

Étude de cas

FABRICATION DE SAUCISSONS: MESURES ET PRÉVENTION DES EXPOSITIONS AUX BIOAÉROSOLS

XAVIER
SIMON,
PHILIPPE
DUQUENNE
INRS,
département
Métrologie
des polluants

→ **LA PROBLÉMATIQUE:** L'apparition de problèmes respiratoires répétés (dyspnée, toux nocturne, crise d'asthme) chez des salariés de deux entreprises de fabrication de saucissons secs a motivé la réalisation de campagnes de mesures de bioaérosols. Les salariés de ces entreprises sont en effet susceptibles d'être exposés à des moisissures de type *Penicillium sp.* entrant dans le procédé de fabrication des produits de charcuterie et salaisons. Les interventions comportaient plusieurs objectifs: identifier les postes les plus exposés, apporter des informations sur les risques éventuels liés aux concentrations mesurées et définir les éventuelles actions à mener pour adapter ou renforcer les moyens de prévention déjà en place. Ce travail émane d'une coopération entre l'INRS, la Carsat Auvergne, la Carsat Rhône-Alpes, les médecins du travail et les entreprises concernées.

→ **LA RÉPONSE DE L'INRS ET DES CARSAT:** Des mesures de l'exposition professionnelle aux aérosols ont été réalisées dans chacune des deux entreprises. Les concentrations en poussières et en moisissures cultivables dans l'air ont été déterminées par des prélèvements représentatifs de la fraction inhalable, à poste fixe et individuel.

S'agissant des concentrations massiques en poussières, seuls les postes ayant fait l'objet de plaintes de la part des salariés ont été étudiés: préparation des ingrédients et épices, broyage-farinage et conditionnement des saucissons. A noter que, pour ces tâches, les entreprises rencontraient parfois des difficultés de recrutement d'intérimaires qui présentaient des symptômes respiratoires dès les premiers jours de travail.

Concernant les moisissures, une grande partie des tâches liées à la production des saucissons a été évaluée. Les produits de charcuterie tels que les saucissons sont généralementensemencés avec une solution contenant des agents fongiques de type *Penicillium sp.* de manière à initier le développement d'une fleur de moisissures. Celle-ci se développe pendant les étapes d'étuvage et de séchage et se présente au final sous forme d'une couche blanche, plus ou moins régulière ou épaisse, qui recouvre la surface externe des pièces de charcuteries.

L'exposition des salariés à des particules fongiques aéroportées peut conduire à l'apparition de pathologies d'origine immunoallergiques telles que l'asthme ou la rhinite [1,2]. La présence de moisissures dans ces atmosphères de travail est suspectée d'être un facteur important dans le déclenchement de pathologies respiratoires, notamment des pneumopathies d'hypersensibilité [3-5]. Toutefois, les risques biologiques afférant à la présence de bioaérosols dans les entreprises de fabrication de saucissons restent mal connus et largement sous-documentés.

Les activités professionnelles dans les deux entreprises

Les entreprises A et B sont spécialisées dans la préparation industrielle de produits à base de viande et plus particulièrement, la fabrication de saucissons secs. L'entreprise A emploie environ 50 salariés et fait partie d'un groupe national. L'entreprise B emploie environ 110 salariés et fait partie d'un groupe international. Les informations qui vont être données concernant les différentes étapes de fabrication ont pour objectif de brièvement décrire les postes de travail étudiés. Les fondements de certaines pratiques et les détails du procédé de fabrication, basé sur un savoir-faire particulièrement rigoureux, ne sont pas toujours expliqués.

L'entreprise A possède son propre atelier de réception des carcasses de porc et les morceaux de viandes sont découpés sur place par des salariés. L'entreprise B sous-traite cette activité et réceptionne des caissettes contenant les morceaux de porc préalablement découpés. À l'inverse, l'entreprise B possède son propre atelier de préparation et de conditionnement des ingrédients (sel, sucres, épices (poivre, muscade, etc.) et additifs (salpêtre, ferments bactériens) alors que l'entreprise A utilise des mélanges préparés par des fournisseurs.

