

Mesure de l'exposition aux moisissures et atteintes respiratoires chez les affineurs de fromages

AUTEURS :

A. Bonnafé¹, X. Simon², P. Duquenne², J.C. Bastide³, D. Laimé⁴, C. Le Bâcle¹

1. Département Études et assistance médicales, INRS

2. Département Métrologie des polluants, INRS

3. Département Études, veille et assistance documentaires, INRS

4. Association Interprofessionnelle de santé au travail de Clermont Ferrand (AIST 63)

EN
RÉSUMÉ

L'affinage de fromages nécessite des conditions d'humidité et de température favorables à la présence de moisissures, parfois typiques d'une région. Le travail en cave d'affinage va exposer les salariés à ces moisissures dont certaines espèces, nécessaires à la qualité du produit fini, sont connues pour être allergisantes. Certains de ces salariés peuvent développer des signes respiratoires plus ou moins marqués (rhinite...) qui pourront conduire à des pathologies quelques années plus tard (asthme...). Des niveaux élevés de contamination fongique sont néanmoins nécessaires. Cet article rapporte les résultats d'une enquête associant des prélèvements d'atmosphère et des prélèvements individuels en les rapprochant des données médicales figurant au dossier des salariés exposés et des données bibliographiques récentes.

MOTS CLÉS

Moisissure /
affection
respiratoire



© WATIER VISUEL

Cette étude a été réalisée suite à une demande d'assistance faite par le service Prévention de la Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) d'Auvergne. Il s'agissait d'explorer la possibilité qu'un lien existe entre des troubles respiratoires chez une salariée et son travail dans une cave d'affinage de fromages saint-nectaire. Au-delà du cas individuel, la question était posée pour l'ensemble des salariés travaillant en cave d'affinage. Dans les activités d'affinage des fromages à pâte pressée non cuite et à croûte fleurie, les employés des caves, appelés « affineurs », lavent et frottent avec soin chaque fromage, dans une atmosphère chargée en moisissures. Ces moisissures font partie intégrante du processus de fabrication. L'inhalation chronique de fortes concentrations de moisissures, que ce soit dans l'industrie agroalimentaire (affinage de fromages ou de saucissons secs en particulier) ou dans d'autres secteurs (traitement des déchets, élevage agricole...), peut entraîner diverses

Mesure de l'exposition aux moisissures et atteintes respiratoires chez les affineurs de fromages

manifestations respiratoires allergiques : rhinites, asthmes, certaines pneumopathies d'hypersensibilité au nom évocateur de la profession (poumon du fermier... ou ici maladie des fromagers). Par contre, il semble qu'aucune publication n'ait à ce jour rapporté de risque infectieux lié à l'emploi de moisissures dans l'industrie agroalimentaire. Une enquête conjointe CARSAT Auvergne – INRS a permis de préciser l'importance de l'exposition aux moisissures pour l'ensemble des personnels travaillant dans cette cave. Les résultats métrologiques ont été rapprochés des plaintes ou des gênes rapportées par les salariés lors de la visite médicale et notées dans leurs dossiers médicaux.

Les objectifs de cette étude étaient multiples :

- évaluer les expositions des travailleurs en cave par des mesures quantitatives des moisissures dans l'air et mettre en évidence les situations de travail les plus exposantes ;
- identifier une possible corrélation entre l'intensité de ces expositions et les troubles respiratoires éventuellement déclarés par ces employés de cave, l'hypothèse étant qu'il pourrait y avoir une relation dose-effet ;
- évaluer la fréquence et la réalité des expositions et symptômes chez les fromagers, par un état des lieux en France à travers différentes sources de données.

Enfin, de façon plus globale, cette étude vise à fournir une base objective de réflexion sur des mesures de prévention, afin de réduire les pathologies respiratoires immunoallergiques liées aux moisissures.

GÉNÉRALITÉS SUR LE FROMAGE

La France est souvent considérée comme le pays du fromage. En termes de production, les États-Unis sont néanmoins en tête avec, en 2009, une production de 4 939 000 tonnes, soit 24 % de la production mondiale. L'Allemagne et la France se classent respectivement au deuxième et au troisième rang avec presque 2 millions de tonnes (9 %).

En termes de consommation, les Français se situent au 2^e rang mondial avec 25,6 kg de fromages consommés par habitant et par an, juste après les Grecs [1].

La France se caractérise par une grande diversité de fromages, avec plus de 300 types déclinés en 1 000 variétés. Parmi elles, 46 bénéficient d'un label particulier, AOC (Appellation d'origine contrôlée) au niveau national et AOP (Appellation d'origine protégée) au niveau européen. Tout au long de leur fabrication, ces fromages répondent à un cahier des charges très précis qui garantit ainsi un produit de terroir et de qualité.

La fabrication du fromage remonte à des temps très anciens. Le principe est l'extraction partielle de l'eau contenue dans le lait, afin d'obtenir un produit plus facile à conserver. Même s'il existe une multitude de fromages, les étapes de fabrication sont toujours sensiblement similaires : la première étape est la collecte du lait (il peut s'agir de lait de vache, de brebis, de chèvre...), puis le caillage correspond à la coagulation du lait qui se fait grâce à l'ajout de présure (extrait enzymatique provenant de l'estomac de jeunes veaux) et/ou de ferments. Le caillé obtenu est ensuite égoutté puis moulé dans la forme spécifique du fromage et salé.

