blé et le maïs. Bien que les données sur la présence de la FB₂ dans les sultanines, le moût⁹ et le vin soient rares, il a été démontré que la FB₂ peut être présente avec l'ochratoxine A (OTA) dans les produits à base de raisin (EFSA, 2018a).

La FB₃ est souvent retrouvée avec la FB₁ et la FB₂ dans le maïs et les produits dérivés du maïs, mais la concentration de FB₃ n'est généralement pas plus élevée que celle de la FB₁ et de la FB₂. La teneur en FB₃ représente généralement 10 à 15 % de la teneur en FB₁ (EFSA, 2018a).

Seules les FB₁ et FB₂ sont incluses dans la réglementation européenne. Le programme d'analyses 2021 de l'AFSCA prévoit 390 analyses de FB₁ et FB₂ dans les denrées alimentaires (61 %) et les aliments pour animaux (39 %).

a) Denrées alimentaires

Le Règlement (CE) n° 1881/2006 établit une teneur maximale pour la somme des FB₁ et FB₂ de 200 µg/kg pour les aliments pour bébés et les aliments transformés à base de maïs, de 800 µg/kg pour les céréales pour petit-déjeuner et les collations à base de maïs, et variant entre 1 000 et 4 000 µg/kg pour le maïs destiné à la consommation directe, les fractions de mouture du maïs et le maïs non transformé.

⁸ C'est-à-dire qu'elle entraîne des lésions ou des cassures des chromosomes, ce qui fait que des morceaux disparaissent, s'ajoutent ou se réarrangent.

⁹ jus de raisin ou d'autres fruits fraîchement pressé mais pas encore fermenté

La fréquence de rapportage de la somme des FB₁ et FB₂ dans les denrées alimentaires analysées entre 2010 et 2019 est assez élevée. Pour 40 % des échantillons analysés (total 1 977), une teneur en FB₁ + FB₂ supérieure à la LOR a été rapportée (différentes valeurs de LOR selon la matrice considérée et le laboratoire d'analyse) (annexe 3). Seuls 3 échantillons de farine de maïs ont été jugés non conformes. Sur la base de ces résultats de contrôle, une augmentation de la teneur est observée dans les pâtes (à base de blé et de maïs) et les chips (plus de 70 % des échantillons sont des chips de maïs), et une diminution dans le popcorn (annexe 3).

La moitié des analyses de la somme des FB₁ et FB₂ du programme d'analyses 2021 de l'AFSCA est consacrée au maïs et aux produits à base de maïs (popcorn, céréales pour petit-déjeuner, farine de maïs, chips de maïs, tortilla, galettes de maïs, polenta, amidon de maïs, aliments pour bébés à base de maïs) (Figure 7). Plus d'un tiers des analyses ont été programmées pour des produits dérivés des céréales, notamment la farine de céréales (farine de maïs, de blé et de seigle), la semoule de maïs (polenta) et de blé, le gruau d'avoine et le son. Chacune des catégories « céréales (maïs, blé et seigle) », « aliments particuliers destinés aux nourrissons et enfants en bas âge à base de céréales » et « céréales pour petit-déjeuner » représente environ 10 % du nombre total d'analyses.

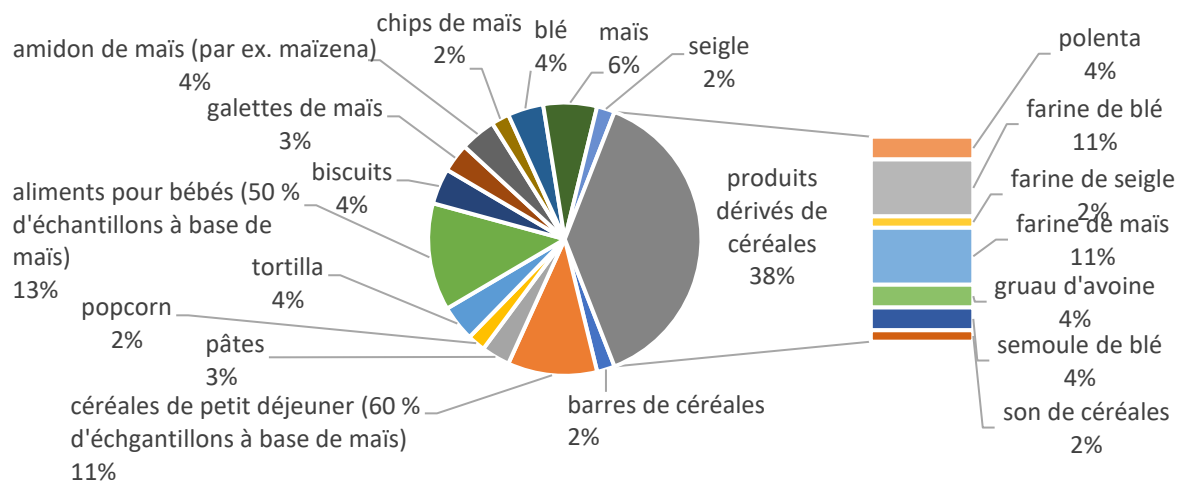


Figure 7. Aperçu des analyses de la somme des fumonisines B₁ et B₂ dans les denrées alimentaires programmées pour 2021

Le Comité estime que la proportion relative des analyses du maïs et des produits à base de maïs devrait être augmentée car les moisissures *Fusarium* qui produisent des FBs colonisent principalement cette culture. Les analyses des autres céréales et des produits à base de ces autres céréales peuvent être supprimées, à l'exception du blé, qui peut encore faire l'objet d'un suivi limité. Malgré le fait que les principales moisissures productrices de FBs ne sont pas des pathogènes de cette céréale, la présence de FB dans le blé est rapportée de manière occasionnelle (Cendoya *et al.*, 2018).

Comme pour les autres mycotoxines, la mouture des céréales entraîne une redistribution des FBs, avec des niveaux généralement deux à quatre fois plus élevés dans le germe et le son que dans le grain de maïs entier. La mouture conduit à une concentration élevée dans la semoule de maïs (EFSA, 2018a ; Anses, 2009). Les FBs sont également thermostables et peuvent donc se retrouver dans des aliments transformés à base de maïs comme la polenta (Anses, 2009).

En revanche, les FBs sont des composés hautement polaires et solubles dans l'eau (EFSA, 2018a). Lors de la fabrication de l'amidon de maïs, les toxines éventuellement présentes dans la matière première

sont éliminées par lavage de l'amidon après le processus de séparation, faisant de l'amidon de maïs une matrice moins pertinente à analyser.

b) Aliments pour animaux

La Recommandation 2006/576/CE fournit des teneurs maximales recommandées pour la somme de FB₁ et FB₂ dans les matières premières des aliments pour animaux à base de maïs et dans les aliments composés pour animaux, allant de 5 à 60 mg/kg (pour un taux d'humidité de 12 %). Ces valeurs recommandées sont appliquées par l'AFSCA en tant que limites d'action (AFSCA, 2020).

Comme pour les denrées alimentaires, la fréquence de notification de la somme de FB₁ et FB₂ dans les aliments pour animaux sur base des résultats de contrôle de l'AFSCA pour la période 2010-2019 est plutôt élevée. Pour 48 % des échantillons (sur un total de 1 652), un niveau supérieur à la LOR a été rapporté (différentes valeurs de LOR selon la matrice considérée et le laboratoire d'analyse) (annexe 3). Aucune non-conformité n'a été signalée.

Sur la base de ces résultats, on observe entre 2010 et 2019 une diminution de la teneur en FB₁ + FB₂ dans les aliments complets et une augmentation dans les matières premières pour l'alimentation animale, à savoir les céréales et, les produits et sous-produits des céréales. Étant donné que ce dernier groupe contient une variété de types de céréales et, de produits et sous-produits de céréales, et que les résultats par type de produit sont insuffisants, il n'est pas possible de préciser davantage les tendances possibles au sein de ce groupe de produits. En outre, l'analyse et l'observation des tendances sont entravées par le fait qu'après 2014, une LOR plus élevée pour la somme de FB₁ et FB₂ a été appliquée pour plusieurs matrices (annexe 3).

Pour la programmation 2021 des analyses dans l'alimentation animale, les deux populations suivantes sont considérées : (i) les matières premières, et (ii) les aliments composés destinés spécifiquement aux porcs et aux chevaux (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Les analyses des matières premières ne concernent que le maïs et les produits dérivés du maïs.

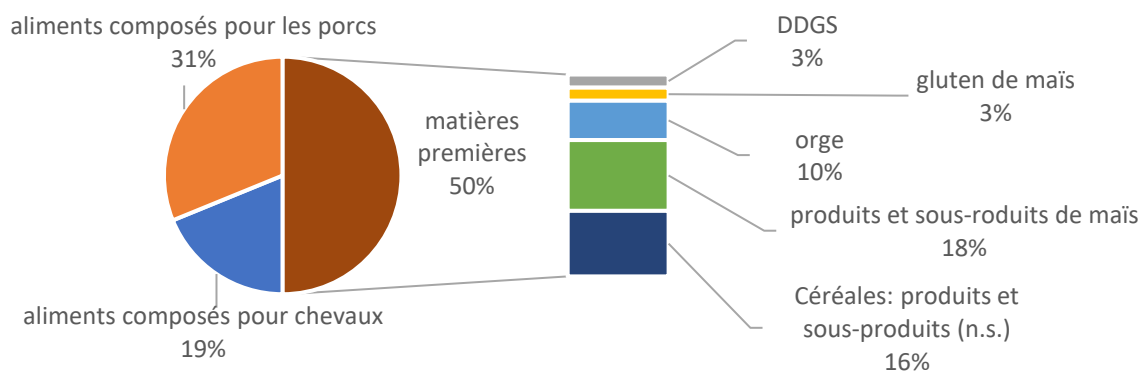


Figure 8. Aperçu des analyses de la somme des fumonisines B1 et B2 dans les aliments pour animaux programmés en 2021 (n.s. : non spécifié ; DDGS : distiller's dried grains solubles)

Les ruminants sont considérés comme moins sensibles aux FBs que les chevaux et les porcs (EFSA, 2018b). Les quelques données disponibles indiquent une biodisponibilité orale très limitée de la FB chez les ruminants, les porcs et la volaille, et une biotransformation en FB (partiellement) hydrolysée chez les ruminants et les porcs. L'excrétion dans le lait n'a été étudiée et documentée que chez les vaches. Le transfert de l'alimentation au lait ('carry-over') se situe entre 0 et 0,05 % (Fink-Gremmels,

2008). Le transfert des FBs des aliments pour animaux vers les tissus et produits animaux semble être généralement limité (EFSA, 2018b).

Les ruminants étant moins sensibles aux FBs que les chevaux et les porcs, le Comité convient de concentrer les analyses des aliments composés sur les aliments pour chevaux et porcs. Bien que les chevaux semblent être les espèces animales les plus sensibles, le Comité n'émet pas non plus de remarque quant à la proportion d'analyses programmées d'aliments composés pour porcs et pour chevaux, étant donné que les aliments composés pour porcs ont une part de marché plus importante.

4.1.4. Claviceps purpurea (ergot du seigle) et alcaloïdes de l'ergot

Les alcaloïdes de l'ergot sont des mycotoxines produites principalement par plusieurs espèces de moisissures du genre *Claviceps*. En Europe, *Claviceps purpurea* est l'espèce la plus répandue. La moisissure est principalement associée au seigle, où elle forme des sclérotés dans l'inflorescence. Les sclérotés sont des corps caractéristiques fait de mycélium, de couleur foncée et en forme de croissant. Outre le seigle, le blé, le triticale, l'orge, l'épeautre, le millet et l'avoine sont également plus ou moins menacés de contamination. Les principaux alcaloïdes de *C. purpurea* sont : ergocristine/ergocristinine, ergotamine/ergotaminine, ergocryptine/ergocryptinine, ergométrine/ergométrine, ergosine/ergosinine, ergocornine/ergo-corninine. L'absence de sclérotés ne peut exclure la présence des alcaloïdes de l'ergot (EFSA, 2017a).

Les techniques mécaniques et autres techniques conventionnelles de traitement industriel des céréales pour le calibrage des semences, le criblage et le triage par couleur peuvent réduire considérablement la teneur en alcaloïdes de l'ergot des céréales par élimination des sclérotés d'ergot du seigle. Les procédés de mouture, en revanche, entraînent une (re)distribution des particules de sclérotés de l'ergot du seigle dans les différentes fractions de mouture, ce qui rend peu utile le contrôle des sclérotés dans la farine de céréales. Au cours du traitement ultérieur des céréales, en particulier lors de la cuisson, la quantité totale d'alcaloïdes de l'ergot du seigle diminue et le rapport entre les formes épimériques en général et les formes -inines se modifie. Comme les formes épimériques ne sont pas stables, les deux formes (-ine et -inine) sont analysées (EFSA, 2012a).

L'ingestion d'alcaloïdes de l'ergot peut entraîner l'ergotisme, également connu sous le nom de « maladie des chatouilles » ou de feu de Saint-Antoine. Les épidémies d'ergotisme étaient fréquentes au Moyen Âge, mais les graves épidémies sont aujourd'hui largement éradiquées grâce à l'amélioration des pratiques agricoles et de meunerie. Les alcaloïdes de l'ergot agissent sur un certain nombre de récepteurs de neurotransmetteurs, en particulier les récepteurs adrénergiques, dopaminergiques et sérotoninergiques. L'interaction des alcaloïdes de l'ergot du seigle avec les récepteurs des neurotransmetteurs peut entraîner des effets aigus et à long terme. La toxicité aiguë se manifeste par des signes de neurotoxicité, notamment l'agitation, le myosis ou la mydriase (c.-à-d. une contraction ou une dilatation de la pupille, respectivement), la faiblesse musculaire, les tremblements (c.-à-d. une contraction involontaire des muscles) et la rigidité. Les informations disponibles sur le potentiel génotoxique et cancérigène des alcaloïdes de l'ergot du seigle indiquent un mécanisme de cancérogénicité non génotoxique (EFSA, 2017a ; EFSA, 2012a).

La présence de sclérotés d'ergot du seigle est contrôlée visuellement (au microscope) par l'AFSCA sur les céréales non transformées destinées à l'alimentation humaine et animale (Figure 9). La présence éventuelle d'alcaloïdes de l'ergot du seigle n'est analysée que dans les denrées alimentaires, plus précisément les produits céréaliers et les produits destinés aux nourrissons et aux jeunes enfants (Figure 10).

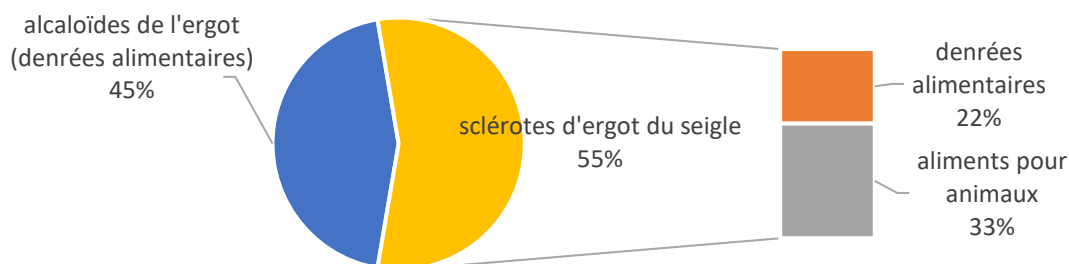


Figure 9. Aperçu des analyses de sclérotas de l'ergot (*Claviceps purpurea* ; contrôle visuel) et des alcaloïdes de l'ergot programmées en 2021

Afin de déterminer le nombre d'analyses de sclérotas à programmer selon la méthodologie utilisée au sein de l'AFSCA (Maudoux *et al.*, 2006), les aliments pour animaux et les denrées alimentaires sont considérés comme une seule population. Bien que les effets potentiels sur la santé des humains et des animaux soient différents, il est défendable de considérer les céréales destinées à l'alimentation humaine et animale comme une seule population, car le risque de contamination de la culture est le même. Cependant, le contrôle visuel des sclérotas dans les céréales est rendu plus difficile par l'évolution des techniques de récolte. Lors du battage, les sclérotas sont fortement fragmentés. Il est donc recommandé de réaliser également des analyses des alcaloïdes de l'ergot du seigle dans les céréales non transformées.