L'élaboration de la mûlée consiste à hacher des morceaux de viande maigre et de gras puis à ajouter un assortiment d'ingrédients, d'épices et d'additifs dans des pétrins mélangeurs. Au cours de l'embossage, cette garniture est ensuite placée dans un embossoir et poussée dans un boyau pour obtenir une forme cylindrique régulière. Les saucissons sont enfin ficelés ou pourvus d'attaches, puis stockés sur

LES CAMPAGNES DE MESURES

Pour chacune des entreprises, les zones de travail et les tâches professionnelles ont été étudiées pendant plusieurs jours consécutifs, par prélèvements à poste fixe et individuel. Les concentrations massiques en poussières dans l'air (mg.m^{-3}) ont été déterminées par gravimétrie après prélèvements par cassettes fermées (37 mm - filtres en fibres de quartz ou PVC - débit 2 l.min^{-1}) ou par CIP 10-I (coupelle rotative avec mousse filtrante - débit 10 l.min^{-1}). Les durées de prélèvement étaient comprises entre 156 et 466 min (médiane = 252 min). Les concentrations en moisissures cultivables dans l'air ont été obtenues par dénombrement des colonies sur milieu gélosé (Malt Extract Agar, incubation à 25°C pendant 5 jours) après prélèvements par cassettes fermées (37 mm - membrane en polycarbonate stérile de diamètre de pores $0,8 \mu\text{m}$ - débit 2 l.min^{-1}). Elles sont exprimées en unités formant colonies par mètre cube d'air prélevé (UFC.m^{-3}). Les détails de la méthode peuvent être consultés dans les fiches MétroPol 121 et 122. Les durées de prélèvement étaient comprises entre 21 et 327 min (médiane = 91 min). À noter que des prélèvements simultanés ont également été réalisés dans des zones supposées non contaminées de chacune des entreprises, à savoir dans des bureaux (référence intérieur) et à l'extérieur (référence extérieur). Ces prélèvements de référence permettent d'effectuer des comparaisons avec les concentrations mesurées dans les zones d'activité. Enfin, les espèces majoritaires de moisissures, présentes dans les échantillons d'air prélevés, ont été identifiées en utilisant des techniques microscopiques et moléculaires.

des cadres roulants (entreprise A) ou des balancelles suspendues (entreprise B).

Ils sont ensuite ensemencés avec une culture liquide de moisissures de type *Penicillium sp.* (ferment de surface), par trempage ou par pulvérisation avec un pistolet d'arrosage. Pendant l'arrosage, l'excès de suspension ruisselle et s'écoule en direction d'un égout. Les lots de saucissons sont ensuite entreposés pour finaliser leur égouttage.

L'étuvage et le séchage se déroulent dans des pièces spécifiques, sous atmosphères contrôlées (température, humidité relative, flux d'air) et pour des durées variables en fonction de la nature et de la taille des produits qui sont préparés (de quelques semaines à plusieurs mois). Ces deux étapes successives se déroulent dans des salles séparées (étuves ou séchoirs) dans le cas de l'entreprise A alors que l'entreprise B les réalise dans un seul type de



← FIGURE 1
Exemples illustrant
les différents
aspects des
saucissons après
l'étape
de maturation.

salle, dont l'atmosphère évolue au cours du temps. Pendant ce moment clef du procédé de fabrication, les saucissons entrent en maturation et développent lentement leurs qualités organoleptiques. La maturation s'accompagne du développement d'une fleur fongique sur la surface externe des produits, parfois appelée « fleur de saucisson ». Elle se présente sous forme d'une couche duveteuse blanche qui peut être rase ou foisonnante, homogène ou éparsée sur la surface des saucissons en fonction des productions (Figure 1).

À l'issue de leur maturation, les saucissons de l'entreprise A sont transportés vers un atelier où des salariés les brossent, parfois manuellement, mais le plus souvent mécaniquement à l'aide d'une machine de brossage-farinage. Le brossage permet d'éliminer la fleur fongique de couverture en excès. Le farinage, avec une poudre alimentaire de fleurage contenant du carbonate de calcium et du talc, a pour objectif d'homogénéiser et améliorer l'apparence des produits pour leur commercialisation. Les saucissons farinés sont ensuite placés dans des chariots roulants et acheminés vers des lignes de conditionnement situées dans un atelier adossé, séparé par une porte souple à lanières.

Ces deux opérations de brossage et de farinage, très émissives en poussières dans l'entreprise A, n'étaient plus pratiquées dans l'entreprise B au moment des mesures. Les balancelles de saucissons arrivaient donc directement des séchoirs pour qu'ils soient conditionnés.