L'affinage est la dernière étape avant le conditionnement, permettant la maturation du fromage, elle a lieu dans des caves spécifiques. La durée de l'affinage ainsi que les techniques utilisées sont très différentes selon les fromages. C'est lors de cette phase de maturation que les microorganismes modifient la pâte et que se développent en surface des moisissures qui sont essentielles pour permettre aux fromages de développer leurs qualités organoleptiques, c'est-à-dire leur goût, leur arôme, leur aspect et leur texture. Les moisissures se développent :

- soit naturellement grâce aux conditions d'ambiance qui règnent dans la cave, par contamination des moisissures déjà présentes dans l'air,
- soit par l'ensemencement volontaire de moisissures spécifiques (*P. camemberti*, *P. roqueforti*...) par le maître affineur.

Un affinage réussi est la maîtrise d'un juste équilibre entre le développement des moisissures qui sont désirées, mais sans excès, et la limitation des moisissures non désirées.

PATHOLOGIES RESPIRATOIRES CHEZ LES FROMAGERS : GÉNÉRALITÉS

L'inhalation chronique de moisissures peut engendrer des pathologies immunoallergiques de type rhinites allergiques ou asthmes, et de façon plus rare des pneumopathies d'hypersensibilité (PHS).

Les rhinites et asthmes liés à l'inhalation de moisissures font intervenir des immunoglobulines E (IgE) et ne diffèrent pas pour l'essentiel des asthmes non professionnels dus

aux pneumallergènes communs de l'environnement. Leur seule particularité est d'être rythmés par le travail, au moins au début de la maladie (peu ou pas de signes durant le week-end et les congés, mais reprise des symptômes dès le retour au travail).

Les PHS, anciennement appelées alvéolites allergiques extrinsèques, sont des pneumopathies à révélation aiguë, subaiguë ou tardive (PHS chronique). Elles résultent de l'inhalation répétée au fil des ans de quantités élevées de substances antigéniques. Il s'agit le plus souvent de moisissures ou d'actinomycètes, mais aussi de levures, bactéries, protéines animales ou substances chimiques [2]. Le mécanisme allergique est complexe, à médiation humorale et surtout cellulaire. Les PHS réalisent histologiquement une infiltration cellulaire inflammatoire et granulomateuse de l'*interstitium* pulmonaire et des espaces aériens terminaux.

L'interrogatoire est un des piliers du diagnostic, il permet d'apprécier la chronologie des symptômes, leur date d'apparition, leur relation avec le milieu de travail, leur amélioration pendant le week-end ou pendant les congés et la récurrence après la reprise de travail. Le GERMOP (Groupe d'études et de recherche sur les maladies orphelines pulmonaires) a retenu cinq critères majeurs pour poser le diagnostic de PHS, dont les quatre premiers sont obligatoires (encadré 1). En pratique, le diagnostic étiologique repose le plus souvent sur l'association d'une symptomatologie compatible avec une PHS et la présence de précipitines sériques dirigées contre un antigène fongique ou bactérien.

Le traitement des PHS repose sur l'éviction antigénique. Toutefois, en cas de reclassement profes-

sionnel difficile, la poursuite de l'exposition est parfois possible sous réserve d'une diminution de l'exposition, grâce aux aménagements des conditions de travail ou à la mise en place de mesures préventives comme le port d'une protection respiratoire lors des tâches les plus exposantes.

Initialement, ces maladies étaient associées au monde agricole et particulièrement à l'exposition aux poussières de foin, de paille ou de grains moisissés lors de la distribution des fourrages, d'où le terme de maladie du poumon du fermier [3]. Cette forme de pneumopathie d'hypersensibilité reste la plus fréquente, mais progressivement, d'autres formes ont été décrites : maladie des éleveurs d'oiseaux, maladie des champignonnistes, maladie des écorceurs d'érable, maladies des ouvriers de papeterie...

La « maladie des fromagers », encore appelée « maladie des laveurs de fromages », a été décrite pour la première fois en Suisse en 1969 : De Weck et al. [4] rapportent deux cas d'affection pulmonaire aiguë caractéristique du syndrome du poumon du fermier, chez des ouvriers travaillant dans la fabrication d'emmental qui étaient atteints de « bronchite récidivante ».

Les examens immunologiques ont retrouvé des précipitines spécifiques contre *Penicillium casei*, moisissures qui se développent à la surface des croûtes d'emmental. Ces ouvriers lavaient régulièrement la croûte des fromages au cours de l'affinage, d'où le nom donné de « maladie des laveurs de fromages ».

Depuis, la survenue de symptômes respiratoires de type rhinite, asthme ou pneumopathie d'hypersensibilité a été rapportée dans la littérature chez des fromagers, la plupart sous forme d'observations isolées. Les fromages incriminés sont divers (cantal, saint-nectaire, comté, emmental, bleu d'Auvergne, brie...). Les antigènes responsables sont principalement des moisissures de type *Penicillium* : *Penicillium casei* est fréquemment cité [5 à 8], mais des sensibilisations ont été décrites à d'autres types de *Penicillium* (*P. album*, *P. notatum*, *P. glaucum*...), *Penicillium candidum* dans la fabrication de camembert [9], *Penicillium verrucosum* dans une fromagerie de gorgonzola [10], *P. viridicatum* et *P. brevicompactum* [11] (tableau 1 page suivante).

Le diagnostic de l'origine des symptômes est parfois compliqué

↓ Encadré 1

> CRITÈRES DU GERMOP POUR RETENIR LE DIAGNOSTIC DE PNEUMOPATHIE D'HYPERSENSIBILITÉ [2]

1. Preuve d'une exposition antigénique : retenue soit par la présence de précipitines, soit par l'interrogatoire, soit éventuellement par des prélèvements aérobiologiques.

