

## Notes techniques

# MYCOTOXINES DANS L'AIR DES LIEUX DE TRAVAIL: LES MÉTHODES DE MESURE ÉVOLUENT

La nouvelle méthode de prélèvement et d'analyse M-426, mise en ligne dans *MétoPol*<sup>1</sup>, permet aux préventeurs en entreprise de mesurer dans l'air les mélanges des dix mycotoxines qui peuvent contaminer les matrices manipulées par les salariés, dont, pour la première fois, le déoxynivalénol et les toxines HT2 et T2. Cet article en présente les nombreux avantages et les contraintes pour sa mise en œuvre. Il insiste également sur l'appréciation des performances de la méthode et sur les facteurs qui conditionneront la qualité des évaluations réalisées.

DANIÈLE JARGOT, SANDRINE MELIN  
INRS, département Métrologie des polluants

SOPHIE NDAW  
INRS, département Toxicologie et biométrie

Les mycotoxines sont sécrétées par différentes espèces de moisissures: *Aspergillus*, *Fusarium*, et *Penicillium* essentiellement, qui peuvent se développer sur les céréales, les fruits, les graines oléagineuses, le tabac et tous les matériaux riches en cellulose [1]. Les salariés qui manipulent des denrées alimentaires solides – grains, poudres ou farines – susceptibles d'être contaminées naturellement ou qui interviennent dans des bâtiments malsains en démolition, peuvent être exposés [2, 3]. Ces substances sont toxiques pour l'homme et l'animal (certaines sont cancérogènes) et font l'objet d'une surveillance très attentive pour la sécurité des consommateurs (Cf. Encadré 1). Leur dangerosité justifie que les expositions professionnelles soient également évaluées.

Une première série d'études, réalisée par l'INRS, a consisté à développer, valider et publier les méthodes de prélèvement et d'analyse de l'ochratoxine A, de la fumonisine B1 et des aflatoxines B1, B2, G1 et G2 [4, 5]. La mesure dans l'air de ces mycotoxines fait appel à des expertises ou des pratiques multiples qui relèvent à la fois du risque chimique et du risque biologique. Le prélèvement des poussières potentiellement contaminées et leur récupération à partir du média de collecte sont suivis par un traitement d'échantillons en plusieurs étapes et l'analyse des toxines elles-mêmes par CLHP<sup>2</sup>, la technique la plus utilisée pour ce type de composés.

Ces méthodes validées expérimentalement dans nos laboratoires respectent les critères de

performances préconisés dans les normes du domaine [6 à 10]. Elles tiennent compte, par ailleurs, des spécificités de l'échantillonnage des poussières dans l'air des lieux de travail. Les quantités de polluants collectées sont, de ce fait, très faibles, étant donné la contamination des denrées brutes, l'empoussièrement de l'air et la stratégie de prélèvement pour l'évaluation des expositions professionnelles, qui exige que la durée d'un prélèvement d'air reste dans tous les cas inférieure ou égale à 8 heures.

### ENCADRÉ 1 QU'EST-CE QU'UNE MYCOTOXINE ?

Les mycotoxines sont des substances synthétisées par certaines moisissures qui contaminent les matériaux riches en cellulose et les végétaux avant et/ou après leur récolte. Ces contaminants résistent en général aux procédés de transformation et peuvent se retrouver dans de nombreuses denrées alimentaires. Sur les 300 à 400 mycotoxines connues, une dizaine d'entre elles peuvent être à l'origine de pathologies animales ou humaines: les aflatoxines, l'ochratoxine A, les fumonisines, les trichotécènes (le déoxynivalénol et les toxines T-2 et HT-2 en particulier), la zéaralénone et la patuline qui contamine les fruits, notamment la pomme.

## RÉSUMÉ

Une étude récente a permis de publier une méthode de prélèvement et d'analyse pour les mélanges de dix mycotoxines dans l'air des lieux de travail. Cet article a pour but de compléter les informations techniques fournies dans la base de données MétroPol, en présentant ses nombreux

avantages mais également ses contraintes et les performances que l'on peut en attendre. La méthode permet de mesurer les expositions aux mycotoxines les plus retrouvées actuellement dans les matrices contaminées que les salariés peuvent être amenés à manipuler. Outre qu'elle pallie l'absence

d'évaluations menées jusqu'ici pour le déoxynivalénol et les toxines T2-HT2, la méthode représente une amélioration notable concernant aussi bien la stratégie de prélèvement en entreprises que les protocoles de laboratoire et le coût global de la mesure.