Au niveau européen, il n'existait jusqu'à récemment que des teneurs maximales pour les sclérotas de l'ergot du seigle, mais pas pour les alcaloïdes de l'ergot. Toutefois, la Recommandation 2012/154/UE encourageait la surveillance des alcaloïdes de l'ergot dans les céréales et les produits céréaliers destinés à la consommation humaine ou à l'alimentation animale, dans les pâturages/graminées fourragères destinées à la consommation animale et dans les aliments composés pour animaux et les denrées alimentaires. Le Règlement (UE) 2021/1399¹⁰ récemment publié prévoit des teneurs maximales pour les alcaloïdes de l'ergot (voir ci-après).

a) Denrées alimentaires

En ce qui concerne les denrées alimentaires, le Règlement (CE) n° 1881/2006 prévoit une teneur maximale de 0,5 g/kg pour les sclérotas de l'ergot dans les céréales non transformées autres que le maïs et le riz. En ce qui concerne le contrôle des alcaloïdes de l'ergot, en l'absence de teneurs maximales européennes à l'époque, l'AFSCA appliquait des limites d'action pour l'orge, le blé, l'épeautre, l'avoine et le seigle mis sur le marché pour le consommateur final, leurs produits de mouture et les préparations pour nourrissons à base de céréales (AFSCA, 2020). Dans le Règlement (UE) 2021/1399¹⁰ récemment publié, des teneurs maximales ajustées sont données pour les sclérotas de l'ergot (à savoir de 0,2 à 0,5 µg/kg pour des céréales non transformées), ainsi que des teneurs maximales pour les alcaloïdes de l'ergot (à savoir entre 50 et 500 µg/kg pour les céréales et les produits de la mouture, de 400 µg/kg pour le gluten de blé et de 20 µg/kg pour les préparations à base de céréales destinées aux nourrissons et aux enfants en bas âge).

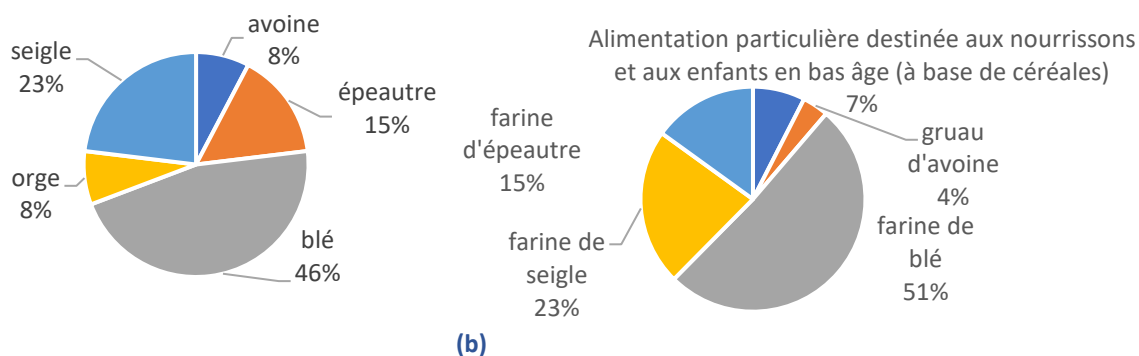
¹⁰ Règlement (UE) 2021/1399 de la Commission du 24 août modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en sclérotas d'ergot et alcaloïdes de l'ergot dans certaines denrées alimentaires

Entre 2010 et 2019, 5 échantillons sur 579 ont été jugés non conformes pour la présence de sclérotés de l'ergot, à savoir 3 échantillons de blé et 2 échantillons de seigle. Dans 146 échantillons (soit 25 %), aucun sclérote n'a été trouvé. Aucune analyse de tendance n'a été effectuée.

Pour les alcaloïdes de l'ergot du seigle, les résultats sont disponibles depuis 2013. Dans 712 (soit 81 %) des 879 échantillons analysés, le niveau était < LOR (LOR entre 2 et 240 µg/kg, selon la matrice et le laboratoire d'analyse). La fréquence de rapportage la plus élevée est observée pour le seigle (une teneur > LOR pour 50 % des 48 échantillons). Sur base des limites d'action de l'AFSCA, 18 échantillons (2 %) étaient non conformes. Cela concernait de la farine de céréales et des céréales de blé, de seigle et d'épeautre (annexe 4).

Bien que des tendances à la baisse de la teneur en alcaloïdes de l'ergot soient statistiquement observées entre 2013 et 2019, elles sont peu pertinentes sur la base de la LOR et de la fréquence de rapportage (annexe 4). Au cours de l'année 2016, la LOR a été considérablement réduite, ce qui affecte l'analyse de tendance. Cette diminution de la LOR explique probablement la fréquence de rapportage plus élevée pour les céréales et les farines de céréales en 2018 et 2019 par rapport aux années précédentes (38-45 % contre 5-23 % pour les céréales et 10-50 % contre 0-34 % pour les farines de céréales). De plus, la LOR est souvent plus élevée que les niveaux rapportés, ce qui peut être dû au fait que la somme de la LOR pour les alcaloïdes individuels est rapportée comme LOR totale dans la base de données.

La Figure 10 montre la répartition des analyses des sclérotés et des alcaloïdes de l'ergot du seigle dans les denrées alimentaires programmées pour 2021. La majorité des analyses de sclérotés sont prévues pour le blé, bien que le seigle soit la culture la plus sensible à la contamination par l'ergot. Le seigle est sensible à la contamination car c'est une espèce à pollinisation croisée. S'il y a moins de pollen ou si le transfert de pollen est limité (par exemple, en cas de fortes pluies) et que la fertilisation est donc plus faible, la moisissure peut en profiter pour infecter l'ovaire et se développer. Toutefois, le seigle est moins consommé que le blé, par exemple. Le blé est autopolinisant, mais plus sensible au gel. Les gelées nocturnes, mais aussi une application trop tardive d'herbicides à base d'hormones ¹¹ (après le stade du 2^e nœud) au printemps, par exemple, peuvent provoquer la stérilité du blé, rendant la culture plus sensible à l'ergot.



¹¹ Ces herbicides perturbent l'équilibre hormonal de la plante, entraînant des perturbations physiologiques et des modifications morphologiques diverses (malformation des organes en croissance, épaissement de la tige, etc) et conduisant au flétrissement et à la mort des plantes.

La plupart des analyses d'alcaloïdes de l'ergot du seigle sont prévues pour la farine de céréales, en particulier la farine de blé, suivie de la farine de seigle. Bien que le seigle soit moins consommé que le blé en Belgique, il est recommandé que le seigle et ses dérivés, c'est-à-dire les préparations à base de seigle (p. ex. pain d'épice) et la farine de céréales (farine de seigle, mélange de plusieurs types de farine contenant du seigle), fassent l'objet d'une part plus importante des analyses. Une étude réalisée entre 2010 et 2011, et portant sur l'analyse de quelque 800 échantillons de céréales destinées à la consommation humaine et à l'alimentation animale a montré que, outre le seigle, le blé est également une matrice pertinente à échantillonner. Dans les aliments pour animaux, les alcaloïdes de l'ergot étaient présents dans 52 % des aliments à base de seigle, dans 34 % des aliments à base de blé et dans 48 % des aliments à base de triticales. Dans les denrées alimentaires, ils ont été retrouvés dans 95 % des denrées à base de seigle et dans 86 % des denrées à base de blé (Di Mavungu *et al.*, 2011).

L'échantillonnage a lieu au niveau de la transformation et de la distribution, y compris dans les circuits courts. L'échantillonnage des produits issus de chaîne courte est utile car on peut supposer que dans ce (sous)secteur les cultures biologiques de variétés anciennes sont plus fréquemment proposées. Il n'existe pas d'indication scientifique selon laquelle les céréales de la filière BIO sont plus susceptibles d'être contaminées par l'ergot que les céréales cultivées conventionnellement, mais les anciennes variétés de céréales sont généralement plus susceptibles d'être contaminées.

b) Aliments pour animaux

Au niveau européen, il existe une teneur maximale de 1 000 mg/kg pour l'ergot du seigle dans les aliments pour animaux contenant des céréales non moulues (Directive 2002/32/CE). Entre 2010 et 2019, des sclérotés de l'ergot ont été trouvés dans 100 (~20 %) des 506 échantillons de céréales (y compris le blé de brasserie) utilisées comme matières premières pour l'alimentation animale. Parmi ceux-ci, 6 échantillons se sont révélés non conformes (5 pour le seigle et 1 pour le triticales).

Entre 2011 et 2016, les niveaux d'alcaloïdes de l'ergot du seigle dans 222 aliments pour animaux, à savoir des céréales, ont été analysés à des fins de surveillance (et non de contrôle, car aucune limite n'était disponible). Dans un cinquième des échantillons, des alcaloïdes de l'ergot du seigle ont été trouvés (annexe 4). D'après les résultats, on observe une augmentation de la teneur en alcaloïdes de l'ergot dans les céréales. Cette augmentation ne peut être attribuée à un type de céréale spécifique en raison du faible nombre de résultats pour les différents types de céréales échantillonnés.

La répartition des analyses de sclérotés de l'ergot du seigle dans les matières premières pour aliments des animaux programmées pour 2021 est présentée dans la Figure 11.

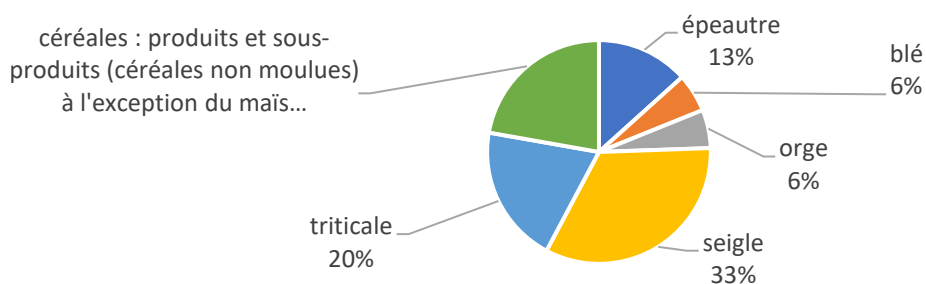


Figure 11. Aperçu des analyses de sclérotés de l'ergot (*Claviceps purpurea* ; contrôle visuel) dans les aliments pour animaux programmées pour 2021

Les animaux sont exposés à l'ergot et aux alcaloïdes de l'ergot du seigle par le biais de rations contenant des grains de céréales, en particulier le seigle, le sorgho et le millet, et leurs sous-produits. Le seigle, le sorgho et le millet ne sont pas largement utilisés comme aliments pour animaux en Europe, bien que dans les régions où ils sont cultivés dans un but commercial, ces céréales soient utilisées plus largement dans les rations alimentaires pour animaux (EFSA, 2012a).

Le Comité n'a pas de remarque sur les analyses programmées des sclérotés dans les aliments pour animaux, mais note que le contrôle de sclérotés n'a de sens que sur des céréales intactes et non sur des produits broyés. Comme indiqué ci-dessus, il est recommandé de réaliser également des analyses des alcaloïdes de l'ergot du seigle dans les céréales non transformées.

4.1.5. Toxines T-2 et HT-2

Les toxines T-2 et HT-2 peuvent être produites par plusieurs espèces de *Fusarium*, telles que *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae*, *F. poae* et *F. acuminatum*. En général, les moisissures *Fusarium* contaminent les cultures et peuvent produire des toxines T-2 et HT-2 dans des conditions humides et froides, même avant la récolte. Les T-2 et HT-2 se trouvent principalement dans les grains de céréales (en particulier l'avoine) et les produits dérivés (EFSA, 2011a ; Anses, 2009). Les produits végétaux constituent la principale voie d'exposition pour l'homme et l'animal. Il n'existe aucune preuve de l'accumulation de ces toxines dans des tissus spécifiques d'animaux nourris avec des aliments contaminés par la T-2 et la HT-2 et l'exposition humaine via la consommation de produits animaux est considérée comme négligeable à improbable (EFSA, 2011a).

La toxine HT-2 est un métabolite de la toxine T-2 formé par l'hydrolyse du groupe 4-acétoxy de la toxine T-2. La toxine HT-2 se forme dans les moisissures, les plantes et les animaux. Les toxines T-2 et HT-2 peuvent être transformées en une forme modifiée (métabolites de phase I et de phase II). Lors de la digestion d'un aliment contaminé, les toxines T-2 et HT-2 peuvent être libérées à partir de ces formes modifiées (EFSA, 2017b). Il existe peu de données sur la présence de ces formes modifiées dans les aliments, mais les produits céréaliers semblent en être la principale source. Dans les quelques échantillons dans lesquels elles ont été analysées et observées, la proportion des formes modifiées par rapport aux composés originaux respectifs variait considérablement (EFSA, 2017b).

La toxine T-2 a des propriétés cytotoxiques, immunotoxiques et hématotoxiques et peut provoquer des maladies chroniques chez les humains et les animaux. La toxine T-2 étant rapidement métabolisée en toxine HT-2 après ingestion, les deux toxines sont considérées comme également toxiques.

Le principal effet de la toxine T-2 est l'inhibition de la synthèse des protéines, mais aussi (à des doses plus élevées) l'inhibition de la synthèse de l'ARN et de l'ADN. Il y a des indications que la toxine induit l'apoptose (mort cellulaire) et la nécrose de certains tissus, ainsi que la peroxydation lipidique qui affecte l'intégrité de la membrane cellulaire. La toxine T-2 affecte également le système hématopoïétique et immunitaire par une diminution de la production de leucocytes, d'érythrocytes et de plaquettes et une réduction des lymphocytes (EFSA, 2017b & 2011a).

En l'absence de données, l'IARC a classé les toxines T-2 et HT-2 dans le groupe 3, c'est-à-dire non classables en termes de cancérogénicité pour l'homme (IARC, 1993).

L'AFSCA analyse les toxines T-2 et HT-2 dans les denrées alimentaires ainsi que dans les aliments pour animaux. Le programme d'analyses 2021 de l'AFSCA prévoit 195 analyses de ces toxines, dont 39 % sont effectuées dans les aliments pour animaux et 61 % dans les denrées alimentaires.

a) Denrées alimentaires

La Recommandation 2013/165/UE fournit des valeurs indicatives pour la somme des T-2 et HT-2 dans les céréales et les produits céréaliers. Les valeurs indicatives données pour l'avoine (200 µg/kg), le maïs (100 µg/kg) et les autres céréales (50 µg/kg), pour le son et les flocons d'avoine (200 µg/kg), pour le son des autres céréales (100 µg/kg), pour les produits de mouture d'avoine et de maïs (100 µg/kg), et pour les produits de mouture des autres céréales (50 µg/kg), sont appliquées par l'AFSCA comme limites d'action (AFSCA, 2020).

Entre 2010 et 2019, 1 241 échantillons ont été analysés par l'AFSCA pour la présence de la toxine T-2 et HT-2 (annexe 5). Aucune non-conformité n'a été signalée. La toxine T-2 n'a été trouvée que dans 81 échantillons (7 %) et la toxine HT-2 dans 76 échantillons (6 %) à un niveau supérieur à la LOR (entre 0,5 et 25 µg/kg, selon la denrée alimentaire et le laboratoire déclarant). Toutefois, comme l'indique également l'avis SciCom 20-2018 (SciCom, 2018), les limites de rapportage fluctuent dans le temps, en fonction du laboratoire d'analyse. Cette variation de la LOR complique l'analyse de tendance. Aucune tendance pertinente n'a été observée.

L'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA, European Food Safety Authority) a recueilli les résultats rapportés entre 2011 et 2016 dans 20 pays européens (EFSA, 2017c). L'ensemble des données était caractérisé par une forte proportion de données censurées à gauche (environ 90 % des résultats < LOR). Les concentrations les plus élevées pour la somme de T-2 et HT-2 ont été rapportées pour les céréales et les produits céréaliers, en particulier pour les produits constitués d'avoine ou à base d'avoine (moyenne de 127-128 µg/kg, LB-UB¹², dans l'avoine et de 13,9-16,5 µg/kg, LB-UB, dans les flocons d'avoine pour la somme de T-2 et HT-2). Aucune toxine T-2 ou HT-2 n'a été trouvée dans l'épeautre, le riz, le seigle, le millet et le sarrasin. Des teneurs moyennes de la somme de T-2 et HT-2 de 40,3-52,5 µg/kg (LB-UB) et de 1,3-35,8 µg/kg (LB-UB) ont été rapportées dans le maïs et le blé, respectivement. La présence de T-2 et de HT-2 n'a été signalée que sporadiquement dans les aliments non céréaliers (légumineuses, graisses et huiles, par exemple). Enfin, des niveaux élevés de toxines T-2 et HT-2 ont été signalés dans des compléments alimentaires spécifiques contenant des extraits de plantes¹³ (moyenne de 592-594 µg/kg, LB-UB, pour la somme de T-2 et HT-2). Toutefois, il s'agissait d'un faible nombre de données provenant d'un seul fournisseur de données (EFSA, 2017c).

La transformation, en particulier le décorticage des grains de céréales, peut conduire à une réduction globale marquée des niveaux de toxines T-2 et HT-2. Des réductions allant jusqu'à 98 % des toxines de *Fusarium*, y compris de la concentration de T-2 et HT-2 dans les produits finaux (par exemple les flocons d'avoine) par rapport aux grains d'origine ont été rapportées dans la littérature. La T-2 et la HT-2 seraient relativement stables à la cuisson (y inclus au four) (EFSA, 2017c).