2. Symptômes respiratoires compatibles et râles crépitants à l'auscultation.

3. Alvéolite lymphocytaire au lavage alvéolaire.

4. Diminution de la DLCO (*Diffusing capacity of the Lung for Carbon Oxyde* ou capacité de diffusion pulmonaire du monoxyde de carbone ou hypoxie d'effort).

5. Imagerie compatible (radiographie pulmonaire standard ou tomodensitométrie haute résolution).

Si les 5 critères sont présents, le diagnostic de PHS est certain. En l'absence du critère 5, il est licite d'obtenir une confirmation par un test de provocation respiratoire (en laboratoire à l'hôpital ou par réexposition « naturelle » au travail).

Mesure de l'exposition aux moisissures et atteintes respiratoires chez les affineurs de fromages

↓ **Tableau I**

➤ QUELQUES EXEMPLES DE MOISSURES ET ACARIENS MIS EN CAUSE DANS LA MALADIE DES FROMAGERS

Référence	Fromage	Agents biologiques suspectés
De Weck, 1969 [4] Minning, 1972 [5]	Emmental	<i>Penicillium casei</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>
Molina, 1977 [12]	Saint-nectaire	<i>Penicillium casei</i> <i>Acarus siro</i> *
	Bleu d'Auvergne Fourme d'Ambert	<i>Penicillium glaucum</i>
	Cantal	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Acarus siro</i>
Gari, 1983 [9]	Camembert	<i>Penicillium candidum</i>
Guglielminetti, 2000 [10]	Gorgonzola	<i>Penicillium verrucosum</i>
Galland, 1991 [7]	Vacherin	<i>Penicillium casei</i> <i>Fusarium solani</i>

* *Acarus siro* est un acarien présent sur et dans la croûte de certains fromages

du fait que d'autres antigènes sont également suspectés, avec des sensibilisations liées aux acariens de type *Acarus siro*, également appelés « cirons » ou « ardisons », qui coexistent avec les moisissures sur les croûtes de certains fromages [12 à 14].

Les cas décrits sont principalement français et suisses, un seul cas a été décrit aux États-Unis, ce qui peut s'expliquer par les différences de procédés de fabrication : la plupart des fromages américains sont en effet emballés dans un film plastique avant maturation, ce qui limiterait la croissance et la dispersion des moisissures [15]. L'ensemble des cas concerne des travailleurs en cave d'affinage (cavistes ou fromagers polyvalents amenés à travailler en cave), ce qui suppose la nécessité d'une exposition antigénique forte.

Les rhinites, asthmes et pneumopathies d'hypersensibilité peuvent être reconnus comme maladies professionnelles au titre des tableaux n° 66 et 66 bis du régime général, ou du tableau n° 45 du régime agricole.

ÉTUDE RÉALISÉE DANS UNE CAVE DE SAINT-NECTAIRE

L'étude comporte plusieurs volets :

- une étude des différents postes de travail dans la cave d'affinage de saint-nectaire,
- un recueil des données médicales des salariés de l'entreprise,
- une campagne de mesurages des moisissures dans l'air.

DESCRIPTION DES POSTES DE TRAVAIL

Le saint-nectaire est un fromage à pâte pressée non cuite, fabriqué exclusivement en Auvergne. Fromage d'appellation d'origine contrôlée (AOC), ses règles de fabrication sont réglementées par décret [16].

AVANT L'ARRIVÉE EN CAVE

La collecte du lait, le caillage, le moulage et le salage sont effectués en amont par les producteurs laitiers. Certains salariés s'occupent donc d'aller ramasser les « produits blancs », c'est-à-dire non affinés, chez ces producteurs. Ces « produits blancs » sont ensuite entre-

posés dans la cave. Les conditions d'ambiance sont propices au développement des moisissures, la température est maintenue inférieure à 10 °C, avec un degré d'hygrométrie important supérieur à 95 %. Des moisissures sont d'ailleurs visibles à l'œil nu sur les plafonds et les murs, témoignant d'un environnement adéquat. En effet, le saint-nectaire est un fromage nonensemencé (le fromage n'est pas volontairement pulvérisé de moisissures sélectionnées), seules les conditions ambiantes de la cave vont permettre la formation d'une fleur de surface. L'affinage à proprement parler dure au minimum 4 semaines, pendant lesquelles différents soins sont effectués.

LAVAGE

Le cahier des charges impose 2 lavages, respectivement à J+1 et à J+8 après l'entrée en cave. Un 3^e lavage est parfois effectué à J+15. Ces lavages s'effectuent avec une éponge synthétique et de l'eau additionnée de sel, ce qui permet de favoriser le développement des moisissures en surface et limite la prolifération d'autres microorganismes non désirés. Les fromages sont jeunes, entre 1 et 15 jours en cave, des moisissures commencent à se développer en surface. Le plus souvent, le laveur lave chaque fromage à la main. Le port d'une protection respiratoire n'est pas systématique.

FROTTAGE ET RETOURNEMENT

Les fromages sont frottés à la main, un à un, et retournés à J+22 et J+29. Le frottage permet d'éliminer l'excès de moisissures qui se forme en surface progressivement tout au long de l'affinage. Le retournement du fromage permet d'éviter l'affaissement d'un des deux côtés et d'obtenir un croûtage régulier. Le frottage produit des aérosols de moisissures visibles à l'œil nu. Les

frotteurs sont les seuls qui portent des protections respiratoires de type FFP2.