### *Mycotoxins in the workplace air: evolution in measurement methods*

*A recent study led to the publication of a sampling and analysis method for mixtures of ten mycotoxins in the workplace air. This article aims to complete the technical information provided in the MétroPol database, by presenting its many advantages but also its limits*

*and the performance that can be expected of it. The method can be used to measure exposure to the mycotoxins most frequently encountered in the contaminated matrices that employees may be required to handle. Apart from the fact that it makes up for the lack of evaluations*

*conducted until now for deoxynivalenol and the T-2 and HT-2 toxins, the method is a significant improvement both regarding sampling strategy in companies and laboratory protocols as well as regarding the overall cost of the measurement.*

Le matériel préconisé pour le traitement et le dosage des échantillons correspond à celui utilisé habituellement par les organismes et laboratoires qui effectuent des prestations d'évaluation des expositions au poste de travail pour les agents chimiques et biologiques. L'utilisation des colonnes d'extraction par immuno-affinité, commercialisées pour les mycotoxines dans les matrices agro-alimentaires, a été testée pour les échantillons d'air et permet le dosage des échantillons par CLHP et détection fluorimétrique. La méthode a finalement été validée au regard des exigences générales concernant les performances des procédures de mesure des agents chimiques sur les lieux de travail [11].

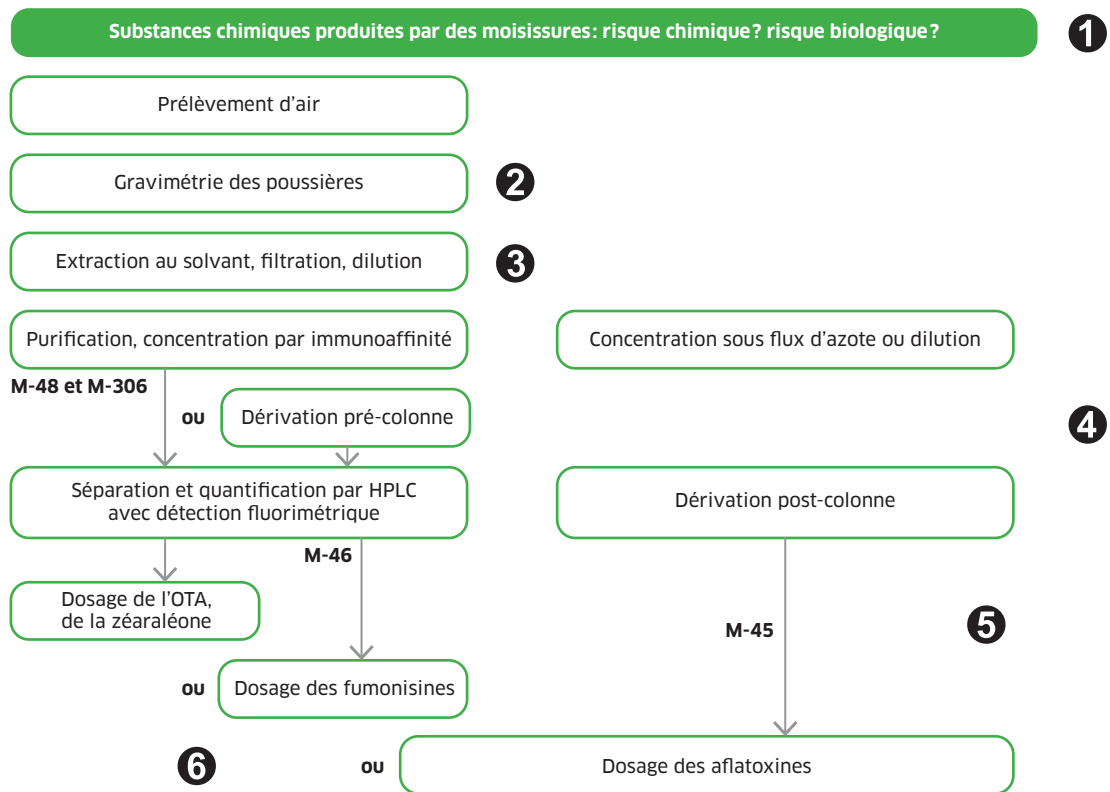
Des formations pratiques ont été assurées en 2012 et 2014, pour composer progressivement un réseau institutionnel de laboratoires compétents sur les analyses de mycotoxines dans l'air. Leur relative complexité a cependant constitué un frein à la mise en œuvre en routine. Les méthodes ont donc été améliorées et adaptées au progrès technique. À la suite de la publication des nouvelles méthodes proposées dans la base de données MétroPol [12], cet article présente les évolutions et les recommandations nécessaires pour répondre aux besoins des préventeurs et des laboratoires qui leur apportent un soutien analytique: une stratégie d'intervention en entreprise allégée, des méthodes plus simples et une maîtrise plus grande dans leur mise en œuvre.