Un aperçu des analyses programmées pour les denrées alimentaires en 2021 est donné dans la figure ci-dessous (Figure 12). Les toxines T-2 et HT-2 ont été analysées dans les mêmes échantillons.

¹² LB (lower bound) : une valeur égale à 0 est attribuée aux résultats < LOR ; UB (upper bound) : une valeur égale à la LOR est attribuée aux résultats < LOR

¹³ aucune spécification de l'extrait de la plante n'est disponible

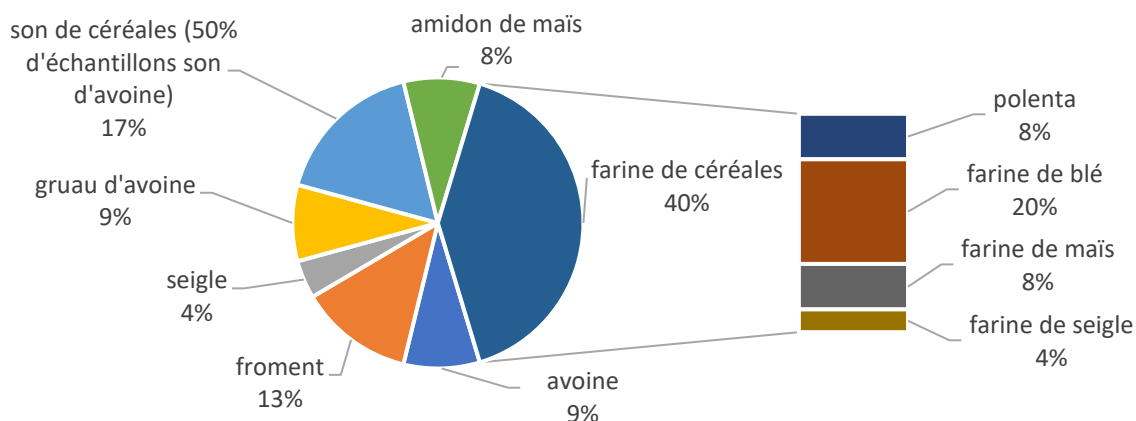


Figure 12. Aperçu des analyses programmées en 2021 pour les toxines T-2 et HT-2 dans les denrées alimentaires

La majeure partie des analyses programmées concerne la farine de céréales, suivie du son. Le Comité recommande de programmer davantage d'analyses de l'avoine et de l'orge et des produits dérivés de ces céréales, tels que les flocons d'avoine et la farine, mais aussi, notamment, les boissons végétales à base d'avoine et d'orge (liquides ou en poudre). Les analyses du blé, du seigle, du maïs et de leurs dérivés sont moins pertinentes. Comme pour les FBs (voir 4.1.3), les analyses des toxines T-2 et HT-2 dans l'amidon de maïs peuvent être supprimées.

b) Aliments pour animaux

Comme pour les denrées alimentaires, la Recommandation 2013/165/UE fournit des valeurs indicatives pour la somme de T-2 et HT-2 entre 0,25 et 2 mg/kg (à un taux d'humidité de 12 %) dans certaines matières premières destinées à l'alimentation animale. Celles-ci ont été adoptées par l'AFSCA comme limites d'action à appliquer (AFSCA, 2020).

Les analyses des toxines T-2 et HT-2 réalisées par l'AFSCA entre 2010 et 2019 concernaient les céréales et, leurs produits et sous-produits utilisés comme matières premières pour l'alimentation animale. La T-2 a été trouvée dans 60 (14 %) des 417 échantillons analysés et la HT-2 dans 77 échantillons (18 %) (annexe 5). Les toxines T-2 et HT-2 ont été trouvées le plus fréquemment dans l'avoine, suivi par les DDGS. Cependant, c'est le maïs qui a été le plus fréquemment échantillonné.

Entre 2010 et 2019, une augmentation du niveau de T-2 et de HT-2 est observée pour l'ensemble de la catégorie des céréales, produits céréaliers et sous-produits céréaliers, et spécifiquement pour le DDGS. Aucune non-conformité n'a été signalée pour la somme de T-2 et HT-2.

Pour les aliments pour animaux, l'ensemble des données européennes 2011-2016 de l'EFSA était caractérisé par un pourcentage élevé de données censurées à gauche (environ 90 % des résultats < LOR) (EFSA, 2017c). La majorité des données concernaient les céréales et, leurs produits et sous-produits. Dans cette catégorie, les niveaux moyens les plus élevés ont été observés pour l'avoine (concentration moyenne de 401 µg/kg). Des résultats étaient également disponibles pour la paille, les céréales mélangées, les graines de tournesol, l'herbe (séchée au champ), l'ensilage de maïs, l'orge, le maïs, les aliments complémentaires, le lait écrémé, le seigle, les aliments complets, les graines de coton, le soja grillé, le blé et le triticale, mais les concentrations moyennes dans ces produits étaient assez faibles (concentrations moyennes comprises entre 0,7 µg/kg dans le triticale et 16,9 µg/kg dans la paille).

Les analyses programmées en 2021 concernent toutes les matières premières pour l'alimentation animale (Figure 13).

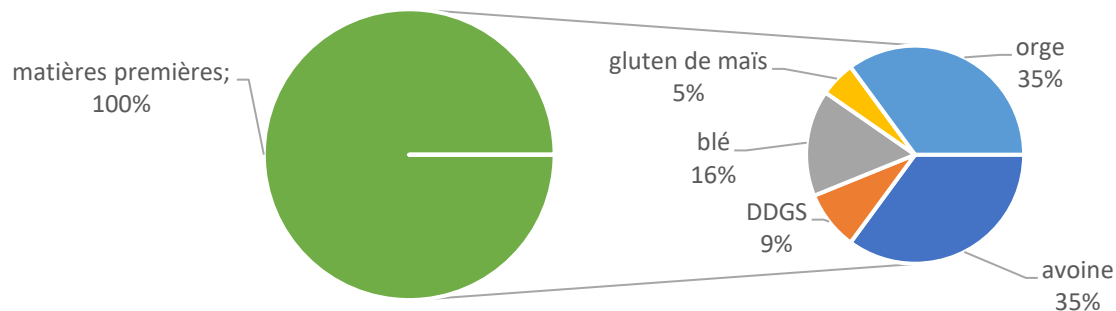


Figure 13. Aperçu des analyses des toxines T-2 et HT-2 dans les aliments des animaux programmées en 2021 (DDGS : distiller's dried grains solubles)

Comme les contaminations T-2 et HT-2 paraissent affecter principalement l'avoine, il est recommandé de concentrer les analyses sur cette culture. Les analyses de gluten de maïs pourraient être annulées et la proportion des analyses de blé réduite à, par exemple, 5 %.

4.1.6. Déoxynivalénol

Le déoxynivalénol (DON) est principalement produit par *Fusarium graminearum* et *F. culmorum*. Ces moisissures infectent les cultures de céréales dans les champs, surtout pendant la floraison et de préférence dans les climats tempérés comme l'Europe. L'infection des cultures est favorisée par une forte humidité au moment de la floraison (EFSA, 2017d).

Le DON se trouve principalement dans les céréales telles que le blé, l'orge, l'avoine, le seigle et le maïs. Les concentrations de DON semblent être généralement au même niveau ou légèrement inférieures dans les céréales produites biologiquement par rapport aux céréales produites conventionnellement (EFSA, 2017d). Les données disponibles sur les vaches laitières, les porcs et les volailles montrent que le transfert du DON des aliments pour animaux vers les denrées alimentaires d'origine animale est très faible et que, par conséquent, les denrées alimentaires ne sont pas susceptibles de contribuer de manière significative à l'exposition au DON (EFSA, 2017d).

Sur le plan chimique, le DON appartient, comme les toxines T-2 et HT-2, au groupe des trichothécènes, qui sont des composés généralement très stables. Le DON est, dans une certaine mesure, résistant au traitement thermique, c'est pourquoi on peut le trouver dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux à base de céréales prêtes à la consommation (EFSA, 2017d).

La mycotoxine peut être présente avec ses dérivés acétylés, le 3-acétyldéoxynivalénol (3-Ac-DON), le 15-acétyldéoxynivalénol (15-Ac-DON) et le 3,15-diacétyldéoxynivalénol (3,15-Ac-DON). Comme le DON, les formes acétylées sont produites comme métabolites secondaires toxiques par des moisissures telles que *F. graminearum* et *F. culmorum* et sont donc considérées comme des mycotoxines libres ou non modifiées. Elles sont présentes à des concentrations beaucoup plus faibles que le DON (EFSA, 2017d).

Les plantes contaminées, en fonction de facteurs génétiques et environnementaux, peuvent glycosyler le DON en une forme 'modifiée' qui n'est pas toxique pour la plante. Par exemple, le DON-3-glucoside, le principal métabolite végétal du DON, a été trouvé dans les céréales et les produits à base de céréales. Le DON-3-glucoside pourrait être converti en DON dans le tractus gastro-intestinal de l'animal ou du consommateur et contribuer ainsi à son exposition (EFSA, 2017d).

L'ingestion d'aliments fortement contaminés par les animaux peut entraîner des symptômes gastro-intestinaux aigus tels que des vomissements, un refus de s'alimenter et une diarrhée sanglante. En raison de sa capacité à provoquer des vomissements aigus, le DON est également connu sous le nom de 'vomitoxine'. Les effets les plus courants de l'exposition à long terme des animaux au DON via l'alimentation sont un arrêt de prise de poids et l'anorexie (EFSA, 2017d).

Chez l'homme, l'ingestion aiguë d'aliments contaminés s'accompagne de symptômes gastro-intestinaux tels que nausées, vomissements, diarrhées et douleurs abdominales, ainsi que de maux de tête, de vertiges, de fièvre et, dans les cas graves, de selles sanglantes (EFSA, 2017d).

Le DON affecte la réponse immunitaire, ce qui peut entraîner une susceptibilité accrue aux infections. Des études sur les effets subchroniques sur des souris et des animaux de ferme montrent que l'exposition au DON entraîne une augmentation de l'immunoglobuline A (IgA) dans le plasma. Une toxicité pour le développement et la reproduction a également été démontrée chez les animaux de laboratoire lorsqu'ils sont exposés au DON, notamment une fertilité réduite, une embryotoxicité, des anomalies squelettiques, des effets sur le poids corporel et le poids relatif de l'épididyme et une mortalité postnatale (EFSA, 2017d).

Les données *in vitro* indiquent des propriétés génotoxiques du DON, mais les données *in vivo* disponibles ne sont pas concluantes. On peut supposer que le stress oxydatif joue un rôle dans le mécanisme de génotoxicité plutôt qu'une interaction directe du DON avec l'ADN cellulaire (EFSA, 2017d). En l'absence de preuves expérimentales ou épidémiologiques de propriétés mutagènes et/ou cancérogènes, le DON a été classé par l'IARC dans le groupe 3, c'est-à-dire non classable en termes de cancérogénicité pour l'homme (IARC, 1993).

Dans le programme d'analyses 2021, 263 analyses sont prévues, dont 59 % dans les denrées alimentaires et 41 % dans les aliments pour animaux.

a) Denrées alimentaires

Le Règlement (CE) n° 1881/2006 prévoit des niveaux maximaux pour le DON dans les céréales, les pâtes, le pain, les aliments pour bébés et différentes fractions de mouture du maïs allant de 200 à 1 750 µg/kg.

Entre 2010 et 2019, seuls 6 échantillons sur les 1 934 échantillons analysés dans le cadre du plan de contrôle ont été jugés non conformes (2 pour des farines de céréales, 2 pour des céréales pour petit-déjeuner, 1 pour du popcorn et 1 pour des aliments pour bébés à base de céréales). Dans 1 643 échantillons (soit 85 %), une concentration < LOR a été rapportée (LOR variant entre 20 et 360 µg/kg, selon la denrée alimentaire et le laboratoire déclarant). Compte tenu du nombre de résultats et de la fréquence de rapportage, aucune tendance pertinente n'a été observée (annexe 6).

La figure ci-dessous (Figure 14) montre la répartition des analyses de DON dans les denrées alimentaires programmées par l'AFSCA pour 2021. La plupart des analyses concernent la farine de céréales (farine de blé et de maïs, polenta), suivie par les aliments pour bébé à base de céréales.

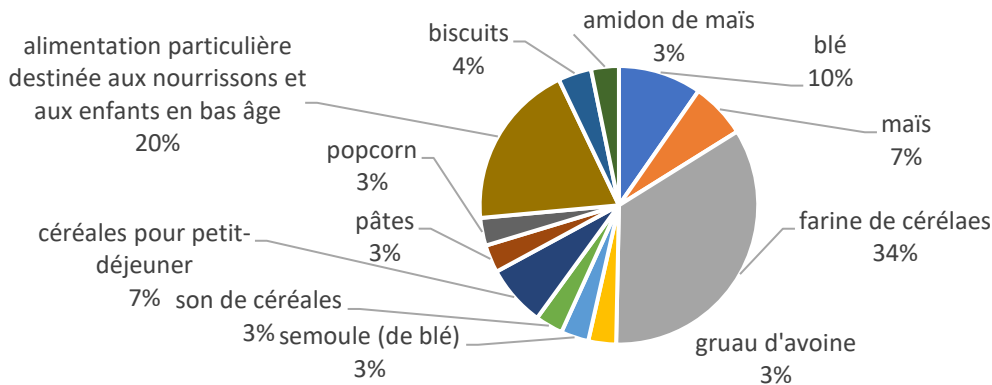


Figure 14. Aperçu des analyses de déoxynivalénol dans les denrées alimentaires programmées en 2021

Le Comité recommande qu'en plus de l'analyse du blé et du maïs, des analyses du seigle et de l'avoine soient également programmées. Comme pour l'OTA, le Comité recommande que le DON soit analysé dans le pain fraîchement cuit et produit industriellement, qui est, par exemple, typiquement vendu dans les supermarchés. Les céréales et les produits à base de céréales, en particulier le pain et les petits pains, les pâtisseries et les pâtes sont considérés comme les principaux responsables de l'ingestion chronique de DON. On suppose que leur contribution à l'ingestion est principalement due à une consommation élevée de ces aliments (EFSA, 2017d). Les produits de mouture des céréales et les céréales pour petit-déjeuner constituent d'autres sources importantes d'ingestion (EFSA, 2017d). Comme le DON est principalement attaché à l'enveloppe extérieure du grain de céréale, le nettoyage, le tri, le tamisage et le décorticage des grains de céréale entraînent une augmentation marquée de ces toxines dans les sous-produits des céréales, tels que le son. Par conséquent, il est important d'échantillonner principalement des produits à base de grains entiers (pain, biscuits, etc.), non seulement en ce qui concerne l'analyse du DON mais aussi en ce qui concerne l'analyse d'autres mycotoxines. Dans le contexte des nouveaux modes de consommation, il convient également d'accorder une attention suffisante à l'échantillonnage des produits de meunerie commercialisés par les circuits courts. Ce point d'attention ne concerne pas seulement les denrées alimentaires mais aussi les aliments pour animaux.

Le DON est soluble dans l'eau, il est donc partiellement éliminé lors de la cuisson des pâtes (EFSA, 2017d). Le DON sera également éliminé par lavage lors de la fabrication de l'amidon de maïs, de sorte que les analyses de DON, comme les analyses de FB (voir 4.1.3), dans l'amidon de maïs sont peu pertinentes et peuvent être abandonnées.

b) Aliments pour animaux

La Directive 2002/32/CE ne prévoit pas de niveaux maximaux pour le DON dans les aliments pour animaux. Le DON est toutefois réglementé par la Recommandation 2006/576/CE, dans laquelle des teneurs maximales recommandées sont données pour le DON dans les céréales et les sous-produits céréaliers destinés à l'alimentation animale et dans les aliments composés pour animaux. Ces valeurs indicatives sont appliquées par l'AFSCA comme limites d'action (AFSCA, 2020). Ces limites d'action varient de 0,9 mg/kg à 5 mg/kg pour les aliments composés pour animaux, et sont de 12 mg/kg pour les sous-produits du maïs et de 8 mg/kg pour les céréales et les sous-produits des céréales autres que les sous-produits du maïs (pour un taux d'humidité de 12 %).

Entre 2010 et 2019, le DON a été retrouvé relativement fréquemment dans les aliments pour animaux testés, à savoir dans 606 (soit 52 %) des 1 167 échantillons (annexe 6). Six échantillons ont été jugés non conformes (5 aliments complets et 1 aliment complémentaire). Une tendance à la hausse du

niveau de DON dans les aliments complets pour animaux est observée. Une tendance à la hausse est également observée pour le blé utilisé comme matière première pour l'alimentation animale. Il convient toutefois de noter qu'à partir de 2015, moins d'échantillons de blé ont été analysés et qu'une valeur de LOR plus élevée a été appliquée (c'est-à-dire 0,20 mg/kg par rapport à 0,15 mg/kg avant 2015).