SÉLECTION

L'affinage est identique pour tous les fromages, pourtant, selon l'origine du lait, les fromages obtenus peuvent être très différents en termes d'aspect, de couleur et de texture. Certains clients (restaurants, fromageries au détail...) ont parfois des demandes bien spécifiques, c'est un sélectionneur qui est chargé de choisir dans la cave les fromages conformes aux attentes très précises de ces clients. Il a choisi de ne pas porter de protection respiratoire car il pense être peu exposé. Il manipule pourtant des fromages en fin d'affinage et passe un temps non négligeable en cave pour effectuer sa sélection d'un panel de fromages.

CONDITIONNEMENT

En fin d'affinage, les fromages se présentent sous une forme circulaire de diamètre d'environ 21 cm et d'une masse d'environ 1,7 kg, conformément au cahier des charges régissant l'appellation saint-nectaire AOC. Ils partent alors à l'emballage, qui est réalisé dans un local annexe. Les fromages sont emballés manuellement dans du papier, sur chacun est posé le logo de l'entreprise indiquant qu'il s'agit d'un fromage saint-nectaire fermier. D'autres salariés sont également amenés à passer en cave : deux manutentionnaires et un employé chargé de l'entretien de la cave et du matériel de cave.

CAMPAGNE DE MESURE DES CONCENTRATIONS EN MOISSURES DANS L'ENTREPRISE

L'équipe du laboratoire de métrologie des aérosols de l'INRS a réalisé une campagne de mesures

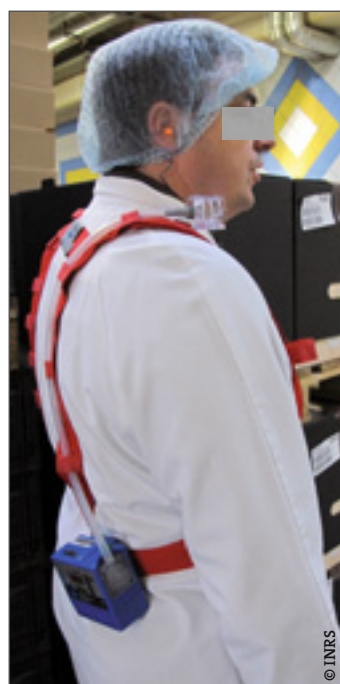
des concentrations en moisissures dans l'air de la cave et sur d'autres postes de travail, sur 3 jours consécutifs.

Les prélèvements ont été réalisés pour les activités suivantes : lavage à la main des fromages, frottage/retournement des fromages, sélection des produits dans les caves d'affinage, emballage des fromages dans les deux ateliers d'emballage, nettoyage des clayettes et du matériel dans la salle de lavage. Des points de référence, c'est-à-dire des zones supposées non contaminées, ont été choisis afin de servir de témoins pour l'interprétation des résultats. Le point de référence extérieur était le parking des salariés et le point de référence intérieur était une salle de réunion de l'entreprise située dans un bâtiment nettement séparé de la cave. Au total, plus de 50 prélèvements d'air ont été effectués pendant les 3 jours. Les durées de prélèvement ont été comprises entre environ 2 h et 7 h. Les moisissures étant majoritaires dans les échantillons, la distribution granulométrique de l'aérosol fongique émis à proximité de l'activité de frottage des fromages a été mesurée par impaction en cascade. La mesure des concentrations ambiantes en moisissures cultivables a été réalisée par des prélèvements à poste fixe (à hauteur des voies respiratoires) dans toutes les zones de travail. La mesure de l'exposition des salariés a été effectuée par des prélèvements individuels : les salariés volontaires ont été équipés d'une cassette de prélèvement reliée à une pompe et positionnée dans le champ proche de la zone respiratoire du salarié. L'avantage des prélèvements individuels est d'évaluer l'exposition du salarié, en prenant en compte à la fois ses déplacements dans les différentes zones de travail et ses gestes professionnels. Cette métrologie indi-

viduelle nécessite l'adhésion des salariés puisque, outre les temps de pose et de retrait, il peut exister une sensation de gêne aux mouvements pour certains postes, l'ensemble de l'équipement pesant environ 1 kilogramme à porter 2 fois 4 heures (600 g pour la pompe et 300 g pour le harnais et la cassette (photo 1). De nombreux détails techniques complémentaires concernant ces mesures sont donnés dans un précédent article [17].

PRÉLÈVEMENTS À POSTE FIXE

Sur les 3 jours de prélèvement, les concentrations en moisissures cultivables mesurées à poste fixe, en UFC (unité formant colonie), sont toutes supérieures à 10^4 UFC.m³, et atteignent 10^7 UFC.m³ près de l'activité de frottage. Les niveaux de concentrations dans les lieux de travail sont environ 100 à 10 000 fois plus élevés que les concentrations



↑ Photo 1 : Opérateur équipé d'une cassette de prélèvement reliée à une pompe positionnée près de la zone respiratoire.