### **Pourquoi prélever et analyser les mycotoxines dans l'air ?**

Les expositions professionnelles par inhalation, possibles lorsque des salariés manipulent des denrées ou des matériaux solides contaminés, ont été jusqu'ici peu évaluées. La dangerosité de ces substances, de la perturbation des réactions enzymatiques au caractère mutagène et/ou cancérigène de certaines, justifient pourtant que les expositions soient mieux connues.

Les prélèvements effectués dans l'air des lieux de travail ont pour première intention de mesurer les expositions et réaliser un inventaire des situations à risque, l'objectif, à terme, étant de réduire le niveau de ces expositions en informant les travailleurs, en aménageant les postes de travail ou en modifiant les procédés. Une image exacte de l'étendue et de l'importance des expositions professionnelles *via* l'inhalation de poussières contaminées, ne peut pas être obtenue par l'utilisation des résultats de dosages réalisés dans les matrices agro-alimentaires. La réglementation n'oblige à effectuer ces dosages que dans certaines matrices agro-alimentaires et pour quelques mycotoxines seulement, et il a été démontré que les poussières de l'aérosol pouvaient être 10 à 50 fois plus contaminées que les denrées brutes. Les moisissures représentent en effet une contamination de surface sur l'enveloppe des grains de céréales et les particules les plus légères, qui sont pour l'essentiel des fragments





**Difficultés possibles pour les différentes étapes**

- 1 Les conditions climatiques et environnementales influent directement sur l'occurrence, l'importance et la nature de la contamination
- 2 L'échantillonnage de poussières dans l'air des lieux de travail limite les quantités collectées: moins de 100 mg de poussières ou 700 ng (HT2), voire 350 pg (aflatoxines), de mycotoxines
- 3 Diversité des matrices solides
- 4 Spécificité des colonnes d'extraction par IA et unicité de l'analyse pour chaque échantillon qui obligent à faire un choix *a priori* du composé à doser pour chaque prélèvement d'air
- 5 Analyse d'un contaminant chimique présent en faible quantité (quelques µg/kg par exemple pour l'ochratoxine A) dans quelques mg ou dizaines de mg de poussières
- 6 Pour répondre à toutes les contraintes précédentes, le nombre des étapes et la manipulation de volumes d'échantillons qui vont de plusieurs centaines de mL à moins de 100 µL nécessitent que l'analyste soit conscient, à chaque étape, de ce qui est important : récupérer la totalité de l'échantillon ou en effectuer une dilution exacte

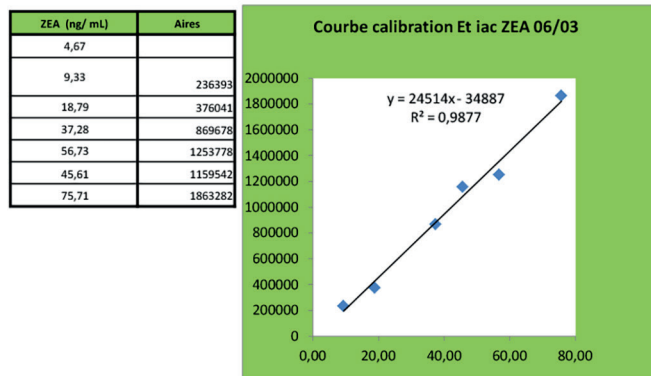
FIGURE 1 → Méthodes M-45, M-46, M-48 et M-306 (INRS [4,12]) pour les aflatoxines, les fumonisines, l'ochratoxine A ou la zéaralénone.