Dans le programme d'analyses 2021, la plupart des analyses dans les aliments pour animaux sont prévues pour les aliments composés (67 %) (Figure 15). Une distinction est faite ici entre les aliments composés pour truies et les aliments composés pour volailles.

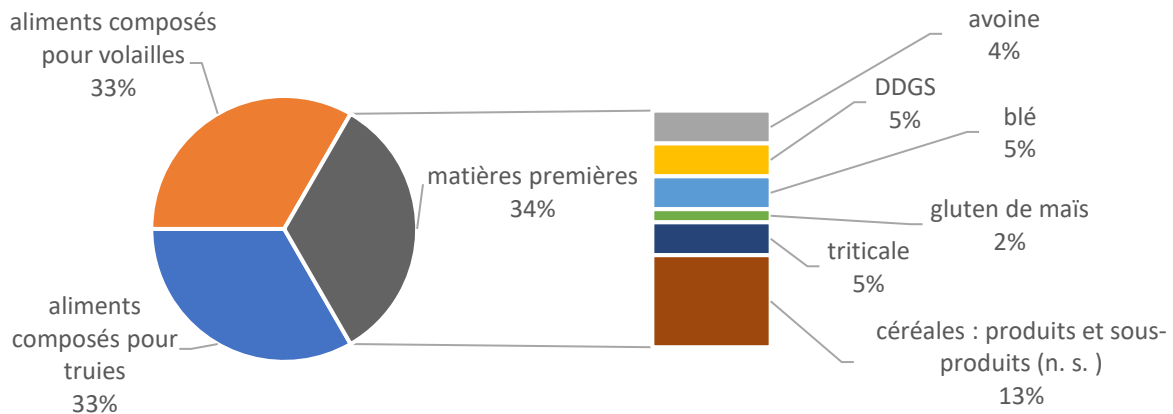


Figure 15. Aperçu des analyses du déoxynivalénol dans les aliments pour animaux programmées en 2021 (n.s. : non spécifié ; DDGS : distiller's dried grains solubles)

L'absorption intestinale totale et le métabolisme du DON varient considérablement entre les différents types d'animaux d'élevage, ce qui peut être lié à une différence dans les segments intestinaux successifs, le pH et l'activité des bactéries intestinales. La localisation des zones à forte teneur en bactéries chez les animaux polygastriques (par exemple, les ruminants) et les oiseaux (par exemple, la volaille) diffère de celle des animaux monogastriques (par exemple, les porcs). Pour le premier groupe d'animaux, c'est avant et après l'intestin grêle, alors que pour les monogastriques, c'est seulement après l'intestin grêle, en particulier dans le gros intestin, que se situent ces zones.

Chez les vaches, le DON est presque entièrement métabolisé par la flore ruménale en dé-époxy-DON (DOM-1), un métabolite non toxique, et seules des quantités mineures de DON pénètrent dans la circulation sanguine (< 1 %). Toutefois, la toxicocinétique peut être différente chez les ruminants atteints d'acidose ou chez les jeunes animaux tels que les veaux, chez qui le système de rumination n'est pas encore totalement fonctionnel et le DON est donc métabolisé de manière plus restreinte (Debevere *et al.*, 2020 ; EFSA, 2017d) (voir également 4.1.1).

Chez la volaille également, on observe une faible absorption plasmatique du DON, jusqu'à 10 %, ainsi qu'une métabolisation et une clarification rapides du plasma. La transmission du DON depuis l'alimentation des poulets vers les produits dérivés (par ex. œufs, viande) n'a pas été détectée dans le projet RT 09/6211 MYCOTOXPLUIM (« Détection des mycotoxines du *Fusarium* et transmission aux animaux et aux humains : la volaille comme étude de cas »¹⁴) (Tangni *et al.*, 2020).

Les porcs sont les plus sensibles à l'exposition au DON. Contrairement aux ruminants, les porcs ne métabolisent que faiblement le DON. Bien que le DON puisse être époxydé en DOM-1 par la flore

¹⁴ Financé par la Recherche Contractuelle - SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement, effectué par ILVO - Sciensano.

gastro-intestinale, l'absorption du DON est généralement élevée (48-65 %). Le DON est distribué dans les différents organes, mais aussi rapidement excrété dans l'urine, partiellement conjugué à l'acide glucuronique. En général, le transfert du DON des aliments aux tissus comestibles des porcs est plutôt faible, avec des taux de transfert d'environ 0,43 % et 0,12 % pour les muscles et le lard dorsal respectivement (EFSA, 2017d).

Le Comité recommande d'analyser non seulement les aliments composés destinés aux truies, mais aussi les aliments composés destinés aux porcs d'engraissement. En outre, l'analyse de l'ensilage est également recommandée. Le programme d'analyses comprend déjà l'analyse de l'AF B₁ dans l'ensilage. La présence d'autres mycotoxines importantes, comme le DON, peut être vérifiée par une méthode d'analyse multi-mycotoxines. Une étude où 56 échantillons d'ensilage de maïs ont été prélevés en Flandre sur une période de 3 ans (2016-2018) et analysés pour 22 mycotoxines différentes, a montré que chaque ensilage de maïs contenait au moins deux mycotoxines différentes. Le DON et le nivalénol étaient les plus courants (tous deux présents dans 97,7 % de l'ensilage de maïs), suivis de l'enniatine B (88,7 %). Les concentrations dans l'ensilage ont souvent dépassé les recommandations de l'UE¹⁵ pour le DON et la zéaralénone (ZEN), notamment en 2017 (21,3 % et 27,7 % de l'ensilage de maïs, respectivement). Une analyse plus poussée a montré que la concentration moyenne de mycotoxines diminuait après la fermentation, probablement parce qu'elles éluent, se dégradent ou sont adsorbées (par exemple par les bactéries lactiques). Cependant, les ensilages mal conservés sont susceptibles de produire des mycotoxines supplémentaires par l'entrée d'oxygène, ce qui peut conduire à des niveaux de toxines extrêmement élevés (Vandicke *et al.*, 2021).

4.1.7. Zéaralénone

La zéaralénone (ZEN) est produite par plusieurs moisissures *Fusarium*, *F. graminearum* et *F. culmorum* en particulier. On la trouve principalement dans le maïs, mais elle peut aussi être présente dans d'autres cultures comme le blé ou l'orge, le sorgho et le seigle. En général, les moisissures *Fusarium* infestent les cultures dans des conditions de champ humide et frais. Sur la base de données limitées, il semble que la culture biologique ne serait pas plus contaminée que la culture conventionnelle (EFSA, 2011b).

La ZEN peut être modifiée dans les plantes, les moisissures et les animaux par métabolisation, qui conduit principalement à la formation de métabolites réduits, tels que l' α - et le β -zéaralénol (α - et β -ZEL), et dans une moindre mesure à la zéaralanone (ZAN) et l' α - et le β -zéaralanol (α -et β -ZAL). L'apparition de formes modifiées de ZEN est également possible par conjugaison de ZEN ou de ses métabolites avec du glucose, du sulfate ou de l'acide glucuronique, entre autres.

Outre ces modifications biologiques, la ZEN peut subir des modifications chimiques dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux, principalement en raison de réactions non thermiques, telles qu'une E/Z-isomérisation sous l'effet de la lumière du soleil (EFSA, 2017e).

La toxicité aiguë de la ZEN est faible. La principale activité biologique de la ZEN est son activité œstrogénique, c'est-à-dire sa capacité à se comporter comme l'hormone sexuelle stéroïde endogène 17- β -œstradiol, ce qui lui permet de se lier aux récepteurs des œstrogènes. Non seulement la ZEN elle-

¹⁵ 2 mg/kg pour le DON (aliments complémentaires et complets pour veaux < 4 mois) ; 0,5 mg/kg pour la ZEN (aliments complémentaires et complets pour veaux et vaches laitières) ; 20 mg/kg pour FB1 + FB2 (veaux < 4 mois) ; 0,25 mg/kg pour la toxine T-2 (aliments composés) (Recommandation 2006/576/CE ; Recommandation 2013/165/UE).

même, mais aussi ses formes modifiées présentent une activité œstrogénique (EFSA, 2016a). Sur la base de leur activité utéro-trophique¹⁶, évaluée chez les rongeurs, la ZEN et ses formes modifiées sont classées comme suit : α -ZEL > α -ZAL > ZEN \approx ZAN \approx β -ZAL > β -ZEL (EFSA, 2017e). Le pouvoir œstrogénique relatif de l' α -ZEL est environ 60 fois supérieur à celui de la ZEN (EFSA, 2016a), ce qui indique l'importance d'analyser la présence éventuelle de l' α -ZEL dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux, en plus de la ZEN.

L'IARC classe la ZEN dans le groupe 3, c'est-à-dire comme non classable en termes de cancérogénicité pour l'homme (IARC, 1993).

La ZEN et ses formes modifiées sont rapidement absorbées par les animaux exposés, distribuées dans plusieurs organes et rapidement excrétées, principalement par voie biliaire sous forme de glucuronides ; une circulation entéro-hépatique¹⁷ active a été démontrée. La ZEN et ses formes modifiées peuvent être excrétées par le lait et les œufs. Cependant, il existe peu de données sur la présence de ZEN et de ses formes modifiées dans les aliments d'origine animale (EFSA, 2017e).

Le programme d'analyses 2021 prévoit 211 analyses, réparties à peu près également entre les denrées alimentaires (49 %) et les aliments pour animaux (51 %).

a) Denrées alimentaires

Le Règlement (CE) n° 1881/2006 établit des teneurs maximales de ZEN comprises entre 20 et 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour les céréales et le maïs non transformés et destinés à la consommation directe, l'huile de maïs raffinée, le pain, les fractions de mouture du maïs et les aliments pour bébés.

La fréquence de rapportage pour la ZEN dans les denrées alimentaires contrôlées par l'AFSCA entre 2010 et 2019 est relativement faible ; dans 108 (ou 11 %) des 984 échantillons analysés, un niveau > LOR a été rapporté (LOR entre 5 et 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ selon la matrice échantillonnée et le laboratoire rapporteur). Une exception est l'huile de maïs, où la ZEN a été trouvée dans 56 (ou 78 %) des 72 échantillons analysés (LOR entre 10 et 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (annexe 7). En raison de la faible fréquence de rapportage dans la majorité des aliments analysés, aucune tendance pertinente ne peut être observée. Aucune non-conformité n'a été signalée entre 2010 et 2019 non plus.

D'après des données européennes (2005-2010), les concentrations les plus élevées de ZEN ont été signalées pour le son de blé, le maïs et les produits dérivés (par exemple, la farine de maïs, les cornflakes). L'huile de germe de maïs (également appelée huile de maïs) peut également contenir des concentrations élevées de ZEN (moyenne de 90 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (EFSA, 2011b).

La figure ci-dessous (Figure 16) montre la répartition des analyses de ZEN dans les denrées alimentaires programmées pour 2021. Un peu plus de la moitié (56 %) des analyses programmées concernent le maïs et les produits à base de maïs. La majorité des analyses concerne la farine de céréales (polenta, farine de maïs et de blé), suivie par les aliments à base de céréales pour les nourrissons et les jeunes enfants.

¹⁶ C'est-à-dire qu'elle a une influence positive sur la croissance des tissus utérins. Le test biologique utéro-trophique évalue la capacité d'une substance à induire des activités biologiques similaires à celles des agonistes ou des antagonistes ou des œstrogènes naturels.

¹⁷ C'est-à-dire la circulation des acides biliaires, de la bilirubine, des médicaments ou d'autres substances du foie vers la bile, l'intestin grêle, les entérocytes et le retour vers le foie.

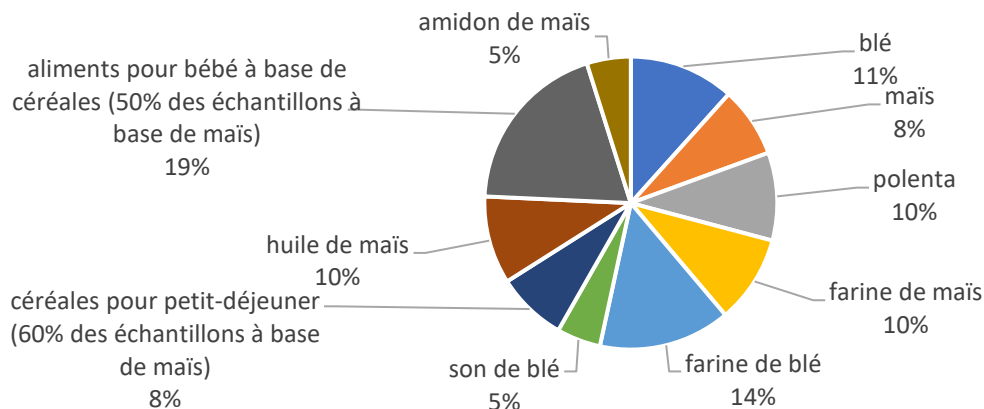


Figure 16. Aperçu des analyses de zéaralénone dans les denrées alimentaires programmées en 2021

La teneur en ZEN des céréales non transformées est généralement plus élevée que celle des céréales destinées à la consommation humaine, ce qui indique un effet réducteur des étapes de nettoyage et de sélection appliquées aux céréales destinées à la consommation humaine, comme cela a également été démontré pour d'autres mycotoxines. Les sous-produits obtenus lors du nettoyage des grains bruts (poussières, enveloppes et autres) se caractérisent par des concentrations de ZEN de 3 à 30 fois supérieures à celles des grains nettoyés, tandis que le son peut contenir des concentrations jusqu'à 2 fois supérieures (EFSA, 2011b).

Les analyses de l'amidon de maïs peuvent être supprimées. Bien que la ZEN soit insoluble dans l'eau, elle sera éliminée de l'amidon par lavage après le processus de séparation (voir 4.1.3). Excepté la suppression des analyses d'amidon de maïs, le Comité n'a pas de remarque sur la programmation proposée des analyses de ZEN. Il est toutefois précisé que les analyses de farine de blé doivent concerner la farine de blé complète.

b) Aliments pour animaux

La Recommandation 2006/576/CE fournit des teneurs maximales recommandées variant entre 0,1 et 3 mg/kg pour la ZEN dans le maïs et les produits à base de maïs destinés à l'alimentation animale et dans les aliments composés pour animaux. Ces valeurs indicatives sont appliquées par l'AFSCA comme limites d'action (AFSCA, 2020).

Sur la base des résultats de contrôle de l'AFSCA, la ZEN est signalée relativement fréquemment dans l'alimentation animale. La mycotoxine a été trouvée dans 599 (soit 52 %) des 1 148 échantillons analysés entre 2010 et 2019. Une tendance à la hausse de la teneur est observée dans les aliments composés complets, ainsi que dans les céréales et les sous-produits céréaliers, notamment dans les DDGS. Toutefois, l'augmentation des DDGS semble s'expliquer par une LOR plus élevée à partir de 2015 (annexe 7).

Entre 2010 et 2019, 3 échantillons se sont révélés non conformes (2 aliments complémentaires et 1 aliment complet).

D'après les données européennes recueillies entre 2001 et 2015, les concentrations dans les cultures fourragères semblent être généralement faibles, à l'exception du maïs fourrage (et des déchets de maïs ensilage qui en sont issus) et de la paille. Toutefois, les données relatives aux groupes d'aliments pour animaux autres que les céréales, leurs produits et sous-produits et les aliments composés pour animaux (c.-à-d. autres fourrages, sous-produits et protéines d'origine animale, graines de légumineuses, minéraux, graines oléagineuses et tubercules) étaient limitées. La ZEN était

principalement présente dans le blé (moyenne de 21-24 µg/kg, LB-UB 12), le maïs (moyenne de 102-105 µg/kg, LB-UB), l'orge (moyenne de 11-15 µg/kg, LB-UB) et l'avoine (moyenne de 10-14 µg/kg, LB-UB) (EFSA, 2017e).

Dans le programme d'analyses 2021, une distinction est faite entre les populations (i) aliments composés pour porcs et truies, (ii) aliments composés pour bovins laitiers et (iii) matières premières (Figure 17).