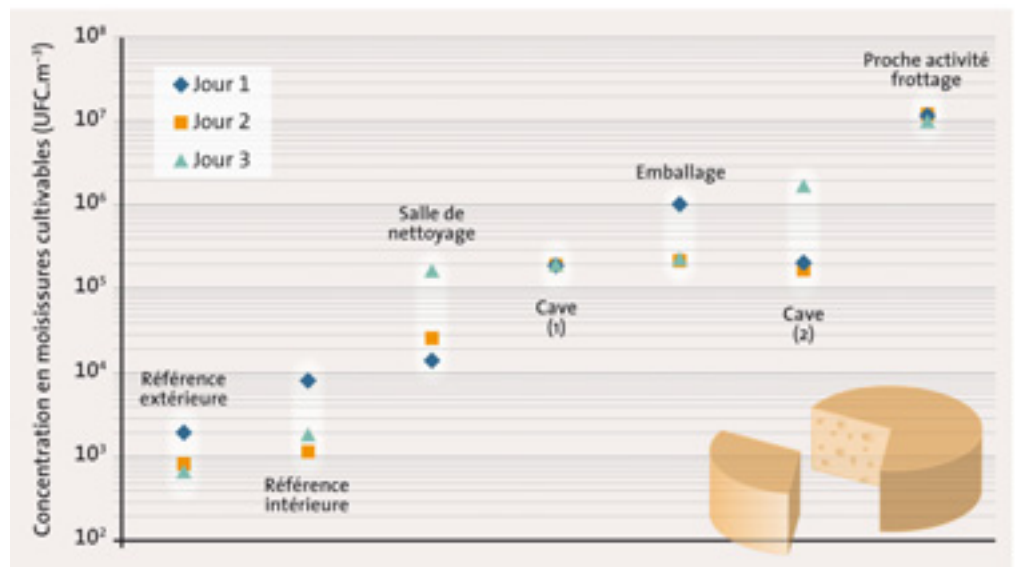
Mesure de l'exposition aux moisissures et atteintes respiratoires chez les affineurs de fromages

mesurées pour les points de référence (figure 1). Les mesures réalisées par prélèvement individuel sur deux techniciens de prélèvement INRS qui

évoluaient dans la cave sans manipuler aucun fromage (figure 2), confirment ces valeurs et montrent la contamination importante de l'air de la cave par des moisissures.

PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS
La majorité des concentrations mesurées par prélèvement individuel sur les salariés dépasse 10^5 UFC.m⁻³. Les concentrations, mesurées sur

↓ Figure 1 : Concentrations en moisissures cultivables mésophiles : résultats des prélèvements à poste fixe



↓ Figure 2 : Concentrations en moisissures cultivables mésophiles : résultats des prélèvements individuels (seules les concentrations aux points de référence ont été mesurées à poste fixe)



plusieurs heures de travail, atteignent 10^7 UFC.m⁻³ pour le sélectionneur et le laveur 2, et 10^8 UFC.m⁻³ pour les frotteurs (figure 2). Elles sont de 10 à 100 000 fois plus élevées que celles mesurées aux points de référence et sont globalement plus élevées que les concentrations ambiantes mesurées à poste fixe.

L'exposition des salariés aux moisissures varie selon la tâche effectuée. Ce sont les frotteurs de fromage qui sont les plus exposés avec des concentrations supérieures à 10^8 UFC.m⁻³. Leur activité explique grandement ce constat : ils manipulent et frottent de grandes quantités de fromages. Un nuage de particules émises dans l'air est d'ailleurs visible à l'œil nu juste devant les opérateurs à hauteur des voies respiratoires et la surface extérieure de leurs masques respiratoires est noire de moisissures.

Le sélectionneur est également fortement exposé (concentrations pouvant atteindre $6,8 \times 10^7$ UFC.m⁻³). Sa tâche de travail consiste à passer une grande partie de son temps en cave. Il tourne-retourne et parfois frotte la croûte des fromages pour sélectionner ceux qui sont visuellement conformes aux attentes des clients. Ce résultat est intéressant car, si les frotteurs sont conscients d'être fortement exposés (ce sont les seuls à porter systématiquement un masque), ce n'est pas le cas pour le sélectionneur qui n'a jamais estimé utile d'en porter un.

Les autres activités exposantes sont celles des laveurs de fromages, puis celles des salariés de l'atelier d'emballage et des salariés de la salle de lavage (nettoyage du matériel de cave).

Les valeurs plus faibles retrouvées chez les laveurs de fromages par rapport aux frotteurs s'expliquent par le fait que les fromages lavés sont plus jeunes et donc les moisissures sont moins présentes, et

probablement aussi par le procédé en lui-même puisqu'un procédé à l'humide limite la mise en suspension des moisissures dans l'air.

Les préposés à l'emballage ne travaillent pas directement en cave, mais ils manipulent des fromages en fin d'affinage, et le dernier soin peut remonter à plusieurs jours auparavant. Les moisissures ont donc continué à se développer en surface et se dispersent facilement dans l'air lors de l'emballage du fromage du fait des manipulations rapides et des vibrations du plan de travail sous l'effet du poids du fromage tombant sur le papier d'emballage. Les moisissures retrouvées étaient principalement de type *Mucor* et *Penicillium*, deux espèces connues pour être allergisantes. Les diamètres aérodynamiques des particules fongiques cultivables étaient majoritairement compris entre 3 et

20 µm. Du fait de ces diamètres, les particules ont une grande probabilité de pénétrer et de se déposer dans les voies respiratoires hautes, et pour celles inférieures à 5 µm, d'atteindre le poumon profond.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Bien que l'activité de fabrication de fromages soit ancestrale en France, les niveaux d'exposition des salariés et l'aérobiocontamination en aérosols fongiques dans ces entreprises sont très mal documentés.