d'enveloppes que l'on peut retrouver en suspension dans l'air, sont aussi les plus contaminées. C'est pourquoi un prélèvement atmosphérique pourrait parfois même compléter, voire corriger un diagnostic de leur présence dans les denrées solides, rendu difficile par l'hétérogénéité extrêmement importante de la contamination fongique [13]. Les données de la littérature concernant surtout l'exposition par voie orale, mais quelques-unes d'entre elles ont suggéré une plus grande toxicité des mycotoxines pour la souris adulte femelle exposée par voie nasale [14]. Il est donc opportun d'évaluer et comparer l'effet des expositions par inhalation, contact cutané ou ingestion de denrées contaminées. Pour compléter l'évaluation des concentrations atmosphériques en mycotoxines, représentative de l'exposition par inhalation, l'INRS s'est engagé sur un deuxième axe de travail visant

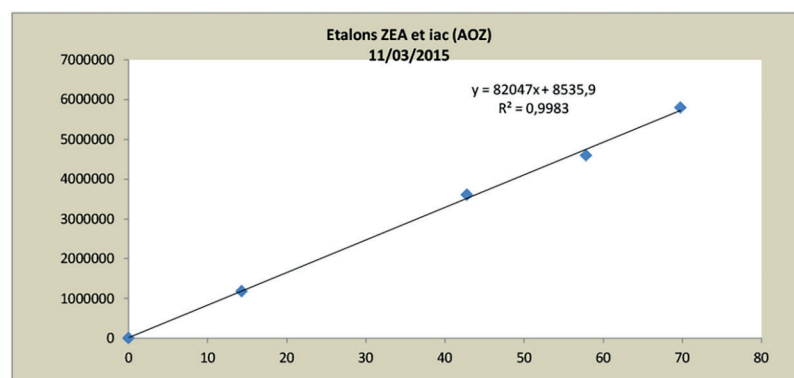
à comparer biométrie et mesure d'exposition: le dosage des mycotoxines et de leurs métabolites dans les urines des professionnels potentiellement exposés<sup>3</sup>. Cette approche pluridisciplinaire, associant mesures dans l'air et biométrie, permet d'envisager la caractérisation des expositions à ces substances en milieu de travail dans les différents secteurs professionnels concernés: récolte, manipulation ou transformation de céréales, fabrication d'aliments pour animaux, élevage ou manipulation de fourrages, par exemple [3].

**Mesures dans l'air: les difficultés rencontrées par les préventeurs**

Les méthodes de détermination de la concentration en un seul type de mycotoxine(s) dans l'air des lieux de travail, validées par l'INRS, reposent sur le prélèvement de l'aérosol de poussières à l'aide



ZEA sur colonne AOZ	
concentration en ng/mL	Aire
0	0
14,3	1178426
42,76	3614738
57,85	4598903
69,78	5803841



← FIGURE 2  
Exemple de comparaison des étalonnages effectués lors de la mise en œuvre de la méthode M-426 (AOF-DZT), en haut, et de la méthode individuelle, en bas.

d'un dispositif de prélèvement individuel CIP 10 à coupelle rotative, muni d'un sélecteur de la fraction inhalable. Les toxines sont alors extraites des poussières et du média de collecte par un mélange de solvants, purifiées et concentrées sur une colonne d'immuno-affinité (IA), puis analysées par chromatographie en phase liquide et détection fluorimétrique. Pour celles qui ne fluorescent pas naturellement, une réaction de dérivation pré- ou post-colonne est obligatoire. Les dosages se font par étalonnage externe à l'aide de solutions étalons, également concentrées sur colonne d'immuno-affinité. La figure 1 illustre la méthode avec les difficultés que le préventeur peut rencontrer. Celles-ci reposent sur la nature même des composés, le matériel analytique utilisé et l'interprétation des résultats de mesure.

La confusion qui peut exister entre empoissièrement et taux de contamination des poussières peut être à l'origine d'une contre-vérité: « Les mesures nécessitent beaucoup de poussières. On réalise des prélèvements uniquement dans des environnements très empoissérés ». Un niveau non discernable à l'œil nu de 0,2 mg/m<sup>3</sup> en poussières correspond en réalité à 1 mg de particules collectées lors d'un prélèvement à 10 L/min pendant 8 heures. Et il suffit que les poussières soient très fortement contaminées en l'une ou l'autre des mycotoxines, pour que celle-ci puisse être dosée sans trop de difficultés. La faisabilité des mesures dépend de deux

paramètres qui peuvent être indépendants: la concentration de poussières dans l'air et le niveau de contamination de ces poussières par les mycotoxines. En conclusion, il est important de retenir que la mesure de l'exposition aux mycotoxines est à envisager dès que les deux conditions suivantes sont remplies: la contamination potentielle des matrices solides par des moisissures et un empoissièrement du lieu de travail, même faible.