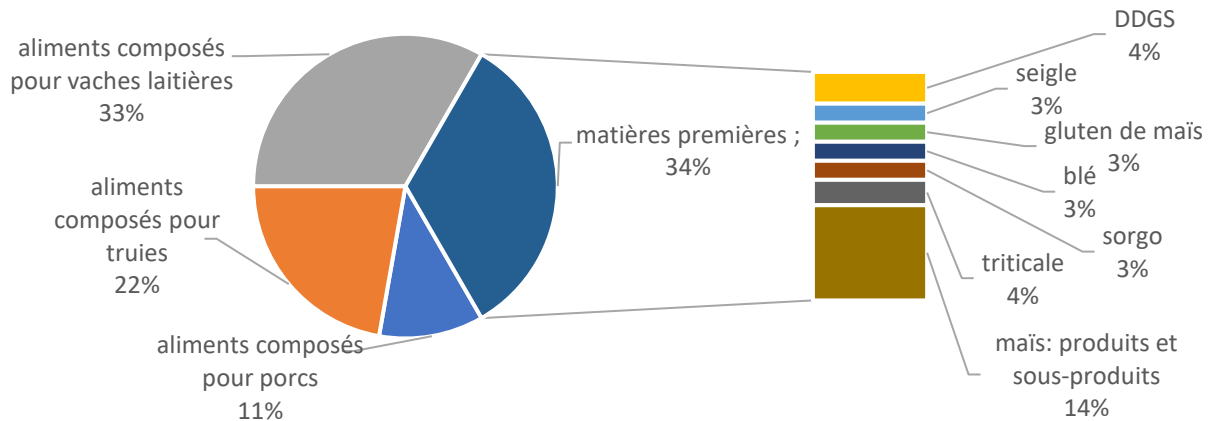


Figure 17. Aperçu des analyses de zéaralénone dans les aliments pour animaux programmés en 2021 (DDGS : distiller's dried grains solubles)

Les porcs, en particulier les porcelets femelles prépubères, sont considérés comme une espèce très sensible à la ZEN car les porcs biotransforment partiellement la ZEN en α -ZEL, qui a une plus grande affinité pour les récepteurs de l'estradiol que la ZEN elle-même. En revanche, les bovins semblent être plus résistants aux effets indésirables de la ZEN que les autres animaux d'élevage car ils biotransforment davantage la ZEN en β -ZEL qu'en α -ZEL. Sur la base des taux mesurés dans le plasma, l'urine ou la bile des animaux traités par la ZEN, les α -dérivés semblent également prédominer chez les chiens et les dindes, tandis que les β -dérivés sont plus présents chez les chèvres, les chevaux, les poulets de chair et les poules pondeuses. En outre, les volailles (poulets et dindes) ne réagissent à la présence de ZEN qu'à des concentrations relativement élevées dans l'alimentation et peuvent généralement être considérées comme résistantes (EFSA, 2017e). Comme pour le DON, le transfert de l'alimentation des poulets vers les produits dérivés (par ex. les œufs, la viande) n'a pas été détecté dans le projet MYCOTOXPLUIM¹⁴ (Tangni *et al.*, 2020).

Il est recommandé de programmer un tiers des analyses des matières premières pour les céréales, produits et sous-produits céréaliers autres que le maïs, un tiers pour le maïs, les produits et sous-produits du maïs (y compris le gluten de maïs) et un tiers pour les DDGS. En ce qui concerne les analyses des aliments composés, il est noté que la population des bovins laitiers devrait inclure les animaux producteurs de lait en général (c.-à-d. incluant les moutons, par exemple).

4.1.8. Patuline

La patuline (PAT) est produite par des moisissures appartenant à plusieurs genres, dont *Penicillium*, *Aspergillus* et *Byssochlamys*. La PAT est principalement présente dans les fruits à pépins, tels que les pommes et les poires, mais on la trouve également dans les myrtilles, les cerises, les framboises, les fraises et leurs produits transformés. Une étude européenne a montré que le jus de pomme et le nectar de pomme sont les principales sources d'apport en PAT (SCOOP, 2002). Bien que les pommes

et leurs produits transformés représentent le risque le plus élevé de contamination par la PAT, celle-ci a également été trouvée dans plusieurs autres produits alimentaires frais et transformés, tels que les figes, certains légumes, les céréales, les fromages et les fruits de mer (Loi *et al.*, 2017 ; De Clercq, 2016 ; Wright, 2015 ; Van de Perre *et al.*, 2014).

La PAT a été signalée comme présentant une toxicité aiguë, génotoxique, cytotoxique, tératogène et immunosuppressive. Peu d'études ont été menées sur l'effet toxique à long terme de la PAT (De Clercq, 2016). Les preuves de cancérogénicité étant insuffisantes, l'IARC a classé la PAT dans le groupe 3, c'est-à-dire comme non classable en termes de cancérogénicité pour l'homme (IARC, 1986).

Plusieurs mesures sont nécessaires pour prévenir la contamination par la PAT ou pour réduire le taux de contamination par la PAT des produits finaux (Aroud *et al.*, 2021; Zhong *et al.*, 2018). Par exemple, le *Penicillium expansum*, principal responsable de la pourriture brune, est une grave maladie (post-récolte) des pommes. Après la récolte, les pommes sont transportées dans des salles de stockage réfrigérées avec des niveaux d'oxygène réduits (atmosphère contrôlée), ce qui les rend disponibles pour le marché toute l'année. Cependant, *Penicillium expansum* est une moisissure qui peut se développer et produire des PAT à de basses températures et à de faibles niveaux d'oxygène. *Byssoschlamys nivea* peut produire des spores à parois épaisses qui sont résistantes ou même déclenchées par des températures élevées, comme lors de la pasteurisation des boissons à base de fruits.

La mycotoxine PAT est assez stable à des températures élevées et à un pH acide (pH de 3,5 à 5,5). La pasteurisation, la filtration et la fermentation peuvent avoir un effet réducteur sur la teneur en PAT des aliments mais ne sont pas suffisantes (Aroud *et al.*, 2021; Loi *et al.*, 2017 ; De Clercq, 2016). La concentration de PAT dans le jus de pomme peut également être réduite en utilisant moins de pommes stockées sous atmosphère contrôlée et en effectuant une étape de tri (Baert *et al.*, 2012). Pour éviter la présence de PAT ou minimiser le niveau de contamination du produit final, il convient de se concentrer sur l'optimisation des conditions de pré-récolte, de récolte et de post-récolte en appliquant de bonnes pratiques agricoles et de bonnes méthodes de fabrication (Recommandation 2003/598/CE¹⁸; Codex Alimentarius Committee, 2003).

Dans le programme d'analyses de l'AFSCA, seules des analyses de la PAT dans les denrées alimentaires sont prévues.

a) Denrées alimentaires

Des teneurs maximales européennes allant de 10 à 50 µg/kg ont été établies pour la PAT dans les jus et nectars de fruits (concentrés), les spiritueux à base de pomme ou contenant du jus de pomme (par exemple, le cidre), le jus de pomme et les produits solides à base de pomme (par exemple, la purée de pomme et la compote) et les aliments pour bébés (Règlement (CE) n° 1881/2006).

Entre 2010 et 2019, 606 échantillons de jus de fruits, cidre, produits préparés et pommes ont été analysés dans le cadre du programme de contrôle de l'AFSCA (annexe 8). Dans 62 échantillons (10 %), dont 55 échantillons de jus de pomme, un niveau de PAT > LOR (2,5 - 5 µg/kg) a été rapporté. Sur l'ensemble des échantillons, seulement 6 échantillons de jus de pomme ont été jugés non conformes. Aucune tendance pertinente n'a été observée sur la base de ces résultats de contrôle.

¹⁸ Recommandation 2003/598/CE de la Commission du 11 août 2003 sur la réduction de la contamination par la patuline du jus de pomme et du jus de pomme utilisé comme ingrédient dans d'autres boissons

La figure ci-dessous (Figure 18) montre la répartition des 45 analyses PAT programmées pour 2021.

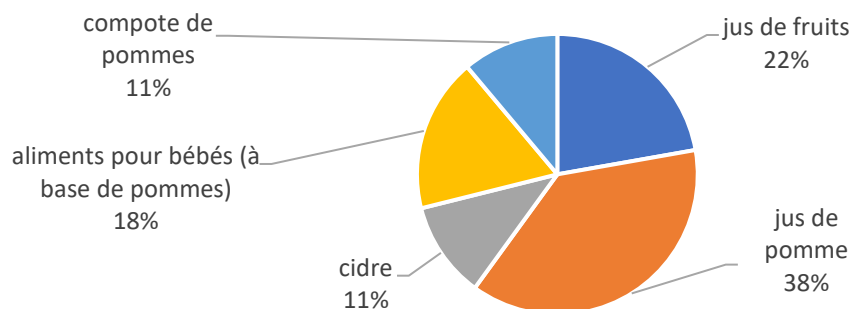


Figure 18. Aperçu des analyses de patuline dans les denrées alimentaires programmées en 2021

Lors de l'échantillonnage du jus de pomme, il faut également prélever des échantillons de jus de pomme avec pulpe. Le jus de pomme avec pulpe peut contenir des quantités plus élevées de PAT par rapport aux jus sans pulpe. En ce qui concerne les jus de fruits, l'analyse du jus (ou nectar) de poire est particulièrement pertinente, ainsi qu'éventuellement du jus (ou nectar) de pêche et de raisin (De Clercq, 2016), bien que la présence de PAT ait également été signalée dans le jus de mangue et d'orange (Hussain *et al.*, 2020).

Enfin, il est recommandé d'analyser (éventuellement de manière thématique) non seulement les aliments pour bébés à base de pommes, mais aussi les aliments pour bébés à base d'autres fruits.

b) Aliments pour animaux

Les pommes ne sont pratiquement pas utilisées dans l'alimentation animale, mais les sous-produits de l'industrie du jus le sont (par exemple, la pulpe de pomme). Il est également souligné que l'ensilage peut également être contaminé par la PAT (Tapia *et al.*, 2005).

L'instabilité de la PAT dans les fermentations *in vitro* suggère que le rumen agit naturellement comme une barrière protectrice contre les dommages toxicologiques aux tissus des ruminants (Morgavi *et al.*, 2003). La présence de PAT dans les aliments peut cependant avoir un effet négatif sur la fermentation du rumen et réduire la production d'acide acétique et la synthèse des protéines (Rodrigues, 2014 ; Fink-Gremmels, 2008 ; Tapia *et al.*, 2005). Ces changements peuvent avoir un impact négatif sur la santé et la performance des animaux. Cependant, on peut supposer que pour que ces effets soient observés, des concentrations assez élevées de PAT devraient être présentes dans l'aliment (ordre de grandeur de 2 à 100 mg/l, Tapia *et al.*, 2005 & 2002 ; Singh, 1967), alors que les concentrations de PAT rapportées dans les ensilages sont relativement faibles. De plus, la concentration dans l'ensilage peut diminuer rapidement en raison de la dégradation ou de l'instabilité chimique de la PAT à pH élevé (Morgavi *et al.*, 2003). En outre, la quantité de pulpe de pomme dans les rations est probablement nettement inférieure à celle de l'ensilage. Par conséquent, l'analyse de la PAT dans les aliments pour animaux est considérée comme moins prioritaire. Néanmoins, il pourrait être envisagé d'analyser également l'absence de PAT (éventuellement de manière thématique) dans l'ensilage échantillonné pour d'autres mycotoxines (par exemple les aflatoxines) lorsqu'une méthode d'analyse multi-mycotoxines peut être appliquée.

4.1.9. Citrinine

La citrinine (CIT) est produite par plusieurs espèces fongiques des genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Monascus*. La CIT se forme généralement après la récolte et se trouve principalement dans les céréales stockées, mais aussi dans d'autres produits végétaux tels que les haricots, les fruits, les jus de fruits et de légumes, les fines herbes et les épices ainsi que dans les produits laitiers avariés (EFSA, 2012b). En outre, la CIT peut apparaître comme un contaminant indésirable dans les produits de fermentation de *Monascus* (communément décrits comme levure de riz rouge), qui sont utilisés depuis des siècles en Asie pour conserver la viande et colorer les aliments, ainsi que dans les compléments alimentaires hypocholestérolémiants (EFSA, 2012b).

L'effet critique de la CIT est la néphrotoxicité (EFSA, 2012b). En ce qui concerne la cancérogénicité, il n'existe que des preuves limitées chez les animaux de laboratoire et la CIT est classée par l'IARC dans le groupe 3, c'est-à-dire qu'elle n'est pas classable en termes de cancérogénicité pour l'homme (IARC, 1986). La CIT est sensible à la chaleur et se décompose pendant le traitement thermique en d'autres composés complexes, tels que la citrinine H1 et la citrinine H2, dont la cytotoxicité est respectivement supérieure et inférieure à celle de la CIT originelle (EFSA, 2012b).

Dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux, la CIT est présente avec d'autres mycotoxines, notamment avec l'ochratoxine A (OTA) dans les céréales et les produits à base de céréales et avec la patuline (PAT) dans les jus de fruits et de légumes. L'effet néfaste combiné de la CIT et de l'OTA serait au mieux additif (EFSA, 2012b).

Le projet de recherche CITRIRISK (RF 16/6308) ⁴ a étudié la présence de la CIT dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux sur le marché belge. Une étude exploratoire a été réalisée sur 90 échantillons d'aliments pour animaux et 367 échantillons de denrées alimentaires (céréales et produits à base de céréales, jus de fruits et de légumes, noix, graines, fines herbes, épices, aliments pour bébés, substituts de viande, viande, boissons alcoolisées, compléments alimentaires et café). La CIT a été détectée dans près de 50 % des aliments pour animaux (niveau moyen de 1,8 µg/kg) et dans 47 % des denrées alimentaires échantillonnées (niveau moyen de 1,8 µg/kg) (Meerpoel, 2020). La CIT a été trouvée à une concentration remarquablement élevée de 22,9 µg/kg dans un échantillon de riz entier. Les jus de fruits et de légumes, les noix, les graines, les aliments pour bébés, les boissons alcoolisées et le café ne contenaient pas ou très peu de CIT (maximum 0,2 µg/kg). La concentration la plus élevée a été trouvée dans un complément alimentaire à base de levure de riz rouge, à savoir 1787 µg/kg, soit dix fois plus que la limite maximale actuelle de 100 µg/kg.

Les résultats analytiques ont également été utilisés pour estimer l'ingestion afin d'estimer les risques associés pour l'homme et l'animal. Sur la base de l'ensemble limité de données, aucun risque n'a été identifié pour les animaux. Pour le transfert de l'alimentation vers les tissus comestibles, des rapports de transfert compris entre 0,1 et 2 % chez les porcs et entre 0,1 et 6,9 % chez les poulets ont été obtenus, ce qui suggère une faible contribution des produits provenant des porcs ou des poulets à l'exposition humaine totale à la CIT. Sur la base des connaissances actuelles, l'ingestion de CIT par la population belge ne semble pas représenter un risque pour la santé.

Le Règlement (CE) n° 1881/2006 ne fixe qu'une teneur maximale de 100 µg/kg pour les compléments alimentaires à base de riz fermenté avec la levure rouge *Monascus purpureus*. Dans le programme d'analyses de l'AFSCA, seules les analyses de la CIT dans de telles denrées alimentaires sont prévues. Aucun résultat sur l'alimentation animale n'est disponible dans la base de données des résultats de contrôle de l'AFSCA.

a) Denrées alimentaires

Depuis 2017, l'AFSCA contrôle la teneur en CIT uniquement dans les compléments alimentaires à base de levure de riz rouge. Cinq échantillons ont été prélevés chaque année. Seul un échantillon a été

trouvé contenant de la CIT et ce à un niveau de 988 µg/kg. Une analyse de tendance n'est donc pas très utile.

Le programme d'analyses 2021 contient 10 analyses de ces compléments alimentaires. Le Comité n'a pas de remarque.

b) Aliments pour animaux

La présence de CIT dans l'ensilage belge destiné aux bovins laitiers a été signalée (Tangni *et al.*, 2013). Cependant, on estime que la CIT est fortement dégradée et métabolisée par l'activité microbienne dans les pré-estomacs des ruminants. Toutefois, une perturbation de la microflore du rumen due à l'activité antibactérienne de la CIT ne peut être exclue (Rodrigues, 2014; EFSA, 2012b). Morgavi *et al.* (2013) ont vérifié l'activité antiméthano-gène des métabolites produits à partir de différents *Monascus* spp. tels que la monacoline K, la pravastatine, la mevastatine et la CIT. Ces composés ont montré un effet inhibiteur sur les micro-organismes producteurs de méthane, réduisant la méthanogénèse *in vitro* et dans des études *in vivo* à court terme, sans affecter le schéma de fermentation dans le rumen. L'analyse de la CIT dans les aliments pour animaux est considérée comme moins prioritaire. Cependant, si les mycotoxines incluses dans le programme d'analyses de l'AFSCA sont analysées via une méthode d'analyse multi-mycotoxines, il peut être envisagé de vérifier également (éventuellement de manière thématique) l'absence de CIT dans l'ensilage échantillonné.

