

Étude de cas

EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX AÉROSOLS DE MOISSURES: EXEMPLE DANS UNE CAVE D’AFFINAGE DE FROMAGES

XAVIER
SIMON,
PHILIPPE
DUQUENNE
INRS,
département
Métrologie
des polluants

→ **LA PROBLÉMATIQUE:** Suite à l'apparition de symptômes respiratoires chez certains salariés travaillant dans une cave d'affinage de fromages à pâte pressée non cuite et à croûte fleurie, une campagne de mesures de bioaérosols a été organisée conjointement par la CARSAT Auvergne et l'INRS. Les salariés des fromageries, notamment les laveurs de fromages, sont en effet susceptibles d'inhaler des moisissures responsables de pathologies allergiques et toxiques. Le médecin du travail, l'entreprise et la CARSAT Auvergne souhaitent connaître les concentrations en moisissures dans les différentes zones de travail. Les objectifs étaient d'identifier les postes les plus exposés, de préciser les risques éventuels liés aux concentrations mesurées et de mieux appréhender d'éventuelles actions de prévention.

→ **LA RÉPONSE DE L'INRS:** Une évaluation de l'exposition professionnelle des salariés aux aérosols de moisissures a été effectuée pendant trois jours consécutifs par des prélèvements à poste fixe et en individuel. Les échantillons étaient ensuite analysés dans les laboratoires de l'INRS. Toutes les tâches ont été évaluées qu'elles soient liées directement à l'affinage des fromages ou non.

Les risques infectieux ne sont pas les seuls risques liés à l'exposition des salariés à des agents biologiques aéroportés. Des pathologies d'origines immunoallergiques ou toxiques sont également recensées [2, 3]: asthme, rhinite, pneumopathie d'hypersensibilité, syndrome toxique des poussières organiques et bronchite chronique sont les plus fréquentes.

Les salariés des caves d'affinage de fromages, notamment les laveurs de fromages, sont exposés à des moisissures, principalement des espèces appartenant au genre *Penicillium sp.*, responsables de pathologies allergiques et toxiques. L'atmosphère qui règne dans les caves d'affinage de fromages est généralement suspectée d'être un facteur important dans le déclenchement d'une maladie, parfois

dénommée « maladie des fromagers » ou « maladie des laveurs de fromages ». Il s'agit d'une forme d'alvéolite allergique extrinsèque rencontrée en milieu professionnel. Les observations publiées d'affections respiratoires professionnelles ne sont pas nombreuses [4, 5] et se résument, le plus souvent, à des constats isolés ou sur un échantillon de salariés restreint. Le travail dans des locaux froids, humides et confinés constitue, en lui-même, un facteur très favorable pour l'apparition de troubles respiratoires, notamment broncho-pulmonaires; des personnes travaillant à l'emballage des fromages ou au nettoyage des caves peuvent donc également présenter ces symptômes.

Le risque biologique afférant à la présence de bioaérosols dans l'activité de fabrication de fromages reste mal connu et largement sous-documenté. Peu d'articles précisent les valeurs de concentration en bioaérosols dans des fromageries ou des caves d'affinage.

L'entreprise

L'entreprise est spécialisée dans l'affinage de fromages à pâte pressée non cuite. Elle collecte les fromages frais, déjà moulés, auprès d'un réseau de petits producteurs. Les fromages sont rangés dans une cave d'affinage sur des clayettes en bois ou en inox où ils reposent sur des paillons en plastiques ou en paille. La température inférieure à 10 °C et l'humidité relative supérieure à 95% de la cave doivent être constantes.

Les propriétés organoleptiques d'un fromage se développent lentement et proviennent notamment des transformations qui s'opèrent sous l'action de moisissures présentes sur la surface. Cette flore se développe spontanément sur les produits sous l'influence des autres fromages et de l'atmosphère contaminée en moisissures.

Les fromages sont affinés pendant plusieurs semaines au cours desquelles des salariés réalisent des manipulations régulières: lavages à l'eau salée, frottements à sec et retournements.

Ces gestes assurent la conservation des produits, permettent aux fromages d'absorber du sel et d'augmenter leur teneur en eau, d'aérer la pâte et d'éviter le ramollissement, d'augmenter la fermeté de la croûte, d'obtenir un croustade régulier et de favoriser le développement d'une fleur de moisissures en surface. La fréquence et les modalités de ces manipulations varient en fonction de l'évolution du fromage.

En fin d'affinage, des sélectionneurs parcourent la cave pour choisir les fromages et constituer des lots homogènes de produits en fonction des demandes de chaque client. Ces lots sont acheminés dans un atelier d'emballage où plusieurs autres salariés procèdent au conditionnement, avant stockage et expédition.