### L'évolution des méthodes de mesure des mycotoxines dans l'air

Une première amélioration a été apportée par la mise sur le marché de nouvelles colonnes d'extraction par immuno-affinité AOZ (aflatoxines, ochratoxine A, zéaralénone), pour doser conjointement ces trois types de toxines dans les matrices solides. Validées dans notre laboratoire pour le traitement des prélèvements d'air, elles ont permis de proposer la méthode MétroPol M-339 (mélanges AOZ) [12]. Des colonnes associées en tandem AOF-DZT (aflatoxines B1, B2, G1 et G2, ochratoxine A, fumonisine sur la première, DON, zéaralénone, HT2 et T2 toxines sur la seconde) sont disponibles depuis 2016. Proposées à l'origine pour les mélanges de ces dix mycotoxines dans les matrices agro-alimentaires dosées par LC-MS/MS<sup>4</sup>, elles ont été testées dans nos laboratoires pour l'air des lieux de travail. Cela a nécessité une adaptation conséquente de nos propres techniques d'analyse et les contraintes



relevées à cette occasion ont été étudiées et contournées. Les laboratoires acteurs de la prévention en hygiène et sécurité du travail, peuvent ainsi bénéficier, eux aussi, de tous les avantages annoncés avec les colonnes associées en tandem pour la préparation des échantillons.

### Les améliorations apportées en 2018

La méthode M-426 [12] publiée pour les mélanges de mycotoxines dans l'air permet dorénavant de :

- rechercher et doser, dans un seul prélèvement d'air, les dix mycotoxines présentes actuellement dans les denrées agro-alimentaires et probablement dans les matrices manipulées par les salariés européens en 2018. Le dosage est réalisé à partir de la solution d'extraction des particules collectées sur mousse et met en œuvre en parallèle plusieurs conditions d'analyse sur quatre aliquotes identiques;
- disposer d'une méthode adaptée à une nouvelle famille de mycotoxines préoccupantes, les trichothécènes, à laquelle appartiennent les toxines T-2 et HT-2 et le désoxynivalénol (DON), qui peuvent maintenant être recherchés et mesurés dans l'air [15, 16];
- simplifier la stratégie de mesurage et ne plus faire de choix *a priori* de la (des) mycotoxine(s) à doser. Cela conduit à un plus grand nombre de données, qualitatives ou quantitatives, recueillies pour un même nombre d'échantillons d'air prélevés;
- standardiser l'analyse, avec des étapes de préparation d'échantillons systématiques, quelle que soit la mycotoxine recherchée. Au final, des erreurs de manipulation sont évitées et la durée d'analyse est divisée par quatre;
- diminuer les quantités de solvants utilisées et les consommables pour la préparation des échantillons: une seule extraction par immuno-affinité pour les dix composés dosés, aussi bien pour les étalonnages que pour les échantillons prélevés permet, par exemple, une économie estimée à 75% du nombre des colonnes d'immuno-affinité (IA) à stocker.

### Contraintes et performances de la méthode

En théorie, l'analyse simultanée des dix composés en mélange est possible, avec une seule technique analytique et la programmation en ligne de l'élution et de la dérivation pré- ou post-colonne. Les contraintes techniques évoquées ci-après empêchent cependant que toutes les mycotoxines puissent être dosées quantitativement dans un seul et même échantillon injecté.

La variabilité de leurs concentrations dans les échantillons d'air et celle des rendements d'extraction par immuno-affinité, d'une substance à l'autre, d'un lot de colonnes IA à l'autre, obligent en effet à moduler les volumes d'injection: 20 µL pour le

DON, au moins 80 µL pour HT2 et T2 par exemple, sous peine de dépasser les zones de linéarité du dosage pour l'une et de ne pas avoir une sensibilité suffisante pour l'autre. La nécessité de mélanges éluants différents et de plusieurs types de détection (dans l'ultraviolet ou par fluorescence) empêche d'obtenir simplement, dans l'optique d'une utilisation en routine, un chromatogramme global avec des pics bien séparés et identifiés pour l'ensemble des mycotoxines en mélange.