L'exposition des salariés

Pour l'entreprise A, l'atelier de brossage-farinage présente un empoussièremment particulièrement important avec une majorité des concentrations comprises entre 72 et 181% de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) de 10 mg.m^{-3}



LIEU/ACTIVITÉ	ÉCHANTILLONNEUR	PRÉLÈVEMENT	N	CONCENTRATIONS (mg.m ⁻³)			
				MIN	MAX	MÉDIANE	
Entreprise A	Brossage/Farinage	CF et CIP 10-I	Poste Fixe	4	2,7	17,5	9,7
	Salarié Brossage/Farinage	CF	Individuel	3	7,2	18,1	8,4
	Atelier conditionnement	CF et CIP 10-I	Poste Fixe	5	1,2	4,1	2,7
	Salarié conditionnement	CF	Individuel	10	1,2	10,9	4,4
Entreprise B	Préparation « épices »	CIP 10-I	Poste Fixe	9	1,2	23,2	4,5
	Salariés préparation « épices »	CIP 10-I	Individuel	4	9,5	69,2	31,1
	Élaboration mêlée	CIP 10-I	Poste Fixe	3	15,5	26,5	15,9
	Salariés élaboration mêlée	CIP 10-I	Individuel	3	19,4	31,4	29,7
	Atelier conditionnement	CF	Poste Fixe	2	0,13	0,17	/
	Postes conditionnement	CF	Poste Fixe	11	0,10	1,69	0,34
	Salariés conditionnement	CF	Individuel	10	0,40	4,65	0,86

CF: cassette fermée; N: nombre d'échantillons; MIN et MAX: valeurs de concentrations minimum et maximum

TABLEAU 1 ↑
Concentrations massiques en poussières en fonction de l'activité professionnelle.

pour les poussières sans effet spécifique (fraction inhalable) (Cf. Tableau 1). L'aérosol est un mélange complexe de moisissures issues du brossage des saucissons et de particules minérales alimentaires utilisées pour le farinage. Malgré son système de captage, la machine de brossage-farinage émet des bouffées de poussières blanches à chaque passage d'un lot de saucissons, qui se diffusent dans tout l'atelier. Le brossage manuel également réalisé dans cet atelier, les manipulations continues des saucissons en entrée et en sortie de la machine et l'utilisation occasionnelle d'une soufflette pneumatique constituent d'autres sources d'émission de poussières. Dans l'atelier de conditionnement, la moitié des concentrations mesurées dépassaient 3,5 mg.m⁻³. Les quatre prélèvements individuels les plus élevés (entre 6,1 et 10,9 mg.m⁻³) correspondent à des salariés situés au début des lignes de conditionnement. Ils s'expliquent par la proximité avec l'atelier de brossage-farinage et la manipulation directe des saucissons, et non des produits sous sachet.

Dans l'entreprise B, qui ne pratique plus les opérations de brossage-farinage, les concentrations massiques en poussières dans l'atelier de conditionnement sont plus faibles, majoritairement inférieures à 1 mg.m⁻³ (Cf. Tableau 1). Les concentrations les plus élevées (entre 1,22 et 4,65 mg.m⁻³) correspondent également aux salariés qui manipulent et déposent les saucissons en amont des lignes de conditionnement. Les activités de préparation des mélanges d'épices, d'ingrédients et d'additifs, ainsi que l'utilisation de ces mélanges engendrent des concentrations massiques en poussières très élevées. Les prélèvements individuels montrent par exemple que les salariés qui effectuent ces activités sont exposés à des concentrations comprises entre 95 et environ 700% de la VLEP de 10 mg.m⁻³. Les manipulations de grandes quantités de ces poudres et l'absence de moyens de prévention adaptés sont à l'origine de ces concentrations anormalement élevées.

Les concentrations en moisissures cultivables dans l'air aux points de référence à l'intérieur et à l'extérieur des entreprises A et B sont comprises entre 2,5×10² et 4,9×10³ UFC.m⁻³ ; elles correspondent aux concentrations habituellement mesurées dans des environnements sans source importante de moisissures (Cf. Figure 2).