Parallèlement, d'autres salariés évoluent dans la cave pour transférer les matériels souillés par les fromages (clayettes vides, paillons, tabliers et gants, etc.) vers une salle de nettoyage, attenante à la cave, réinstaller le matériel propre et laver le sol dans la cave.

L'ensemble des zones de travail et des tâches professionnelles ont été étudiées. Cinq prélèvements à postes fixes à hauteur des voies respiratoires et sept prélèvements individuels ont été effectués par jour, pendant trois jours consécutifs (cf. Figure 1). Des mesures de référence simultanées dans des zones supposées non contaminées (à l'extérieur et dans un bureau) ont été effectuées pour comparaison.

Les prélèvements étaient réalisés par filtration, avec des cassettes porte-filtre en polystyrène de 37 mm de diamètre. Les cassettes fermées contenaient un tampon support et une membrane en polycarbonate stérile présentant un diamètre de pores de 0,8 µm (Millipore, France). Le débit moyen de 2 L.min⁻¹ était assuré par une pompe



← FIGURE 1
Prélèvement
individuel
d'aérosols de
moisissures réalisé
sur un salarié

ENCADRÉ

LA PRODUCTION DE FROMAGES EN FRANCE

Environ 300 spécialités fromagères sont élaborées en France. On dénombre plusieurs dizaines de variétés de fromages fabriqués sous l'Appellation d'origine protégée (produits issus d'une zone géographique limitée et d'un savoir-faire spécifique à une région). En 2009, on consommait en moyenne en France 23,9 kg de fromages par habitant (second rang mondial). Tous types de fromages confondus (frais, à pâte molle, à pâte pressée cuite ou non cuite, à pâte persillée, de lait de vache, de brebis, de chèvre, etc.), la quantité produite en France s'élevait à environ 1,8 millions de tonnes [1].

individuelle (GilAir®, Gilian). Conformément aux préconisations de la norme NF X43-257 [6], les cassettes ont été fermées avec une presse pneumatique et positionnées de façon à ce que l'axe de l'orifice de captage reste horizontal tout au long du prélèvement. Les durées de prélèvement ont été comprises entre 129 et 454 min (médiane = 304 min).

Chaque jour, les échantillons étaient envoyés vers le laboratoire d'analyse de l'INRS par transport postal, réceptionnés le lendemain matin et analysés immédiatement soit moins de 24 heures après la fin des prélèvements. Les concentrations en moisissures mésophiles cultivables dans l'air ont été obtenues par dénombrement des colonies sur milieu de culture gélosé (Malt Extract Agar, incubation à 25°C pendant 5 jours - cf. Figure 2). Elles sont exprimées en unités formant colonies par mètre cube d'air prélevé par la cassette (UFC.m⁻³).



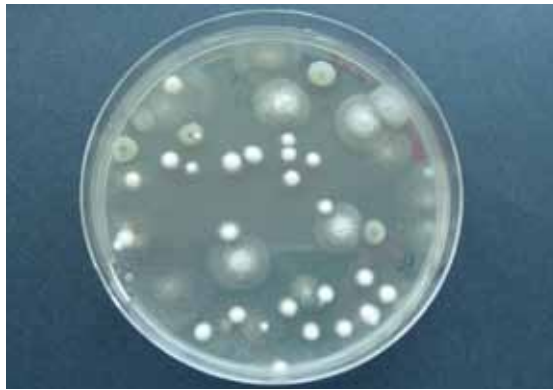


FIGURE II → Colonies de moisissures visibles sur le milieu de culture après incubation

© oeuvre INRS

Les espèces majoritaires ont été identifiées par techniques moléculaires après repiquage.

Exposition

Les concentrations individuelles en moisissures cultivables en fonction des activités professionnelles et les mesures d'ambiance pour les points de référence sont présentées sur la Figure 3. Les concentrations aux points de référence à l'intérieur et à l'extérieur sont comprises entre $6,9 \times 10^2$ et $8,1 \times 10^3$ UFC.m⁻³; elles correspondent aux valeurs de concentrations attendues pour des environnements sans source importante de moisissures.

Sur les 21 mesures de concentrations individuelles effectuées sur les salariés de l'entreprise, 20 dépassent 10^5 UFC.m⁻³. Ces concentrations sont de 55 à environ 180 000 fois supérieures à celles mesurées au même moment à l'extérieur (de 40 à environ 130 000 fois pour une comparaison avec le point de référence intérieur).

Les salariés les plus exposés travaillent dans la cave (concentrations > 10^7 UFC.m⁻³). La tâche la plus exposante est le frottement des fromages avec des concentrations supérieures à 10^8 UFC.m⁻³. Le

sélectionneur est le deuxième salarié le plus exposé avec des concentrations comprises entre $6,6 \times 10^6$ et $6,8 \times 10^7$ UFC.m⁻³.