La méthode a été testée au regard des critères de performance proposés dans le guide des mises au point pour le prélèvement actif d'aérosols organiques semi-volatils, publié dans la base de données MétroPol. Les essais ont dû être adaptés, avec :

- un étalonnage, effectué pour chaque série d'analyses, comprenant une préparation des étalons systématiquement identique à celle des échantillons;
- le dopage de mousses-témoins, par des suspensions liquides connues, préparées à partir de matrices certifiées contaminées naturellement [5]. Sans toutefois concerner la méthode elle-même, l'hétérogénéité de la contamination des matrices certifiées pour les différentes mycotoxines, tout comme la difficulté à maîtriser leur concentration dans la suspension de dopage, peut expliquer que certains résultats obtenus pour les aflatoxines et les toxines HT2/T2 aient présenté une incertitude relativement importante;
- le rendement de récupération calculé à partir de la contamination en toxine dans l'échantillon dosé, rapportée à celle de la suspension de dopage. Les essais de validation ont permis d'englober dans le calcul du rendement l'ensemble des paramètres suivants: la technique de dopage, l'extraction des poussières à partir des mousses, le traitement des échantillons, le dosage CLHP de chacune des mycotoxines et la présence simultanée des dix mycotoxines sur les mousses de collecte et dans les colonnes d'extraction IA;
- la conservation des particules contaminées dans les coupelles de prélèvement évaluée pendant au moins 30 jours à température ambiante. Un test de conservation sur une période plus longue n'apparaît pas pertinent pour les mesures dans l'air des lieux de travail. Les pertes enregistrées dans un délai « raisonnable » supérieur à un mois, resteraient probablement faibles, compte tenu de la stabilité connue de ces substances dans les substrats solides.

En dehors d'un domaine d'application parfois réduit, la qualité du dosage selon la méthode M-426 n'est globalement pas altérée (Exemple de la zéaralénone en figure 2). Pour les aflatoxines, le niveau de performances validé expérimentalement reste en deçà de celui estimé pour les méthodes individuelles et la méthode M-426 constitue une première étape vers un dosage plus précis.

L'impact sur l'évaluation du risque est faible au vu des contaminations, heureusement rares et modérées, dans les denrées habituellement manipulées par les salariés, pour cette famille de mycotoxines. Si la présence d'une aflatoxine était mise en évidence, de nouveaux prélèvements d'air seraient alors réalisés selon la méthode MétroPol M-45, plus adaptée.

### Conclusion et perspectives sur la mesure dans l'air des lieux de travail

La juste appréciation des performances de la méthode et des facteurs qui peuvent conditionner la qualité des évaluations réalisées permettra aux utilisateurs de ne pas se tromper sur les objectifs de mesurage. La mise en œuvre de la méthode MétroPol pour les mélanges de dix toxines (AOF-DZT) contribuera à l'évaluation des expositions aux mycotoxines dans l'air et des risques pour la santé associés à ces expositions.

La méthode M-426 correspond probablement à un optimum au-delà duquel nous ne chercherons pas à aller. Pour la majorité des substances concernées, elle permet des dosages fiables pour des quantités équivalentes à celles indiquées dans les méthodes spécifiques précédemment proposées, avec un coût en matériel et en solvant consommé bien moindre.

Les difficultés pour mesurer d'autres mycotoxines dites émergentes doivent maintenant être considérées au regard des bénéfices possibles. Le basculement vers des techniques plus sophistiquées, telles que la LC-MS/MS, est bien sûr envisageable. Mais les chromatogrammes de plus en plus complexes nécessiteraient alors des délais pour le rendu de résultats et une expertise pour les interpréter qui vont probablement au-delà de ceux que les laboratoires, qui effectuent l'analyse quantitative des expositions au risque chimique, doivent justifier aujourd'hui. Cette évolution ferait peser sur les épaules du chef d'entreprise une contrainte financière supplémentaire sans contrepartie l'incitant à réaliser ce type de mesures, jusqu'ici non encadrées par l'existence de VLEP recommandées. Il reste donc à la charge du préventeur d'apporter la preuve de l'intérêt de la qualité des mesures pour l'évaluation du risque sanitaire lié à ces substances. ●

1. Base de données accessible sur : [www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html](http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html)
2. Chromatographie en phase liquide à haute performance.
3. S. Ndaw, A. Robert – Étude INRS en cours EL 2014-021 : « Exposition professionnelle aux mycotoxines : biométrie et évaluation atmosphérique ».
4. LC-MS/MS (Liquid Chromatography Coupled to Mass Spectrometry/m.s.) : chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Your Definitive Source for Mycotoxin Information.