Les ateliers de découpe de la viande, d'élaboration de la mêlée et d'embossage de l'entreprise A présentent des concentrations en moisissures cultivables peu élevées, toutes inférieures à 3,3×10⁴ UFC.m⁻³. L'activité d'ensemencement par arrosage est caractérisée par une concentration moyenne à poste fixe de 10⁵ UFC.m⁻³ dans l'entreprise A et de 2×10⁴ UFC.m⁻³ dans l'entreprise B. Cependant, la valeur de concentration bien plus élevée de 5,2×10⁶ UFC.m⁻³, mesurée sur un salarié de l'entreprise B, démontre que cette tâche peut causer des expositions fortes, principalement causées par les gestes réalisés et par la nature de l'aérosol émis (brouillard de gouttelettes).

L'air des étuves et des séchoirs de l'entreprise A présentaient des concentrations en moisissures cultivables majoritairement comprises entre 10⁴ et 10⁵ UFC.m⁻³, alors que pour l'entreprise B, elles sont toutes inférieures à 7×10³ UFC.m⁻³. Cette différence s'explique par le fait que le développement de la fleur de moisissures était mieux maîtrisé dans l'entreprise B (couche rase et homogène) que dans l'entreprise A (couche plus fournie, parfois foisonnante). Plus la fleur de saucissons est importante en surface des produits, plus la libération des particules fongiques dans l'air est facilitée, sous l'effet des flux d'air ou des manipulations des salariés par exemple. La meilleure maîtrise des étapes d'étuvage et de séchage permettent également à l'entreprise B de ne plus réaliser les opérations de brossage-farinage, les saucissons possédant d'emblée l'aspect requis pour leur commercialisation.

Les activités « post-séchage » de brossage-farinage (entreprise A) et de conditionnement (entreprises A

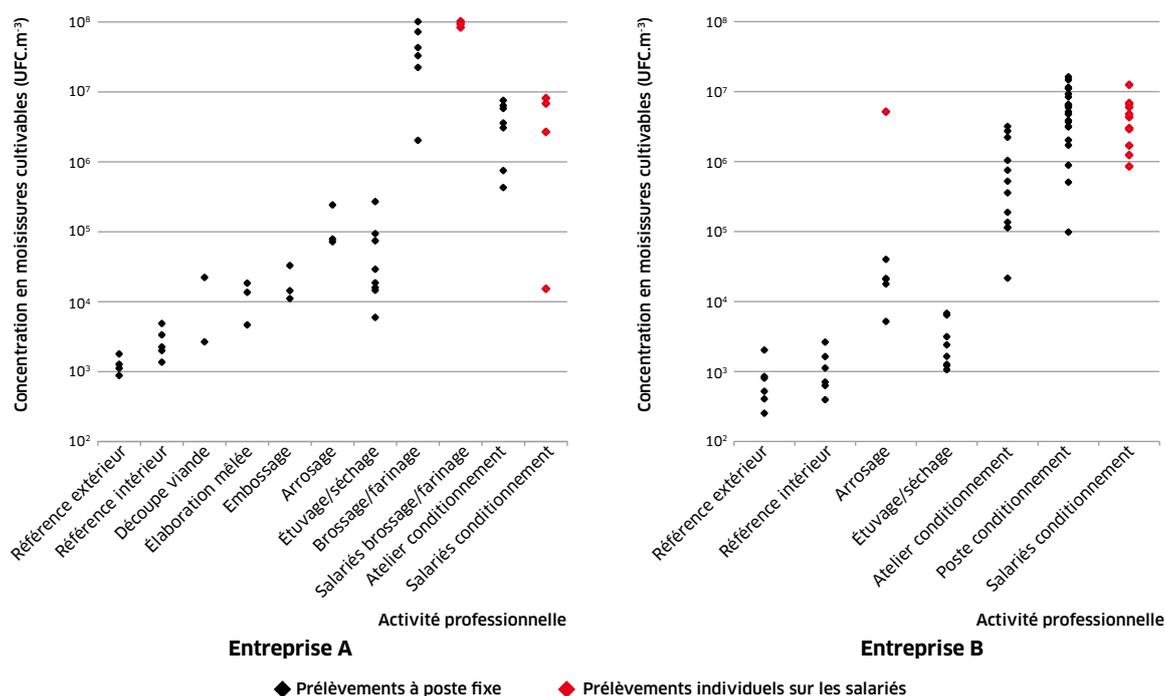
et B) présentent les concentrations en moisissures cultivables les plus élevées, pratiquement toutes supérieures à 10^5 UFC.m⁻³. Dans l'entreprise A, les salariés les plus exposés aux moisissures travaillent dans l'atelier de brossage-farinage avec des concentrations jusque 10^8 UFC.m⁻³ soit de 1 500 à environ 85 000 fois supérieures à celles mesurées au même moment à l'extérieur (de 1 100 à environ 54 000 fois pour une comparaison avec le point de référence intérieur). Dans l'atelier de conditionnement de l'entreprise A, les concentrations sont majoritairement comprises entre 10^6 et 10^7 UFC.m⁻³. Les niveaux de concentrations en moisissures cultivables sont du même ordre de grandeur dans l'atelier de conditionnement de l'entreprise B. Ainsi, les concentrations par prélèvements individuels sur les salariés des lignes d'emballage de l'entreprise B sont de 2 100 à environ 27 000 fois supérieures à celles mesurées au même moment à l'extérieur (de 1 200 à environ 11 000 fois pour une comparaison avec le point de référence intérieur). Les concentrations en moisissures cultivables mesurées dans ces deux entreprises sont proches des résultats obtenus par d'autres études dans le même secteur d'activité. Il faut noter que certains salariés portent systématiquement ou occasionnellement un masque de protection respiratoire (classe FFP2) pendant leur activité. Les concentrations auxquelles ils ont été réellement exposés peuvent donc être inférieures à celles mesurées à l'extérieur du masque. L'identification des moisissures a montré que la souche majoritaire est *Penicillium nalgiovense*. Elle correspond à la souche majoritaire dans les cultures liquides (ferment de surface) utilisées lors de l'arrosage par pulvérisation. *Penicillium nalgiovense* est