Concernant les concentrations ambiantes mesurées à poste fixe, les valeurs sont également élevées, toutes supérieures aux concentrations mesurées aux points de référence. La salle de nettoyage du matériel souillé présente les concentrations ambiantes en moisissures cultivables les plus faibles, comprises entre $1,4 \times 10^4$ et $1,7 \times 10^5$ UFC.m⁻³. Pour les autres lieux de prélèvement dans la cave ou dans l'atelier d'emballage, les concentrations mesurées sont comprises entre $1,7 \times 10^5$ et $1,2 \times 10^7$ UFC.m⁻³.

Remarque: Certains salariés de l'entreprise portent systématiquement ou occasionnellement un masque de protection respiratoire (classe FFP2) pendant leur activité. Les concentrations auxquelles ils sont réellement exposés peuvent donc être inférieures à celles mesurées à l'extérieur du masque.

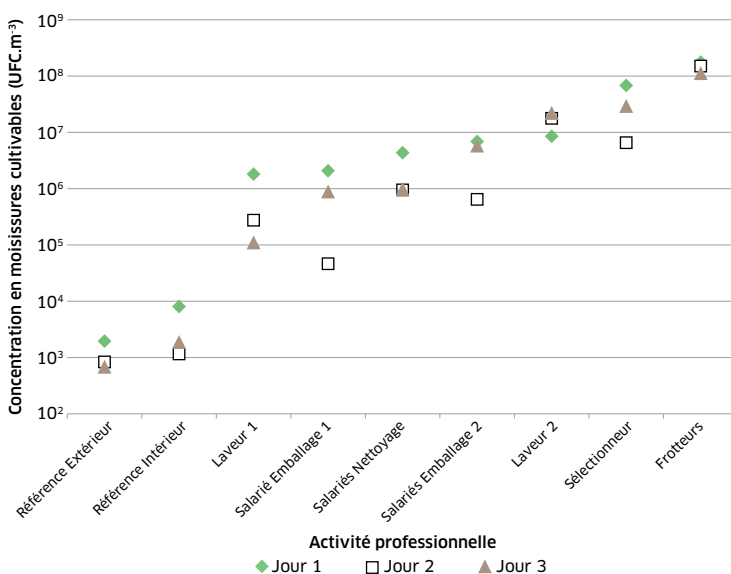
D'autres mesures ont révélé que l'aérosol fongique émis dans l'atmosphère de la cave présente des diamètres aérodynamiques compris entre 3 et 20 µm et contient différentes natures de particules (spores, fragments et brins de mycélium, agglomérats). Des bactéries, des fragments ou composés bactériens (endotoxines) sont également présents dans l'atmosphère de travail. Tout ceci participe donc, de manière complexe, à l'exposition globale des salariés.

Toutes les activités professionnelles de la chaîne de production des fromages de cette entreprise (frotteurs, laveurs, nettoyeurs, sélectionneurs, emballage) exposent les salariés à des concentrations élevées en moisissures cultivables dans l'air.

Les trois souches majoritaires ont été identifiées et correspondent à *Mucor fuscus* et à deux espèces de *Penicillium*. Elles représentent plus de 90% de la flore de moisissures parmi une vingtaine d'espèces ayant formé des colonies. Les moisissures appartenant aux genres *Mucor sp.* et *Penicillium sp.* sont des espèces potentiellement allergènes, qui sont parfois associées à des symptômes ou à des maladies professionnelles chez les salariés. Quelques exemples existent d'ailleurs pour le cas particulier des fromagers.

Les concentrations obtenues pour les salariés les plus fortement exposés (Laveur 2, Sélectionneur et Frotteurs - Figure 3) peuvent être qualifiées d'extrêmement élevées au regard des données disponibles dans d'autres secteurs d'activité (compostage, agroalimentaire, agriculture, tri des déchets, etc.).

Malgré la connaissance de l'effet des moisissures aéroportées sur la santé des travailleurs et la nécessité de réduire les risques, il n'existe pas à ce jour de valeur limite d'exposition professionnelle, ni en France ni ailleurs. Ce manque ne facilite pas l'interprétation des résultats de mesure



↑ FIGURE III Concentrations individuelles en moisissures mésophiles cultivables (ambiantes pour les deux références)

et rend délicate l'évaluation des risques liés aux bioaérosols. Quelques valeurs guides sont toutefois proposées par certains instituts, pays ou dans des articles scientifiques [7 - 9] mais elles ne sont pas strictement fondées sur des relations exposition - réponse. À titre d'exemple:

- pour les moisissures cultivables: la recommandation suisse (2013) est de 10^3 UFC.m⁻³ et la recommandation allemande (2004) de 10^4 UFC.m⁻³;
- pour les spores de moisissures (cultivables ou non, vivantes ou mortes): la valeur proposée par l'IRSST (Canada, 2007) est de 10^4 spores.m⁻³ et par le NIOH (Norvège, 2009) de 10^5 spores.m⁻³.