4.2. Mycotoxines dans les aliments pour animaux de compagnie

Le Comité souhaite attirer l'attention sur les aliments pour animaux de compagnie, qui peuvent également être contaminés par des mycotoxines et qui constituent une lacune dans le programme d'analyses des mycotoxines dans les aliments pour animaux. Deux mycotoxines qui affectent couramment les animaux de compagnie sont l'AF et le DON, mais d'autres mycotoxines (par exemple l'OTA et la ZEN) peuvent également être problématiques dans les aliments pour animaux de compagnie (Witaszak *et al.*, 2020 ; Atungulu *et al.*, 2018 ; Leung *et al.*, 2006). Fin décembre 2020, la Food and Drug Administration (FDA) américaine a mis en garde les propriétaires de chiens et les vétérinaires contre les niveaux potentiellement mortels d'AF dans les aliments secs pour chiens. On sait qu'au moins 110 chiens sont morts de cette intoxication à l'aflatoxine et que plus de 200 chiens sont tombés malades.

¹⁹

Aux États-Unis, la FDA intervient à partir de niveaux pour la somme des AF > 0,02 mg/kg.²⁰ La teneur maximale de 0,01 mg/kg d'AF B₁ est en vigueur dans l'UE (Directive 2002/32/CE). La Recommandation 2006/576/CE donne des teneurs maximales recommandées pour le DON dans les aliments composés pour chiens (2 mg/kg), pour la ZEN dans les aliments composés pour chiots, chatons, chiens et chats à des fins de reproduction (0,1 mg/kg) et dans les aliments composés pour chiens et chats adultes à des fins autres que la reproduction (0,2 mg/kg), pour l'OTA dans les aliments composés pour chats et chiens (0,01 mg/kg), pour la somme de la FB₁ et de la FB₂ dans les aliments composés pour animaux

¹⁹ FDA Alert, January 26, 2021. Certain Lots of Sportmix Pet Food Recalled for Potentially Fatal Levels of Aflatoxin. <https://www.fda.gov/animal-veterinary/outbreaks-and-advisories/fda-alert-certain-lots-sportmix-pet-food-recalled-potentially-fatal-levels-aflatoxin#information>

VMT, 19 février 2021. On sait qu'au moins 100 chiens sont morts en raison d'une dose mortelle d'aflatoxine présente dans l'alimentation pour chiens. <https://www.vmt.nl/voedselveiligheid-kwaliteit/artikel/2021/02/ruim-100-honden-gestorven-door-fatale-dosis-aflatoxine-in-hondenvoer-10149067>

²⁰ FDA (2019). Sec. 683.100 Action Levels for Aflatoxins in Animal Food. <https://www.fda.gov/media/121202/download>

de compagnie (5 mg/kg) et pour la somme des toxines T-2 et HT-2 dans les aliments composés pour chats (0,05 mg/kg).

Le Comité recommande d'inclure également (éventuellement de manière thématique) les aliments pour animaux de compagnie comme matrices à échantillonner dans le programme d'analyses des mycotoxines pour lesquelles la législation européenne prévoit une teneur maximale ou une teneur maximale recommandée. L'accent doit être mis sur les aliments pour animaux contenant des céréales ou des dérivés de céréales.

4.3. Mycotoxines émergentes

Au cours de la dernière décennie, d'énormes progrès ont été réalisés dans le développement de méthodes efficaces et fiables pour l'analyse des mycotoxines, avec des limites de détection plus basses, une plus grande rapidité et la possibilité de déterminer plusieurs composés (Singh & Mehta, 2020). Ainsi, certaines méthodes analytiques sont désormais capables de détecter des centaines de composés différents, y compris des métabolites fongiques, dans une grande variété de produits alimentaires et d'aliments pour animaux (Gruber-Dorninger *et al.*, 2017).

Les mycotoxines les plus pertinentes à ce jour pour la sécurité des denrées alimentaires et des aliments pour animaux sont réglementées en Europe. En outre, il existe de nombreux autres métabolites fongiques, ou mycotoxines dites « émergentes », car elles n'ont pas encore été suffisamment caractérisées ou récemment identifiées. Cependant, la surveillance d'un grand nombre de ces métabolites dans le contexte de la sécurité des denrées alimentaires et des aliments pour animaux n'est actuellement pas très pertinente, car des données sur l'occurrence et la toxicité sont nécessaires pour l'évaluation des risques. Dans le contexte de l'évolution des conditions climatiques (EFSA, 2020b), il pourrait néanmoins être envisagé d'inclure certaines de ces mycotoxines de manière thématique et à des fins de surveillance dans le programme d'analyses, bien que des niveaux maximums n'aient pas été établis. Par exemple, on pourrait examiner la présence de nivalénol et d'enniatiines dans les céréales, qui sont les principaux substrats de croissance des moisissures productrices de mycotoxines, et de l'acide ténuazonique, une toxine d'*Alternaria* sp., dans des produits à base de tomate.

D'après une récente revue de la littérature évaluant les informations scientifiques de la dernière décennie sur les mycotoxines émergentes dans les produits alimentaires destinés aux nourrissons et aux enfants, les enniatiines et la beauvericine semblent être les plus répandues des mycotoxines émergentes étudiées (De Sá *et al.*, 2021). Elles ont été trouvées dans des produits alimentaires tels que les céréales pour petit-déjeuner, les préparations pour nourrissons, les pâtes, le lait en poudre et les produits laitiers. En général, la fréquence de rapportage et les niveaux de contamination étaient plus élevés dans les céréales que dans les aliments transformés. L'orge, le maïs et le blé se sont avérés être les plus contaminés, suivis par le blé dur (durum) et l'avoine. Ainsi, des niveaux allant de quelques dizaines de mg/kg ont été signalés dans l'orge (6,8 mg/kg pour l'éther monométhyle d'alternariol, une toxine produite par le genre *Alternaria*), le blé (5,3 mg/kg pour l'enniatiine B), le blé dur (34 mg/kg pour la somme des enniatiines et de la beauvericine) et le seigle (2,5 mg/kg pour l'enniatiine B), à des centaines de mg/kg dans le maïs (445 mg/kg pour l'enniatiine A1), le riz (814 mg/kg pour l'enniatiine A1) et le sorgho (480 mg/kg pour l'enniatiine A).

En outre, il est noté que le nivalénol, les enniatiines et la beauvericine ont été trouvés dans l'ensilage de maïs et de blé, par exemple (Křížová *et al.*, 2021 ; Vandicke *et al.*, 2021). Par conséquent, lorsqu'on applique une méthode d'analyse multi-mycotoxines sur des échantillons d'ensilage, il serait pertinent d'analyser également ces mycotoxines émergentes.

Dans ce qui suit, ces mycotoxines et certaines autres mycotoxines émergentes sont abordées. Cette liste n'est toutefois pas exhaustive.

Toxines de *Fusarium*

Les conditions climatiques en Europe favorisent la contamination par des moisissures du genre *Fusarium*, avec le DON, les FBs, la ZEN comme principales mycotoxines dans l'alimentation humaine et animale. Cependant, le *Fusarium* produit également d'autres mycotoxines telles que le nivalénol, la moniliformine, la beauvéricine et les enniatines, entre autres.

Le nivalénol (NIV), comme le DON, appartient au groupe B des trichothécènes, qui peuvent être produits par diverses moisissures du genre *Fusarium* (par ex. *F. graminearum* et *F. culmorum*). Les études de toxicité aiguë *in vivo* montrent que le NIV a des effets anorexigènes lors d'une exposition aiguë. Les phénomènes émétiques observés après une seule exposition orale au NIV chez le vison ont été identifiés comme l'effet critique pour l'évaluation du risque aigu. Le NIV est également immuno- et hématotoxique. Il n'existe aucune indication de cancérogénicité ou de génotoxicité (EFSA, 2017f & 2013a). Les concentrations moyennes de NIV les plus élevées ont été observées dans l'avoine, le maïs, l'orge, le blé et leurs dérivés (EFSA, 2013a). Bien que les valeurs de référence aiguës et chroniques liées à la santé (c.-à-d. la dose de référence aiguë ou ARfD et la dose journalière tolérable ou DJT) ne soient que légèrement supérieures à celles du DON, aucun niveau maximal européen n'a été fixé pour le NIV.

La moniliformine (MON) est typiquement, mais pas exclusivement, produit par plusieurs espèces de *Fusarium* (par ex. *F. avenaceum*). On la trouve principalement dans les céréales telles que le maïs, le blé, l'orge et l'avoine, ainsi que dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux à base de ces céréales. La MON s'avère être phytotoxique pour le blé et le maïs, où elle peut provoquer des nécroses, affecter la régulation de la croissance et déformer les feuilles (Gruber-Dorninger *et al.*, 2017). Les informations limitées disponibles sur la toxicité et la toxicocinétique chez les animaux de laboratoire et d'élevage indiquent que l'hématotoxicité et la cardiotoxicité sont les principaux effets néfastes de la MON sur la santé. La MON provoque des aberrations chromosomiques *in vitro*, mais il n'existe pas de données *in vivo* sur la génotoxicité ou la cancérogénicité. Dans l'état actuel des connaissances, l'exposition à la MON ne semble pas constituer une préoccupation immédiate pour les humains ou les animaux. Les informations toxicologiques étant insuffisantes, l'évaluation des risques est cependant sujette à une grande incertitude (EFSA, 2018c).

Les enniatines (ENN) agissent comme des ionophores, altèrent la fonctionnalité des canaux cellulaires, sont soupçonnées de provoquer un stress oxydant et induisent l'apoptose. Les céréales et les denrées alimentaires dérivées des céréales sont les plus contaminées (Křížová *et al.*, 2021). Les espèces de *Fusarium* capables de produire des ENN sont présentes dans différentes zones géographiques. Les ENN infectent non seulement les céréales mais aussi de nombreux types de produits alimentaires, notamment l'huile végétale, les haricots, les fruits secs, les noix et le café. Les ENN les plus couramment trouvés dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux sont l'enniatine A (ENNA), l'enniatine A1 (ENNA1), l'enniatine B (ENNB) et l'enniatine B1 (ENNB1). Bien qu'il ait été constaté que les ENN étaient fréquemment présentes dans les aliments, l'EFSA a conclu, sur la base des données de surveillance européennes pour la période 2000-2013, que l'exposition aiguë n'est pas préoccupante pour la santé publique. Toutefois, l'EFSA n'a pas pu évaluer le risque associé à une exposition chronique en raison du manque de données sur la toxicité (EFSA, 2014).

La beauvéricine (BEA) est structurellement très similaire à l'ENN et, comme l'ENN, peut agir comme un ionophore et un pro-oxydant. Le groupe d'aliments le plus contaminé est celui des céréales et des produits dérivés (Křížová *et al.*, 2021 ; Rossi *et al.*, 2020), bien que dans les données de surveillance européennes pour la période 2000-2013, les niveaux moyens les plus élevés aient été signalés pour les fruits secs, suivis par les oléagineux et les aliments à base de céréales pour les nourrissons et les jeunes

enfants (EFSA, 2014). Comme pour l'ENN, l'EFSA a conclu, sur la base des données de surveillance européennes pour la période 2000-2013, que l'exposition aiguë à la BEA n'était pas préoccupante pour la santé publique mais que, faute de données sur la toxicité, le risque lié à l'exposition chronique n'a pas pu être évalué (EFSA, 2014).

On ne dispose que d'informations limitées sur le transfert de la BEA et des ENN des aliments pour animaux vers les denrées alimentaires d'origine animale, mais leurs propriétés lipophiles peuvent conduire à leur accumulation dans certains tissus animaux. La BEA et les ENN ont été trouvées dans les œufs de poules pondeuses, avec une accumulation de ces mycotoxines dans le jaune d'œuf, et dans certains tissus de dindes et de poulets de chair, mais le taux de transfert à partir des aliments pour animaux vers les denrées alimentaires d'origine animale est probablement faible (Křížová *et al.*, 2021). Dans le projet MYCOTOXPLUIM¹⁴, un transfert limité de moins de 0,50 % de l'alimentation des poulets vers les œufs, la viande de poulet, le foie et la peau a été observé pour la BEA et les ENN. Il a également été observé que les animaux testés ne présentaient aucun changement visible en termes de poids, de consommation alimentaire ou de croissance (Tangni *et al.*, 2020).

À l'heure actuelle, peu d'éléments indiquent que les ENN ou la BEA sont préoccupantes pour les humains et les animaux ; elles sont toxiques *in vitro*, mais la plupart des données *in vivo* indiquent une toxicité nulle ou faible (Gruber-Dorninger *et al.*, 2017).

Toxines d'*Alternaria*

Les moisissures du genre *Alternaria* sont présentes partout et dans de nombreux écosystèmes, tels que les plantes, les graines, les matières premières agricoles, l'atmosphère et le sol. Les toxines importantes d'*Alternaria* sont l'alternariol (AOH), l'éther monométhyle d'alternariol (AME), l'acide ténuazonique (TeA), la tentoxine (TEN), l'altenuène (ALT) et l'altertoxine (ATX).

Bien que la plupart des toxines d'*Alternaria* ne présentent qu'une faible toxicité aiguë, il y a des indications d'effets cytotoxiques, cancérigènes, mutagènes et génotoxiques de l'AOH et de l'AME, démontrés *in vitro* sur des cellules bactériennes et de mammifères. Le TeA et la TEN ne sont pas signalés comme étant génotoxiques (EFSA, 2011c).

Étant donné les incertitudes qui subsistent concernant la toxicité des toxines d'*Alternaria*, un projet de recherche, RT 20/4 ALTERTOX (« Contribution à l'évaluation de risque des mycotoxines *Alternaria*: toxicité comparative *in vitro* et toxicocinétique *in vivo* chez le porc comme modèle animal de substitution pour l'homme »²¹) est en cours, dans lequel la cytotoxicité et la génotoxicité *in vitro*, ainsi que la toxicocinétique de l'AOH, de l'AME, du TeA et des mélanges correspondants sont étudiées.

Dans le cadre du projet RT 12/6261 ALTER (« Les mycotoxines (masquées) d'*Alternaria* dans les aliments : occurrence et impact de la transformation des aliments »²²), la présence de mycotoxines d'*Alternaria* dans le riz, dans les flocons d'avoine, dans le jus, la sauce et la purée de tomate, dans le jus de carotte, de pomme et de raisin, dans la bière, dans les lentilles, dans les oléagineux (graines de tournesol et de sésame) et dans les huiles végétales (huile de tournesol et de sésame), disponibles sur le marché belge, a été étudiée. Les résultats ont montré une forte prévalence d'AOH, d'AME, de TeA et, dans une moindre mesure, d'ALT dans les produits commerciaux à base de tomate. Les toxines d'*Alternaria* semblent être stables pendant la transformation des tomates. Des concentrations assez élevées d'AOH ont également été trouvées dans les graines de sésame, tandis que l'AME a été fréquemment détecté à la fois dans les graines et l'huile de sésame. En outre, la présence de toxines

²¹ Financé par la Recherche Contractuelle - SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement, effectué par UGent.

²² Financé par la Recherche Contractuelle - SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement, effectué par UGent.

modifiées d'*Alternaria* (sulfates d'AOH et d'AME) a été signalée, notamment dans les produits à base de tomate et les graines de sésame. L'évaluation de l'exposition et une analyse de scénario basée sur un régime alimentaire hypothétique prenant en compte tous les aliments dans lesquels la présence de toxines d'*Alternaria* a été signalée, ont indiqué que l'exposition alimentaire à l'AOH et à l'AME (et dans certains cas au TeA) pouvait présenter un risque potentiel pour la santé publique.

Sur la base des données de surveillance européennes (2010-2015), les niveaux moyens les plus élevés d'AOH, d'AME, de TeA et de TEN ont été constatés, selon la toxine étudiée, dans les produits à base de tomates, de noix, d'oléagineux, de céréales et de fruits (EFSA, 2016b). Les niveaux de TeA étaient plus élevés que ceux rapportés pour toute autre toxine d'*Alternaria*. Le TeA a été trouvé principalement dans les tomates et plusieurs produits à base de tomate. En outre, des niveaux moyens de TeA relativement élevés ont été signalés pour les aliments à base de céréales destinés aux nourrissons et aux jeunes enfants. Ce groupe de produits comprenait en grande partie des produits sans gluten et certains éléments indiquent que le sorgho est probablement responsable des niveaux de TeA plus élevés (EFSA, 2016b). Bien que davantage de données doivent être générées, on ne peut exclure un éventuel risque sanitaire pour les nourrissons qui consomment fréquemment des aliments à base de sorgho (Gruber-Dorninger *et al.*, 2017).

Sur la base des données de toxicité *in vivo* et de l'exposition estimée, des effets néfastes sur la santé des poulets ne peuvent être totalement exclus (EFSA, 2011c). Une biodisponibilité élevée et une élimination lente du TeA chez les poulets renforcent l'idée que cette toxine peut être préoccupante pour cette espèce animale et que davantage de données doivent être collectées à ce sujet (Gruber-Dorninger *et al.*, 2017).