Les valeurs de concentrations ambiantes en moisissures cultivables relevées dans la littérature (tableau II) sont inférieures à celles mesurées pendant cette campagne de mesures. Les résultats de la littérature ont exclusivement été obtenus par des prélèvements de courtes durées, avec différents impacteurs

Tableau II

> SYNTHÈSE (NON EXHAUSTIVE) DES PUBLICATIONS PRÉSENTANT DES MESURES DE CONCENTRATIONS DANS L'AIR DANS DES FROMAGERIES

Références	Type de fromage (pays)	Concentrations atmosphériques en moisissures (espèces dominantes quand précisées)
Chaumont et al., 2001 [18]	Comté (France)	$2,5 \times 10^4$ UFC.m ⁻³ (<i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Scopulariopsis</i>)
	Emmental (France)	2×10^3 UFC.m ⁻³ (<i>Penicillium commune</i> , <i>Penicillium restrictum</i> , <i>Penicillium solitum</i>)
	Mont d'Or (France)	4×10^4 UFC.m ⁻³ (<i>Penicillium commune</i> , <i>Mucor plumbeus</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i>)
Kure et al., 2008 [19]	Fromage à pâte pressée non cuite dans 6 fromageries (Norvège et Suède)	$2,7 \times 10^2$ UFC.m ⁻³ (<i>Penicillium</i> spp : <i>P. palitans</i> , <i>P. commune</i> , <i>P. roqueforti</i> , <i>P. brevicompactum</i>)
De Santi et al., 2010 [20]	Fossa : pâte pressée non cuite (Italie)	Entre $5,3$ et $7,5 \times 10^2$ UFC.m ⁻³ (<i>Alternaria</i> spp, <i>Aspergillus</i> spp, <i>Cladosporium</i> spp, <i>Penicillium</i> spp)
Salustiano et al., 2003 [21]	Laiterie industrielle (Brésil)	Entre $0,9 \times 10^2$ et $6,1 \times 10^2$ UFC.m ⁻³
Dahl et al., 1994 [22]	Fromage non précisé (Danemark)	Emballage : 6×10^3 UFC.m ⁻³ (<i>Penicillium camemberti</i> var. <i>candidum</i>)
Antes et al., 1999 [23]	Différentes variétés de fromages dans 17 fromageries (Autriche)	Production : $< 8,4 \times 10^3$ UFC.m ⁻³ Affinage : entre 5×10^2 et 5×10^3 UFC.m ⁻³ , jusqu'à 5×10^4 UFC.m ⁻³ dans une fromagerie (lors de la manipulation des fromages)

Mesure de l'exposition aux moisissures et atteintes respiratoires chez les affineurs de fromages

mono-étage, ne permettant pas la quantification des concentrations élevées. La comparaison des résultats de différentes campagnes demeure souvent délicate car des différences existent généralement entre les méthodes et les durées de prélèvement ou les milieux de culture utilisés pour l'analyse. La contamination des atmosphères de travail dans ces entreprises semble toutefois très variable en fonction du type de fromage affiné (frais, à pâte molle, à pâte pressée cuite ou non cuite, à pâte persillée, de lait de vache, de lait de brebis, de lait de chèvre...), des conditions et du rythme de travail, ou de la saison, par exemple. Les données publiées relatives aux concentrations ambiantes en moisissures dans l'air étant peu nombreuses, la comparaison des valeurs de concentrations obtenues lors de cette étude avec d'autres de ce secteur professionnel reste limitée. Ce travail démontre néanmoins que les atmosphères de travail dans les caves d'affinage de fromages peuvent parfois être très contaminées par les moisissures cultivables et que les concentrations dans ce secteur mériteraient d'être plus largement documentées.

Les principes d'échantillonnage des aérosols biologiques sont les mêmes que pour les aérosols non biologiques, mais à ces principes s'ajoutent des contraintes spécifiques liées à la manipulation de matériel biologique, matériel vivant donc sensible au stress du prélèvement et du transport [24]. À ce titre, il est désormais admis dans la littérature que les moisissures ne sont pas ou peu sensibles au stress induit par une collecte par filtration, même pour des durées de prélèvement de plusieurs heures, et que la cassette fermée constitue un bon appareil pour réaliser le prélèvement. L'absence de méthode

standardisée au niveau international constitue un frein pour la comparaison des résultats de mesures entre différentes études.

De plus, il n'existe à ce jour aucune réglementation française ou étrangère sur les limites d'exposition aux bioaérosols, ce qui complique l'interprétation des résultats obtenus [25]. Seules existent des valeurs guides affichées par certains organismes de prévention ou proposées dans des travaux scientifiques. Ainsi, pour les moisissures cultivables, la Caisse nationale d'assurance suisse en cas d'accidents (SUVA) retient la valeur de 10^3 UFC.m⁻³ et les organismes de prévention en Allemagne celle de 10^4 UFC.m⁻³. Pour les spores totales (cultivables ou non, vivantes ou mortes), l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité au travail (IRSST, Canada) retient la valeur de 10^4 spores.m⁻³ (1), et le *National Institute of Occupational Health* (NIOH, Norvège) celle de 10^5 spores.m⁻³ [17].

Les relations dose-effet entre l'exposition aux moisissures et les effets sur la santé ne sont pas bien connues, pas plus que l'existence d'un seuil d'exposition sous lequel il n'y aurait pas de risque. Toutes les moisissures peuvent être considérées comme pathogènes dans certaines circonstances, puisqu'elles peuvent toutes produire des allergènes potentiels (et des substances irritantes ou inflammatoires). Les concentrations en moisissures et leur corrélation avec les niveaux d'allergènes nécessaires pour causer une sensibilisation ou des symptômes, demeurent inconnues [26]. De plus, les susceptibilités individuelles jouent également un rôle important dans le développement d'une maladie allergique [25, 26].