Une très grande majorité des concentrations mesurées dans la fromagerie étudiée dépasse ces valeurs guides.

Les concentrations mesurées en moisissures cultivables peuvent donc présenter un risque immuno-allergique, voire toxique, pour les salariés, si aucun moyen de prévention efficace n'existe aux postes les plus exposés.

Ces résultats imposent le maintien des moyens de prévention déjà en place dans l'entreprise (port du masque, ventilation générale, etc.). Ils appellent également à renforcer l'information aux salariés, nécessaire à la compréhension des risques encourus lors de l'exécution de leurs tâches et de les associer à toute démarche de prévention qui sera éventuellement entreprise. La réflexion concernant la réduction des niveaux de concentrations dans la cave est délicate à appréhender car la présence de moisissures en suspension dans l'air est indispensable au processus d'affinage des fromages. L'atmosphère spéciale qui règne dans cet espace confiné permet d'ensemencer les nouvelles productions de fromages frais et constitue, à ce titre, l'un des outils de travail les plus précieux de l'entreprise. La présence délibérée de moisissures dans l'air s'entretient au

POUR EN SAVOIR +

- Dossier Risques Biologiques, sur le site www.inrs.fr
- *Les risques biologiques en milieu professionnels*, INRS, 2008, ED 6034, 48 p.
- *Fabrication de saucissons secs et pneumopathie d'hypersensibilité - Point des connaissances et étude de poste*, INRS, 2009, TF 183, 16 p.

fur et à mesure du temps, notamment sous l'effet de l'activité récurrente de frottement des fromages. La marge de manœuvre concernant l'amélioration des moyens de prévention collective dans la salle de nettoyage et l'atelier d'emballage est beaucoup plus grande car il n'existe pas cette contrainte particulière.

Les constats, établis pour l'entreprise visitée au moment des mesures, n'ont pas vocation à être généralisés à toutes les entreprises qui réalisent l'affinage et l'emballage de fromages. Les valeurs de concentrations et les souches de moisissures rencontrées sont probablement très variables d'un établissement à l'autre (selon le poste et l'organisation du travail, les moyens de prévention existant, le type de fromage, les productions, la région ou la saison par exemple). Cette campagne de mesures démontre néanmoins que les concentrations en moisissures dans ce secteur d'activité peuvent parfois être particulièrement élevées. ●

Remerciements

Les auteurs remercient Catherine Coulais, Guylaine Greff-Mirguet, Véronique Koehler, Dominique Rousselle de l'INRS ainsi que Claude Mialon et Franck Gougat de la CARSAT Auvergne pour leur participation essentielle à l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

[1] **L'ÉCONOMIE LAITIÈRE EN CHIFFRES** - Édition 2011 - CNIEL - <http://www.cniel.com/index.html>.

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

[3] **ROSENBERG N.**, Affections respiratoires professionnelles non infectieuses dues aux agents biologiques - Secteurs

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

[4] **MOLINA C., TOURREAU A., AIACHE J.M., BRUN J., JEANNERET A., ROCHE G.** Manifestations allergiques chez les fromagers étude clinique, épidémiologique et immunologique. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 1977. 17 (5):235-245.

[5] **DALPHIN J.C., ILLIG S., PERNET D., DUBIEZ A., DEBIEUVRE D., TEYSSIER-COTTE**

C., DEPIERRE A. Symptômes et fonction respiratoires dans un groupe d'affineurs de gruyère de Comté. *Revue des maladies respiratoires*, 1990. 7 (1):31-37.

[6] **AFNOR**, Air des lieux de travail - Qualité de l'air - Prélèvement d'aérosol à l'aide d'une cassette (orifice 4 mm). NF X 43-257. 2008.

[7] **LAVOIE J., CLOUTIER Y., LARA J., MARCHAND G.** Guide sur la protection respiratoire contre les bioaérosols - Recommandations sur le choix

et l'utilisation (IRSST RG-497). 2007. 30 p.

[8] **EDUARD W.**, Fungal spores: A critical review of the toxicological and epidemiological evidence as a basis for occupational exposure limit setting. *Critical Reviews in Toxicology*, 2009. 39 (10):799-864.

[9] **SUVA**, Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2013. 147 p.