Stérigmatocystine

La stérigmatocystine (STC) est produite par les moisissures *Aspergillus*, notamment *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. versicolor* et *A. nidulans*, dont *A. versicolor* est la plus courante. La STC est un précurseur de l'AF B₁, et leur structure chimique est similaire. La STC a des propriétés cancérigènes et génotoxiques (EFSA, 2013b) et est classé par l'IARC dans le groupe 2B, c'est-à-dire comme probablement cancérigène pour l'homme (IARC, 1987). La mycotoxine est également associée à une activité immunotoxique et immunomodulatrice, mais aucune conclusion définitive n'a pu être tirée (EFSA, 2013b).

Dans une étude européenne menée en 2013 et 2014, la teneur en STC des céréales, de la bière, des cacahuètes et des noisettes a été analysée. Le riz et l'avoine se sont avérés être les céréales les plus sensibles à la contamination par la STC. La STC n'a été détectée dans aucun des échantillons de bière et de noix (Mol *et al.*, 2015).

Bien que l'exposition à la STC soit peu préoccupante pour la santé publique sur la base de la quantité limitée de données disponibles, la nécessité de disposer de davantage de données sur l'exposition et la toxicité est soulignée (FAO/WHO, 2016; EFSA, 2013b).

Fomopsines

Les fomopsines sont produites par la moisissure *Diaporthe toxica* (anciennement connu sous le nom de *Phomopsis leptostromiformis*), qui se trouve principalement sur le lupin. Les graines de lupin sont utilisées pour la production de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux (EFSA, 2012c).

La fomopsine A, le principal congénère²³ toxique, est hépatotoxique chez toutes les espèces animales testées et hépatocarcinogène chez le rat. Toutefois, les données sur la toxicité ou l'occurrence des

²³ Les congénères sont des variantes d'une certaine substance ayant une structure chimique similaire et des propriétés généralement semblables, mais présentant parfois des différences majeures en termes de toxicité.

fomopsines sont insuffisantes pour évaluer les risques pour l'homme ou les animaux. Néanmoins, l'EFSA indique que la gravité de l'effet toxique chez de nombreuses espèces animales suggère que l'exposition humaine et animale doit être réduite au minimum (EFSA, 2012c).

Récemment, le projet RT 21/6 LUPINEX (« Étude de l'exposition aux alcaloïdes de la quinolizidine et aux fomopsines par la consommation de produits à base de lupin »²⁴) a été lancé. Ce projet étudiera la présence et l'exposition aux fomopsines dans le lupin et les produits dérivés du lupin.

5. Incertitudes

Dans le présent avis, des tendances ont été analysées sur la base des résultats des contrôles de l'AFSCA. Ces résultats n'ont pas été recueillis par le biais d'études contrôlées dans lesquelles un nombre statistiquement pertinent d'échantillons a été prélevé de manière aléatoire au cours d'une période de temps préalablement convenue. Néanmoins, les résultats des contrôles qui couvrent une longue période et plusieurs types de produits (par exemple, composition différente, fabricant, etc.) et qui sont programmés selon la même méthodologie, peuvent être utilisés pour mieux comprendre les niveaux et les tendances des contaminants dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux.

Toutefois, les résultats des analyses de tendance effectuées doivent être interprétés avec précaution à la lumière des connaissances sur le programme d'analyses, les échantillons, les méthodes de diagnostic et leurs éventuelles modifications dans le temps. Les résultats obtenus peuvent différer des tendances évoquées dans d'autres rapports ou avis en raison, notamment, de l'utilisation de différents types de données (par exemple, prévalence par rapport aux nombres, différent regroupement des matrices), de la période sur laquelle les tendances sont analysées, de la quantité de données ou de la méthodologie statistique.

En outre, il convient de souligner que la croissance des moisissures et le développement des mycotoxines dépendent fortement de facteurs liés aux techniques de culture et de facteurs climatiques et donc aussi régionaux, alors que le programme de surveillance contient des résultats provenant de matrices d'origine différente (belge, européenne et de pays tiers). Il est donc difficile d'identifier des corrélations avec les étapes précédentes des chaînes agroalimentaires à partir des tendances observées.

6. Points d'attention

Les mycotoxines incluses dans le programme d'analyses sont des mycotoxines pour lesquelles des limites (teneurs maximales européennes, teneurs recommandées ou limites d'action) sont disponibles. Cependant, les nouvelles méthodes d'analyse contribuent grandement à la découverte de nouvelles mycotoxines (voir 4.3), mais aussi de formes modifiées de mycotoxines connues. Les mycotoxines peuvent être transformées dans les denrées alimentaires ou les aliments pour animaux contaminés en composés aux propriétés physico-chimiques, chimiques et biologiques modifiées, par exemple par biotransformation dans la moisissure, la culture ou le mammifère, ou par des réactions non enzymatiques dans la matrice de la denrée alimentaire ou de l'aliment pour animaux. La plupart de ces mycotoxines modifiées ou cachées ne sont pas réglementées ou surveillées dans les denrées alimentaires ou les aliments pour animaux. Cela peut conduire à une sous-estimation du (risque d')

²⁴ Financé par la Recherche Contractuelle - SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement, effectué par UGent.

exposition à la mycotoxine originale, car les mycotoxines modifiées présentes dans les plantes peuvent libérer la mycotoxine originale au cours de leur métabolisme chez l'homme et l'animal (EFSA 2017d, 2018a & b). Les mycotoxines modifiées peuvent donc augmenter l'exposition et les effets de la mycotoxine originale. Cependant, l'occurrence et les effets toxicologiques des métabolites nouvellement découverts ou modifiés sont largement inconnus.

Etant donné qu'une seule moisissure peut produire plusieurs mycotoxines et que plusieurs moisissures peuvent contaminer des denrées alimentaires et des aliments pour animaux, ces derniers peuvent être contaminés par plusieurs mycotoxines en même temps. Ceci peut influencer l'effet sanitaire possible en cas d'exposition et donc le risque.

La toxicité combinée des mycotoxines ne peut cependant être prédite sur la base de la toxicité des mycotoxines individuelles. Leur effet sur la santé peut être additif, synergique ou antagoniste, selon le plan expérimental (par exemple, les mélanges de mycotoxines et les concentrations testées, les cellules exposées, le modèle cellulaire ou le mélange, la durée d'exposition, la réponse ou le critère étudié). Dans la majorité des études, les mélanges de mycotoxines semblent entraîner des effets additifs ou synergiques (par exemple, les mycotoxines de *Fusarium*) (Alassane-Kpembé *et al.*, 2017 ; Smith *et al.*, 2016). En ce qui concerne les bovins, par exemple, il a été démontré que certaines mycotoxines telles que la patuline et la citrinine réduisent le potentiel de la flore du rumen à décomposer d'autres mycotoxines (Rodrigues, 2014). Par conséquent, les mycotoxines, même à des niveaux plus faibles, peuvent se renforcer mutuellement et entraîner des problèmes plus graves que si elles étaient présentes séparément dans l'alimentation.

Bien que plusieurs combinaisons soient possibles, sur la base d'une étude bibliographique approfondie sur les céréales européennes, on a constaté que le DON et les FBs en particulier coexistaient dans le maïs. Dans l'orge et le blé, la co-infection du DON et de la ZEN était la plus probable, tandis que le DON et les T-2/HT-2 semblent coexister dans l'avoine (Palumbo *et al.*, 2020). En ce qui concerne les épices et les fines herbes, l'occurrence combinée de l'AF et de l'OTA a notamment été rapportée (Smith *et al.*, 2016). La probabilité de co-occurrence des mycotoxines augmente lorsque les matières premières sont mélangées aux aliments pour animaux ou transformées en denrées alimentaires.

Par conséquent, les humains et les animaux sont souvent exposés à plus d'une mycotoxine en même temps. La co-occurrence de mycotoxines multiples dans les aliments pour animaux et les denrées alimentaires est reconnue comme un risque émergent pour la sécurité et la sûreté alimentaires de l'homme et des animaux. La législation actuelle ne tient cependant pas compte de l'exposition à de multiples mycotoxines. Les niveaux maximaux sont basés soit sur l'évaluation du risque d'une seule mycotoxine, soit sur une somme de plusieurs mycotoxines d'un même groupe, comme dans le cas des toxines AF, FB et T-2/HT-2.

Bien que l'information sur la présence de plusieurs mycotoxines dans un échantillon soit scientifiquement intéressante, elle n'a aucune valeur ajoutée dans le cadre des contrôles officiels. La programmation des analyses est axée sur la détection d'une non-conformité et les teneurs maximales légales sont déterminées pour chaque groupe distinct de mycotoxines. Néanmoins, des méthodes performantes d'analyse multi-mycotoxines sont disponibles (Singh & Mehta, 2020). La détection simultanée de plusieurs mycotoxines n'offre pas seulement une valeur ajoutée scientifique, mais peut également offrir une valeur ajoutée pragmatique en termes de capacité d'échantillonnage et d'analyse, à condition que les combinaisons de mycotoxines pertinentes pour un type donné de matrices soient analysées (par exemple, l'analyse des aflatoxines avec la patuline dans le jus de pomme est peu pertinente) et que des valeurs de LOR suffisamment basses peuvent être réalisées.

En plus, le changement des habitudes alimentaires et les sources de protéines d'origine végétale nouvelles ou alternatives peuvent également avoir un impact sur l'exposition future aux mycotoxines. Les recommandations nutritionnelles actuelles encouragent la restriction de l'apport en protéines animales et une plus grande diversité de l'apport en protéines d'origine végétale. Parmi les aliments

d'origine végétale considérés comme prioritaires dans les recommandations nutritionnelles belges, les fruits à coque et les graines, les céréales et diverses légumineuses (en particulier les arachides et les pois chiches) sont les plus concernés par la présence de mycotoxines. En outre, les recommandations considèrent l'utilisation des épices comme une bonne alternative au sel pour aromatiser les aliments, et les épices devraient également être considérées dans ce contexte (CSS, 2021 & 2019). De même, la demande accrue de protéagineux entraînera une augmentation des importations en provenance de pays tiers dont le climat est propice aux attaques fongiques dans la chaîne agroalimentaire, ou une augmentation de la production de cultures subtropicales en Europe susceptible de créer de nouvelles relations hôte-moisissure.

Enfin, on peut noter que l'occurrence des mycotoxines 'traditionnelles' évolue parfois vers des produits ou des matrices atypiques, ou des régions géographiques auparavant plutôt inhabituelles, peut-être en partie à cause du réchauffement climatique (EFSA, 2020b).

7. Conclusions

Le programme d'analyses de l'AFSCA comprend des analyses dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux des aflatoxines, de l'ochratoxine A, des fumonisines, des alcaloïdes de l'ergot et de l'ergot (*Claviceps purpurea* ; contrôle visuel), des toxines T-2 et HT-2, du déoxynivalénol, de la zéaralénone, de la patuline et de la citrinine.

Sur la base des résultats de contrôle rapportés entre 2010 et 2019, les tendances possibles ont été analysées. Or, la croissance des moisissures et le développement des mycotoxines dépendent fortement de facteurs liés aux techniques de culture et de facteurs climatiques et donc aussi régionaux, alors que le programme de contrôle contient des résultats provenant de matrices d'origine différente (belge, européenne et de pays tiers). Il est donc difficile d'identifier des corrélations avec les étapes précédentes des chaînes agroalimentaires sur la base des tendances observées.

En se basant sur l'avis des experts en combinaison avec les informations de la littérature scientifique, la programmation des analyses a été évaluée et le Comité scientifique a formulé des recommandations.

En outre, l'avis attire l'attention sur les mycotoxines 'émergentes'. Bien que les informations sur la toxicité et l'occurrence de ces mycotoxines soient encore insuffisantes, dans le contexte de l'évolution des conditions climatiques, il pourrait néanmoins être envisagé d'inclure certaines de ces mycotoxines 'émergentes' dans le programme d'analyses de manière thématique ou lors de l'application de méthodes d'analyse multi-mycotoxines.

Des points d'attention à prendre en compte dans la mesure du possible, sont la présence possible de mycotoxines 'modifiées', la contamination combinée par plusieurs mycotoxines et leur toxicité combinée. Ceci peut contribuer au risque d'exposition aux mycotoxines. En outre, le changement des habitudes alimentaires et les sources de protéines d'origine végétale nouvelles ou alternatives peuvent également avoir un impact sur l'exposition future aux mycotoxines.

Enfin, il est à noter que l'apparition des mycotoxines 'traditionnelles' se déplace parfois vers des produits ou des matrices atypiques, ou vers des régions géographiques auparavant peu communes, peut-être en partie à cause du réchauffement climatique.

Pour le Comité scientifique,
La Présidente,

Dr. Lieve Herman (Get.)
Le 01/02/2022

Références

- AFSCA (2020). Partie 1 – Limites d'action pour les contaminants chimiques. <http://www.favv-afsca.be/professionnels/publications/thematiques/limitesdaction/>
- Aroud, H.I., May, B., Dietrich, H., Scheiggert, R., & Kemmleln, S. (2021). Influence of processing steps on the fate of ochratoxin A, patulin, and alternariol during production of cloudy and clear apple juices. *Mycotoxin Research* 37, 341-345. <https://doi.org/10.1007/s12550-021-00443-x>
- Anses (anciennement Afssa). (2009). Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale. <https://www.anses.fr/fr/system/files/RCCP-Ra-Mycotoxines2009.pdf>
- Atungulu, G., Mohammadi-Shad, Z., & Wilson, S. (2018). Chapter 2 – Mycotoxins issues in pet food. *Food and Feed Safety System and Analysis*, 25-44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811835-1.00002-6>
- Baert, K., Devlieghere, F., Amiri, A., & De Meulenaer, B. (2012). Evaluation of strategies for reducing patulin contamination of apple juice using a farm to fork risk assessment model. *International Journal of Food Microbiology* 154(3), 119-129.
- Battilani, P., Palumbo, R., Giorni, P., Dall'Asta, C., Dellafiora, L., Gkrillas, A., *et al.* (2020). Mycotoxin mixtures in food and feed: holistic, innovative, flexible risk assessment modelling approach: MYCHIF. *EFSA supporting publication*: EN-1757. doi:10.2903/sp.efsa.2020.EN-1757
- Cendoya, E., Chiotta, M. L., Zchetti, V., Chulze, S. N., & Ramirez, L. (2018). Fumonisin and fumonisin-producing *Fusarium* occurrence in wheat and wheat by products: a review. *Journal of Cereal science* 80, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.02.010>
- CSS (2019). Conseil Supérieur de la Santé – Recommandations alimentaires pour la population belge adulte – 2019. CSS n° 9284. https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/20191011_css-9284_fbdg_vweb_0.pdf
- CSS (2021). Conseil Supérieur de la Santé – Alimentation végétarienne. CSS n° 9445. https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/210409_css-9445_alimentation_vegetarienne_vweb_0_2.pdf
- Codex Alimentarius Committee (2003). Code of practice for the prevention and reduction of patulin contamination in apple juice and apple juice ingredients in other beverages (CAC/RCP 50–2003). http://www.fao.org/input/download/standards/405/CXP_050e.pdf
- Debevere, S., Cools, A., De Baere, S., Haesaert, G., Rychlik, M., Croubels, S., & Fievez, V. (2020). In vitro simulations show a reduced disappearance of deoxynivalenol, nivalenol and enniatin B at conditions of rumen acidosis and lower microbial activity. *Toxins* 12(2), 101. <https://doi.org/10.3390/toxins12020101>
- De Clercq, N. (2016) Identification and characterisation of spoilage moulds in chocolate confectionery and patulin-producing moulds in apples. Thesis submitted in the fulfilments of the requirements for the degree of Doctor in the Pharmaceutical Sciences, Ghent University.
- De Sá, S.V.M., Monteiro, C., Fernandes, J.O., Pinto, E., Faria, M.A., & Cunha, S.C. (2021). Emerging mycotoxins in infant and children foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, DOI: 10.1080/10408398.2021.1967282