Certains auteurs avancent que les pathologies liées à l'exposition aux moisissures se manifestent typiquement pour des concentrations

atmosphériques supérieures à 10^6 spores.m⁻³ (soit environ 10^5 UFC.m⁻³) et, en 1994, une concentration minimum de 10^8 spores.m⁻³ (soit environ 10^7 UFC.m⁻³) a été suggérée comme seuil pour l'apparition de symptômes aigus [27]. En 2006, Eduard et al. ont effectué une synthèse bibliographique de nombreux travaux, incluant un grand nombre de secteurs différents, et proposent une LOAEL (*Lowest observed adverse effect level*) à 10^5 spores.m⁻³ (soit environ 10^4 UFC.m⁻³), c'est-à-dire le niveau le plus bas pour lequel aucun effet néfaste n'a été observé [28].

Ici, près de 97 % des concentrations mesurées par prélèvement individuel dépassent 10^5 UFC.m⁻³, ce qui suggère que les niveaux de concentration mesurés dans l'entreprise peuvent constituer un risque pour l'ensemble des travailleurs exposés.

RECUEIL DES DONNÉES MÉDICALES DES SALARIÉS DE L'ENTREPRISE

Les données médicales des salariés travaillant dans cette cave ont été recueillies via les dossiers médicaux. Les items retenus ont porté sur l'âge, le sexe, les antécédents notamment respiratoires, le statut tabagique, le port ou non d'équipement de protection respiratoire, et surtout les plaintes, notamment respiratoires, spontanément déclarées lors des visites médicales.

Dans cette entreprise, 20 salariés travaillent à la production du saint-nectaire. Une des salariées a été à l'origine de l'intervention. Il s'agit d'une femme de 38 ans, qui travaillait au lavage et à l'emballage des fromages depuis 2006. Deux ans plus tard, elle commence à présenter une dyspnée et une toux rythmées par son travail en cave. Ces symptômes évoluent pendant plus d'un an, jusqu'à ce que son responsable de cave s'inquiète et l'adresse en consultation de médecine du

(1) Les concentrations en spores.m⁻³ d'air sont légèrement plus élevées que celles rapportées en UFC.m⁻³ étant donné qu'en plus de la fraction viable ou cultivable, la fraction non viable est aussi dénombrée ; il est estimé que 1 UFC.m⁻³ correspond approximativement à 10 spores.m⁻³

travail. Ce n'est qu'en 2010 qu'un lien est fait entre ses symptômes et son exposition professionnelle, et une déclaration de maladie professionnelle lui aurait été proposée, démarche que la patiente a refusée. Depuis son reclassement au poste de préparateur de commandes, elle ne manifeste plus de gêne respiratoire.

Parmi les 19 autres salariés, 6 personnes ont exprimé des plaintes spontanément lors de la visite médicale. Ces salariés étaient tous à des postes exposés, c'est-à-dire travaillaient en cave. Quatre d'entre eux étaient affectés au lavage ou au frottage des fromages : il s'agissait d'une toux dans 2 cas, d'une sensation d'oppression thoracique dans 1 cas, d'une gêne respiratoire dans 1 cas. Le sélectionneur avait mentionné une rhinite chronique et une «gêne à la poussière » et l'un des manutentionnaires une irritation oculaire lors du travail en cave.

Sur ces 6 plaintes, une notion de rythmicité professionnelle était retrouvée dans 4 cas.

Les résultats de cette exploration des dossiers apparaissent en faveur d'une relation entre symptômes respiratoires et concentration en moisissures au poste de travail.

Parmi ces 6 salariés, aucun n'a bénéficié d'examens complémentaires, car les symptômes étaient probablement peu gênants et le lien potentiel avec leur exposition professionnelle n'avait encore jamais été soulevé.

Il n'y a pas eu de plainte chez les ramasseurs de produits blancs, chargés de se rendre chez les producteurs locaux pour y chercher les produits frais, non encore affinés. Aucune plainte n'a été notée non plus chez les préparateurs de commandes qui n'ont de contact qu'avec des fromages déjà emballés et en dehors de la cave, ce qui limite leur exposition aux moisissures.

PATHOLOGIES RESPIRATOIRES CHEZ LES FROMAGERS-AFFINEURS : ÉTAT DES LIEUX EN FRANCE

Cette étude suggérant qu'il existe un risque pour les travailleurs en cave d'affinage de fromages, une recherche de données sur les troubles respiratoires chez les fromagers-affineurs a été effectuée au niveau national. Plusieurs sources de données ont été recherchées.

CONSULTATIONS DE PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE

Trois centres ont été contactés : Grenoble, Besançon et Clermont-Ferrand, régions connues pour leur production fromagère importante. Ces trois centres rapportent très peu de cas de problèmes respiratoires chez des fromagers-affineurs au sein de leurs consultations. Clermont-Ferrand signale 3 cas sur 12 ans ; à Grenoble, 10 cas d'asthme et 3 cas de maladies des fromagers ont été recensés en 27 ans [29]. À Besançon, le seul cas date d'il y a plusieurs années.

RÉSEAU NATIONAL DE VIGILANCE ET DE PRÉVENTION DES PATHOLOGIES PROFESSIONNELLES (RNV3P)

Une extraction de données a été demandée au RNV3P pour la période 2001-2011 à la recherche de pathologies respiratoires chez les employés du secteur de la fromagerie. Sur les critères demandés, 50 dossiers ont été sélectionnés dans un premier temps. Les données de l'extraction ont été explorées et seuls 26 cas ont pu être retenus. Très peu de fromagers-affineurs sont adressés en consultation de pathologie professionnelle pour des problèmes respiratoires suspectés d'être en lien avec leur travail.