une moisissure allergène qui est impliquée dans la survenue de problèmes respiratoires chez les salariés de ce secteur d'activité [3-5].

Toutes les activités professionnelles de la fin de chaîne de production des saucissons secs de ces entreprises exposent les salariés à des concentrations élevées en moisissures cultivables dans l'air. Les concentrations mesurées pour les salariés les plus fortement exposés (brossage-farinage, conditionnement - Figure 2) sont extrêmement élevées au regard d'autres secteurs d'activité (compostage, agroalimentaire, tri des déchets, agriculture, etc.). L'interprétation des résultats de mesures et l'évaluation des risques liés aux bioaérosols demeurent délicats car il n'existe pas à ce jour de VLEP pour ces polluants, ni en France, ni ailleurs. Toutefois, quelques valeurs guides, comprises entre 10^3 et 10^5 UFC.m⁻³, sont proposées pour les moisissures par certains pays ou dans des articles scientifiques [6]. Une grande majorité des concentrations mesurées dans les deux entreprises étudiées dépassent donc ces valeurs guides, parfois même d'un facteur compris entre 10 et 1 000.

La présence dans l'air de *P. nalgiovense* et les concentrations mesurées en moisissures cultivables peuvent donc présenter un risque immunoallergique pour les salariés, si aucun moyen de prévention n'existe aux postes les plus exposés.

Les fortes concentrations massiques mesurées dans les ateliers de brossage-farinage et de conditionnement de l'entreprise A constituent un élément défavorable supplémentaire. En effet, l'empoussièrément général élevé et les fortes concentrations en moisissures participent, d'une manière complexe, à l'exposition globale des salariés. Concernant



← FIGURE 2
Concentrations en moisissures cultivables en fonction de l'activité professionnelle.



l'entreprise B, les activités de préparation des mélanges d'épices, d'ingrédients et d'additifs, ainsi que l'utilisation de ces mélanges lors de l'élaboration de la mûlée exposent aussi les salariés concernés à des niveaux de concentrations massiques en poussières trop importants.

L'amélioration des atmosphères de travail

Tous ces résultats ont contribué à définir et à proposer des actions à mener pour adapter ou renforcer les moyens de prévention déjà en place dans chacune des deux entreprises. Ils appellent tout d'abord à renforcer l'information des salariés, pour la compréhension des risques encourus lors de l'exécution

brossage-farinage. Réflexion à mener sur l'organisation du travail et la circulation dans les différents ateliers afin d'éviter les passages de salariés ou de matériels dans l'atelier de brossage-farinage. Adaptation des dimensions de la hotte aspirante utilisée pour les opérations de brossage manuel. Contrôle et amélioration de l'extraction d'air sur la machine de brossage-farinage. Cet air est traité par un dépoussiéreur à manches présent dans l'atelier, qui doit au minimum être entretenu plus régulièrement et, dans l'idéal, déplacé à l'extérieur des locaux. Améliorer l'étanchéité entre les ateliers de brossage-farinage et de conditionnement qui ne sont séparés que par une simple porte souple à lanières. Révision et remise en route de la compensation d'air dans ces mêmes ateliers (arrêtée lors de nos mesures). A terme, installation de systèmes de captage localisés à l'amont de toutes les lignes d'emballage, sur les postes les plus émissifs.