Accessible sur : [www.mycotoxins.info](http://www.mycotoxins.info)

[2] BROCHARD G., LE BACLE C. *Mycotoxines en milieu de travail*. Fiche agents biologiques ED 4411. INRS, 2011.

Accessible sur : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

[3] NDAW S. Veille et prospective – Toxicologie. Contamination par les mycotoxines : les professionnels aussi sont concernés. *Hygiène et Sécurité du travail*, 2015, 240, pp. 92-95.

Accessible sur : [www.hst.fr](http://www.hst.fr)

[4] Méthodes MétroPol – M-45: Aflatoxines. INRS, 2018. M-46: Fumonisine B1. INRS, 2018. M-48: Ochratoxine A. INRS, 2017. Accessibles sur : [www.inrs.fr/metropol/](http://www.inrs.fr/metropol/)

[5] JARGOT D., MELIN S. *Characterization and validation of sampling and analytical methods for mycotoxins in workplace air*. Environ. Sci.: Processes Impacts, 2013, 15, p. 633.

[6] Norme NF EN 14132 – Produits alimentaires – Dosage de l'ochratoxine A dans l'orge et le café torréfié – Méthode par purification sur colonne d'immuno-affinité suivie d'une CLHP. Saint-Denis – La Plaine, Afnor, août 2009 (*document payant, disponible auprès de : www.boutique.afnor.org*)

[7] Comité Européen de Normalisation – CEN Report 13505. Food Analysis: Biotoxins – Criteria for Analytical Methods of Mycotoxins. Bruxelles, CEN, 1999.

[8] Norme NF EN ISO 16050 – Produits alimentaires – Dosage de l'aflatoxine B1 et détermination de la teneur en aflatoxines B1, B2, G1 et G2 dans les céréales, les fruits à coque et les produits dérivés – Méthode par CLHP. Saint-Denis – La Plaine, Afnor, octobre 2011 (*document payant, disponible auprès de : www.boutique.afnor.org*)

[9] Norme NF EN 14352 – Produits alimentaires – Dosage des fumosinines B1 et B2 dans les aliments à base de maïs – Méthode CLHP avec purification par colonne d'immunoaffinité. Saint-Denis – La Plaine, Afnor, décembre 2004 (*document payant, disponible auprès de : www.boutique.afnor.org*)

[10] Norme NF EN 15850 – Produits alimentaires – Dosage de la zéaralénone dans les aliments à base de maïs pour bébés, dans la farine d'orge, dans la farine de maïs, dans la polenta, dans la farine de blé et dans les aliments à base de céréales pour nourrissons et enfants en bas âge. Méthode par chromatographie liquide haute performance avec purification sur colonne d'immuno-affinité et détection par fluorescence. Saint-Denis – La Plaine, Afnor, juillet 2010.

[11] Norme NF EN 482+A1 – Exposition sur les lieux de travail – Exigences générales concernant les performances des procédures de mesure des agents chimiques. Saint-Denis – La Plaine, Afnor, novembre 2015.

[12] Méthodes MétroPol – M-306: Zéaralénone. INRS, 2018. M-339: AOZ. INRS, 2018. M-426: AOF-DZT. INRS, 2018. Accessibles sur : [www.inrs.fr/metropol](http://www.inrs.fr/metropol)

[13] REICHEL M., STAIGER S., BISELLI S. *Analysis of Fusarium toxins in grain via dust: a promising field of application for rapid test systems. Special issue: Rapid methods for mycotoxin detection*. World Mycotoxin Journal, 2014, 7, 4, pp. 465 - 477.

[14] AMUZIE C.J., HARKEMA J.R., PESTKA J.J. *Tissue distribution and inflammatory induction by the tricothecene DON in the mouse*. Toxicology, 2008, 248, 1, pp. 39-44.

[15] Recommandation 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 (texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) : 2013/165/UE. Journal officiel de l'Union européenne, 30 avril 2013.

[16] World Mycotoxin Survey 2017 – Annual Report No. 14. Accessible sur : [www.biomin.net](http://www.biomin.net)