- Di Mavungu, J.D., Larionova, D.A., Malysheva, S.V., Van Peteghem, C., & De Saeger, S. (2011). Survey on ergot alkaloids in cereals intended for human consumption and animal feeding. *Scientific report submitted to EFSA* . <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2011.EN-214>
- EFSA (2011a). Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of T-2 and HT-2 toxin in food and feed. *EFSA Journal* 9(12):2481. doi:10.2903/j.efsa.2011.2481.
- EFSA (2011b). Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. *EFSA Journal* 9(6):2197. doi:10.2903/j.efsa.2011.2197
- EFSA (2011c). Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food. *EFSA Journal* 9(10): 2407. doi:10.2903/j.efsa.2011.2407
- EFSA (2012a). Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) on Ergot alkaloids in food and feed. *EFSA Journal* 10(7):2798. doi:10.2903/j.efsa.2012.2798.
- EFSA (2012c). Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of phomopsis in feed and food. *EFSA Journal* 10(2): 2567. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2567>
- EFSA (2012b). Scientific Opinion on the risks for public and animal health related to the presence of citrinin in food and feed. *EFSA Journal* 10(3):2605. doi:10.2903/j.efsa.2012.2605
- EFSA (2013a). Scientific Opinion on risks for animal and public health related to the presence of nivalenol in food and feed. *EFSA Journal* 11(6):3262. doi:10.2903/j.efsa.2013.3262
- EFSA (2013b). Scientific Opinion on the risk for public and animal health related to the presence of sterigmatocystin in food and feed. *EFSA Journal* 11(6):3254. doi:10.2903/j.efsa.2013.3254
- EFSA (2014). Scientific Opinion on the risks to human and animal health related to the presence of beauvericin and enniatins in food and feed. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2014.3802>
- EFSA (2016a). Scientific opinion on the appropriateness to set a group health-based guidance value for zearalenone and its modified forms. *EFSA Journal* 14(4):4425. doi:10.2903/j.efsa.2016.4425
- EFSA (2016b). Scientific report on the dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population. *EFSA Journal* 14(12):4654. doi:10.2903/j.efsa.2016.4654
- EFSA (2017a). Scientific report on human and animal dietary exposure to ergot alkaloids. *EFSA Journal* 15(7):4902. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4902>
- EFSA (2017b). Scientific opinion on the appropriateness to set a group health based guidance value for T-2 and HT-2 toxin and its modified forms. *EFSA Journal* 15(1):4655. doi:10.2903/j.efsa.2017.4655
- EFSA (2017c). Scientific report on human and animal dietary exposure to T-2 and HT-2 toxin. *EFSA Journal* 15(8):4972. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4972>
- EFSA (2017d). Scientific Opinion on the risks to human and animal health related to the presence of deoxynivalenol and its acetylated and modified forms in food and feed. *EFSA Journal* 15(9):4718. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4718>
- EFSA (2017e). Scientific opinion on the risks for animal health related to the presence of zearalenone and its modified forms in feed. *EFSA Journal* 15(7):4851. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4851>
- EFSA (2017f). Scientific Opinion on the appropriateness to set a group health based guidance value for nivalenol and its modified forms. *EFSA Journal* 15(4):4751. doi:10.2903/j.efsa.2017.4751

- EFSA (2018a). Scientific opinion on the appropriateness to set a group health-based guidance value for fumonisins and their modified forms. *EFSA Journal* 16(2):5172. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5172>
- EFSA (2018b). Risks for animal health related to the presence of fumonisins, their modified forms and hidden forms in feed. *EFSA Journal* 16(5):5242. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5242>
- EFSA (2018c). Risks to human and animal health related to the presence of moniliformin in food and feed. *EFSA Journal* 16(3):5082. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5082>
- EFSA (2020a). Scientific opinion of the CONTAM Panel (Panel on Contaminants in the Food Chain) – Risk assessment of aflatoxins in food. *EFSA Journal* 18(3):6040. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6040>
- EFSA (2020b). Climate change as a driver of emerging risks for food and feed safety, plant, animal health and nutritional quality. *EFSA Journal* 17(6):EN-1881. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.EN-1881>
- EFSA (2020c). Scientific Opinion on the risk assessment of ochratoxin A in food. *EFSA Journal* 18(5):6113. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6113>
- FAO/WHO (2016). Evaluation of certain contaminants in food. Eight-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. [TRS 1002- JECFA 83/106](https://www.fao.org/3/mt0001e/106.html)
- Fink-Gremmels, J. (2008). Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: A review. *Food Additives & Contaminants: Part A* 25(2), 172-180. <https://doi.org/10.1080/02652030701823142>
- Gruber-Dorninger, C., Novak, B., Nagl, V., & Berthiller, F. (2017). Emerging mycotoxins: beyond traditionally determined food contaminants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65, 7052-7070.
- Hussain, S., Asi, M.R., Iqbal, M., Khalid, N., Wajih-Ul-Hassan, S., & Ariño, A. (2020). Patulin mycotoxin in mango and orange fruits, juices, pulps, and jams marketed in Pakistan. *Toxins*. 2020;12(1):52. <https://dx.doi.org/10.3390/toxins12010052>
- IARC (1986). IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Some naturally occurring and synthetic food components, furocoumarins and ultraviolet radiation. Lyon (France).
- IARC (1987). Overall Evaluations of Carcinogenicity: an Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42. Supplement 7. Lyon (France).
- IARC (1993). Mycotoxins. Some natural occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans* 56, 245-522.
- IARC (2002). Fumonisin B₁. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans* 82, 301-366.
- IARC (2012a). Improving public health through mycotoxin control. IARC Scientific publication n° 158. Lyon, France. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Scientific-Publications/Improving-Public-Health-Through-Mycotoxin-Control-2012>
- IARC (2012b). Aflatoxins. Chemical Agents and Related Occupations. A review of Human Carcinogens. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans* 100F, 225–248.
- ILSI. (2019). Practical guidance to mitigation of mycotoxins during food processing. http://ils.eu/wp-content/uploads/sites/3/2019/09/Mitigation-of-Mycotoxins_report_FIN_digital-3.pdf

Křížová, L., Dadáková, K., Dvořáčková, M., & Kašparovský, T. (2021). Feedborne mycotoxins beauvericin and enniatins and livestock animals. *Toxins* 13(1): 32. doi: 10.3390/toxins13010032

Leung, M., Díaz-Llano, G., & Smith, T. (2006). Mycotoxins in pet food: A review on worldwide prevalence and preventive strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 9623-9635.

Loi, J.D., Zhou, T., Tsao, R., & Marcone, M. (2017). Mitigation of patulin in fresh and processed foods and beverages. *Toxins* 9(5): 157. doi: [10.3390/toxins9050157](https://doi.org/10.3390/toxins9050157)

Maudoux, J.-P., Saegerman, C., Rettigner, C., Houins, G., Van Huffel, X. & Berkvens, D. (2006). Food safety surveillance through a risk based control programme: Approach employed by the Belgian Federal Agency for the safety of the food chain. *Vet. Q.* 28, 140–154.

Meerpoel C. (2020). The incidence of citrinin in the food and feed chain and the risk for human and animal health. Thesis submitted in the fulfilments of the requirements for the degree of Doctor in the Pharmaceutical Sciences, Ghent University.

Mol, H.J.G., Pietri, A., MacDonald, S., Anagnostopoulos, C., & Spanjer, M. (2015). External scientific report : Survey on sterigmatocystin in food. *EFSA supporting publication* 2015:EN-774.

Morgavi, D.P., Boudra, H., Jouany, J.-P., & Graviou, D. (2003). Prevention of patulin toxicity on rumen microbial fermentation by SH-containing reducing agents. *J. Agric. Food Chem.* 51(23), 6906-6910. doi : 10.1021/jf034505v

Morgavi, D.P., Martin, C., & Boudra, H. (2013). Fungal secondary metabolites from *Monascus* spp. reduce rumen methane production *in vitro* and *in vivo*. *J. Anim. Sci.* 91, 848–860. doi: 10.2527/jas.2012-5665.

Ovocom (2016). Beheersing mycotoxines. AT-09 (Ver 1.3). 21/10/2016.

Palumbo, R., Crisci, A., Venâncio, A., Cortiñas Abrahantes, J., Dorne, J.L., Battilani, P., & Toscano, P. (2020). Occurrence and co-occurrence of mycotoxins in cereal-based feed and food. *Microorganisms* 8:74. doi:10.3390/microorganisms8010074

Ramos-Díaz, J.M., Sulyok, M., Jacobsen, S.E., Jouppila, K., & Nathanail, A.V. (2021). Comparative study of mycotoxin occurrence in Andean and cereal grains cultivated in South America and North Europe. *Food Control*, 130, 108260. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108260>

RIVM (2020). An overview of mycotoxins relevant for the food and feed supply chain: using a novel literature screening method. RIVM letter report 2019-0223A. van den Brand, D. & Bulder, A.S. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0223.pdf>

Rodrigues, L. (2014). A review on the effects of mycotoxines in dairy ruminants. *Animal Production Science* 54, 1155-1165

Sacco, C., Donato, R., Zanella, B., Pini, G., Petini, L., Marino, M.F., Rookmin, A.D., & Marvasi, M. (2020). Mycotoxins and flours : Effect of type of crop, organic production, packaging type on the recovery of fungal genus and mycotoxins. *International Journal of Food Microbiology* 334, 1808808. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108808>

SciCom (2018). Avis 20-2018: Limites d'action de la somme des toxines T-2 et HT-2 dans certaines denrées alimentaires et aliments pour animaux, et révision de la cotation du danger. <https://www.fav-afsca.be/comitescientifique/avis/>

SCOOP (2002). Reports on tasks for scientific cooperation. Assessment of dietary intake of patulin by the population of EU Member States. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/cs_contaminants_catalogue_patulin_3.2.8_en.pdf

- Singh J. (1967). Patulin. In: Antibiotics: Mechanism of Action, Vol. 1. D. Gottlieb, P.D. Shaw (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 621-630.
- Singh, J., & Mehta, A. (2020). Rapid and sensitive detection of mycotoxins by advanced and emerging analytical methods: A review. *Food Science & Nutrition* 8(5), 2183-2204. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1474>
- Smith, M.-C., Madec, S., Coton, E., & Hymery, N. (2016). Natural co-occurrence of mycotoxins in foods and feeds and their in vitro combined toxicological effects. *Toxins* 8(4), 94. <https://dx.doi.org/10.3390/toxins8040094>
- Tangni, E. K., Pussemier, L., Bastiaanse, H., Haesaert, G., Foucart, G., & Van Hove F. (2013). Presence of mycophenolic acid, roquefortine C, citrinin and ochratoxin A in maize and grass silages supplied to dairy cattle in Belgium. *J. Anim. Sci. Adv.* 3(12), 589-612.
- Tangni, E.K., Van Pamel, E., Huybrechts, B., Delezie, E., Van Hoeck, E., Daeseleire, E. (2020). Carry-over of some *Fusarium* mycotoxins in tissues and eggs of chickens fed experimentally mycotoxin-contaminated diets. *Food and Chemical Toxicology* 145, 111715. doi: 10.1016/j.fct.2020.111715
- Tapia, M.O., Stern, M.D. , Koski, R.L., Bach, A., & Murphy, M.J. (2002). Effects of patulin on rumen microbial fermentation in continuous culture fermenters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 97, 239-246. doi: 10.1016/S0377-8401(02)00007-X
- Tapia, M.O., Stern, M.D., Soraci, A.L., Meronuck, R., Olson, W., Gold, S., Koski-Hulbert, R.L., & Murphy, M.J. (2005). Patulin-producing molds in corn silage and high moisture corn and effects of patulin on fermentation by ruminal microbes in continuous culture. *Animal Feed Science and Technology* 119(3-4), 247-258. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.12.002>
- Van de Perre, E., Jacxsens, L., Van Der Hauwaert, W., Haesaert, I., & De Meulenaer, B. (2014). Screening for the presence of patulin in molded fresh produce and evaluation of its stability in the production of tomato products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62(1), 304-309.
- Vandicke, J., De Visschere, K., Ameye, M., Croubels, S., De Saeger, S., Audenaert, K., & Hasaert, G. (2021). Multi-mycotoxin contamination of maize silages in Flanders, Belgium: Monitoring mycotoxin levels from seed to feed. *Toxins* 13(3): 202. <https://doi.org/10.3390/toxins13030202>
- Witaszak, N., Waśkiewicz, A., Bocianowski, J., & Lukasz, S. (2020). Contamination of pet food with mycobiota and *Fusarium* mycotoxins – Focus on dogs and cats. *Toxins* 12(2): 130. doi: [10.3390/toxins12020130](https://doi.org/10.3390/toxins12020130)
- Wright, S. (2015). Patulin in food. *Current Opinion in Food Science*, 5:105–109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2015.10.003>
- Yogendrarajah, P., Deschuyffeleer, N., Jacxsens, L., Sneyers, P.-J., Maene, P., De Saeger, S., Devlieghere F., & De Meulenaer, B. (2014). Mycological quality and mycotoxin contamination of Sri Lankan peppers (*Piper nigrum* L.) and subsequent exposure assessment. *Food Control* 41, 219-230. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.025>
- Zhong, L., Carere, J., Lu, Z., Lu, F., & Zhou, T. (2018). Patulin in apples and apple-based food products: the burdens and mitigation strategies. *Toxins* 10(11): 475. doi: 10.3390/toxins10110475

Présentation du Comité scientifique institué auprès de l'AFSCA

Le Comité scientifique (SciCom) est un organe consultatif institué auprès de l'Agence fédérale belge pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA) qui rend des **avis scientifiques indépendants** en ce qui concerne l'évaluation et la gestion des risques dans la chaîne alimentaire, et ce sur demande de l'administrateur délégué de l'AFSCA, du ministre compétent pour la sécurité alimentaire ou de sa propre initiative. Le Comité scientifique est soutenu administrativement et scientifiquement par la Direction d'encadrement pour l'évaluation des risques de l'Agence alimentaire.

Le Comité scientifique est composé de 22 membres, nommés par arrêté royal sur base de leur expertise scientifique dans les domaines liés à la sécurité de la chaîne alimentaire. Lors de la préparation d'un avis, le Comité scientifique peut faire appel à des experts externes qui ne sont pas membres du Comité scientifique. Tout comme les membres du Comité scientifique, ceux-ci doivent être en mesure de travailler indépendamment et impartialement. Afin de garantir l'indépendance des avis, les conflits d'intérêts potentiels sont gérés en toute transparence.

Les avis sont basés sur une évaluation scientifique de la question. Ils expriment le point de vue du Comité scientifique qui est pris en consensus sur la base de l'évaluation des risques et des connaissances existantes sur le sujet.

Les avis du Comité scientifique peuvent contenir des **recommandations** pour la politique de contrôle de la chaîne alimentaire ou pour les parties concernées. Le suivi des recommandations pour la politique est la responsabilité des gestionnaires de risques.

Les questions relatives à un avis peuvent être adressées au secrétariat du Comité scientifique : Secretariat.SciCom@afsca.be

Membres du Comité scientifique

Le Comité scientifique est composé des membres suivants :

Jusqu'au 24 janvier 2021 :

S. Bertrand ¹, M. Buntinx, A. Clinquart, P. Delahaut, B. De Meulenaer, N. De Regge, S. De Saeger, J. Dewulf, L. De Zutter, M. Eeckhout, A. Geeraerd, L. Herman, P. Hoet, J. Mahillon, C. Saegerman, M.-L. Scippo, P. Spanoghe, N. Speybroeck, E. Thiry, T. van den Berg, F. Verheggen, P. Wattiau ²

¹ membre jusqu'en mars 2018 ; ² membre jusqu'en juin 2018

A partir du 25 janvier 2021:

A. Clinquart ¹, P. Delahaut, B. De Meulenaer, N. De Regge, J. Dewulf, L. De Zutter, A. Geeraerd, N. Gillard, L. Herman, K. Houf, N. Korsak, L. Maes, M. Mori, A. Rajkovic, N. Roosens, C. Saegerman, M.-L. Scippo, P. Spanoghe, K. Van Hoorde, Y. Vandenplas, F. Verheggen, P. Veys ², S. Vlaeminck

¹ membre jusqu'en décembre 2021 ; ² membre à partir de janvier 2022

Conflit d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts n'a été identifié.

Remerciements

Le Comité scientifique remercie la Direction d'encadrement pour l'évaluation des risques et les membres du groupe de travail pour la préparation du projet d'avis et les deux deep readers (C. Saegerman et P. Spanoghe).

Composition du groupe de travail

Le groupe de travail était composé de:

Membres du Comité scientifique:	B. De Meulenaer (verslaggever), P. Delahaut, M.-L. Scippo, A. Rajkovic*, N. Gillard*
Experts externes:	S. De Saeger (UGent)**, M. Eeckhout (UGent)**, E. Van Pamel (ILVO), B. Devleeschauwer (Sciensano), G. Haesaert (UGent), E. Tangni (Sciensano)
Gestionnaire du dossier:	W. Claeys

* à partir du 25 janvier 2021 membre du Comité scientifique

** jusqu'au 24 janvier 2021 membre du Comité scientifique

Les activités du groupe de travail ont été suivies par les membres de l'administration suivant (comme observateur): N. De Jaeger, J.-Ph. Maudoux, V. Vromman (DG Politique de Contrôle, AFSCA)

Cadre juridique

Loi du 4 février 2000 relative à la création de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, notamment l'article 8 ;

Arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire ;

Règlement d'ordre intérieur visé à l'article 3 de l'arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, approuvé par le Ministre le 8 juin 2017.

Disclaimer

Le Comité scientifique conserve à tout moment le droit de modifier cet avis si de nouvelles informations et données deviennent disponibles après la publication de cette version.