Entreprise B: Modification de la compensation d'air dans l'atelier de conditionnement, avec notamment une augmentation significative des débits d'apport d'air neuf filtré. Installation de systèmes de captage localisés à l'amont de toutes les lignes d'emballage, sur les postes les plus émissifs (découpe et dépose des saucissons). Installation de systèmes de captage localisés dans l'atelier de préparation des épices, au niveau du poste de vidage des poudres dans la trémie du mélangeur et au niveau du poste de remplissage semi-automatique des sacs de mélanges préparés. Réflexions également nécessaires dans l'atelier de préparation de la mûlée pour l'activité d'introduction des sacs de mélanges d'épices. La trémie utilisée pour vider ces sacs doit être modifiée pour réduire la hauteur de chute des poudres et doit être équipée, dans l'idéal, d'un organe de captage. ●

POUR EN SAVOIR +

- *Les risques biologiques en milieux professionnels*, INRS, 2014, ED 6034, 48 p.
- *Fiches MétroPol 121 Échantillonnage des microorganismes dans l'air par cassette fermée et 122 Comptage des microorganismes aérobies par culture sur milieu gélosé.*

de leurs tâches et pour les associer à toute démarche de prévention qui serait engagée. La mise à disposition d'appareils de protection respiratoires jetables doit, par exemple, s'accompagner d'une information aux salariés sur la nécessité de les porter lors de certaines tâches. Ils doivent également être formés à la bonne mise en place de cette protection sur leur visage.

La polyvalence des salariés sur les lignes de conditionnement doit également être développée ; cela permettrait de réduire les expositions individuelles moyennes aux moisissures et aux poussières qui sont plus élevées en début des lignes.

Des recommandations spécifiques ont ensuite été proposées dans chacune des entreprises.

Entreprise A: Suppression du balayage à sec et du nettoyage des postes et des vêtements des salariés à la soufflette pneumatique dans l'atelier de

Remerciements

Les auteurs remercient C. Coulais, G. Greff, V. Koehler de l'INRS, D. Vallet et F. Monjoffre de la Carsat Rhône-Alpes, ainsi que C. Mialon et C. Daffix de la Carsat Auvergne pour leur participation à l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ROSENBERG N., Affections respiratoires non infectieuses professionnelles liées aux agents biologiques - Physiopathologie et réactions syndromiques. INRS, *Documents pour le Médecin du Travail*, 2005. 102:235-244.

[2] ROSENBERG N., Affections respiratoires professionnelles non infectieuses dues aux agents biologiques - Secteurs agricoles et

agroalimentaire. INRS, *Documents pour le Médecin du Travail*, 2006. 106:225-238.

[3] GEHIN D, FAURE M., DUQUENNE P., SIMON X., VALLET D., MONJOFFRE F., LE BACLE C. Fabrication de saucissons secs et pneumopathie d'hypersensibilité - Point des connaissances et étude de poste, INRS, 2009, TF 183:437-452.

[4] ROUZAUD P., SOULAT J.M., TRELA C., FRAYSSE P., RECCO P., CARLES P., LAUQUE D. Symptoms and serum precipitins in workers exposed to dry sausage mould: consequences of exposure to sausage mould. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2001. 74:371-374.

[5] GUILLOT M., BERTOLETTI L., DEYGAS N., RABERIN H., FAURE

O., VERGNON J.M. Pneumopathie à la fleur de saucisson: trois observations. *Revue des Maladies Respiratoires*. 2008. 25:596-600.

[6] SIMON X., DUQUENNE P. Expositions professionnelles aux aérosols de moisissures: exemple dans une cave d'affinage de fromages, INRS, *Hygiène et sécurité du travail* 232, 2013, EC2, pp. 52-55.