STATISTIQUES DE LA CAISSE NATIONALE D'ASSURANCE MALADIE DES TRAVAILLEURS SALARIÉS

Les données statistiques ont pu être explorées sur la période 2005-2010. En moyenne, moins d'un cas par an est reconnu au titre du tableau n° 66 bis du régime général. La seule région Franche-Comté comptabilise 5 maladies professionnelles reconnues (tableaux n° 66 et n° 66 bis) durant ces dernières années.

RÉSEAU DES RÉFÉRENTS RISQUES BIOLOGIQUES EN CARSAT

Le réseau des référents « risques biologiques » des différentes CARSAT de France a été sollicité sur ce sujet. Seules, trois d'entre elles ont répondu. Aucun de ces référents n'avait de cas à rapporter ni de remontée d'information du terrain *via* leurs collègues contrôleurs.

Au vu de ces résultats, des questions se posent : ces pathologies sont-elles sous-estimées ? Le risque est-il méconnu de la part des professionnels ?

PISTES DE PRÉVENTION

La prévention des allergies relève en premier lieu d'une suppression de l'exposition à l'allergène. Dans le cas présent, la situation est complexe. La présence des moisissures est voulue, l'objectif étant de garder une contamination aérienne en microorganismes dans la cave suffisante pour ensemercer facilement les fromages frais et limiter le risque de contamination par des microorganismes indésirables en provenance de l'extérieur.

PRÉVENTION ORGANISATIONNELLE ET COLLECTIVE

Les décrets AOC n'exigeant pas que les soins soient effectués manuel-

Mesure de l'exposition aux moisissures et atteintes respiratoires chez les affineurs de fromages

lement [16], certaines tâches pourraient être automatisées, ce qui permettrait en outre de diminuer la charge physique de travail. L'utilisation de systèmes automatisés a déjà été initiée pour certains fromages (comté, beaufort...), dans l'intention première de limiter les contraintes physiques des fromagers-affineurs : des robots effectuent le retournement et le frottage des meules en cave tout au long de l'affinage.

Actuellement, cette automatisation n'est pas envisagée pour le saint-nectaire, le choix d'un affinage entièrement ou principalement manuel étant valorisé comme une image de qualité auprès des clients. Dans les caves d'affinage traitant des volumes importants, la durée du séjour en cave peut atteindre 8 heures par jour, 5 jours par semaine. Les conditions sont probablement différentes dans des caves de taille plus modeste, dans lesquelles les employés sont plus polyvalents et participent aux différentes phases de production, avec une durée moindre de temps passé en cave.

Dans cette entreprise, les concentrations en moisissures cultivables aéroportées retrouvées au poste d'emballage varient entre 10^5 et 10^6 UFC.m⁻³. Pourtant, cette activité n'est pas réalisée en cave mais dans deux pièces annexes, où les conditions de température et d'hygrométrie ne sont pas celles requises pour l'affinage. Ces valeurs peuvent s'expliquer du fait de la gestuelle rapide des employés effectuant cette tâche ; les fromages n'ayant pas été frottés depuis plusieurs jours, la petite couche de moisissures formée en surface est facilement mise en suspension. Il est important de noter que les concentrations individuelles étaient plus élevées dans la pièce la moins aérée que celles de la pièce plus grande et mieux ven-

tilée. Une ventilation efficace des locaux est donc indispensable pour diminuer l'exposition, notamment aux postes d'emballage.

PRÉVENTION INDIVIDUELLE

Dans la cave, il n'est pas possible actuellement de diminuer les concentrations antigéniques. De ce fait, il est nécessaire de recourir à des protections individuelles respiratoires. Des masques FFP2 sont à la disposition de tous les salariés, mais seuls les frotteurs de fromage les portent systématiquement.

L'IRSST [30] recommande d'utiliser 10^4 spores.m⁻³ d'air, soit environ 10^3 UFC.m⁻³ comme niveau de base servant à déterminer la nécessité du port d'un appareil de protection respiratoire. Des concentrations en moisissures supérieures à 10^5 spores.m⁻³ (soit environ 10^4 UFC.m⁻³) nécessitent le port d'un masque de type FFP2 (facteur de protection égal à 10). Ici, tous les salariés travaillant en cave sont donc concernés.

Au-delà de 10^7 spores.m⁻³ (ou environ 10^6 UFC.m⁻³), un masque complet à adduction d'air est préconisé ; ce sont les concentrations auxquelles sont exposés le sélectionneur, les frotteurs et les laveurs de fromages, voire les préposés à l'emballage.

PRÉVENTION MÉDICALE

La mise en place des mesures de prévention collective doit rester un objectif à atteindre en priorité mais la prévention médicale a ici toute sa place. La surveillance médicale des salariés doit s'intéresser particulièrement à la fonction respiratoire de l'ensemble des travailleurs en cave, en particulier à travers un interrogatoire systématique lors de toute visite médicale ou entretien infirmier, à la recherche des premiers signes d'irritation nasale (sensation de nez bouché, écoulement...) ou bronchique (toux, essoufflement...).

Des explorations fonctionnelles respiratoires doivent être réalisées à l'embauche puis à intervalles réguliers afin de pouvoir intervenir précocement si nécessaire.

Les visites d'entreprise et les consultations médicales ou l'entretien infirmier périodiques sont l'occasion de renouveler l'information sur les risques et de conseiller le port systématique d'une protection respiratoire sur les postes les plus exposés. Seule une information bien comprise peut faire espérer l'adhésion à des mesures de prévention individuelle qui sont contraignantes.

CONCLUSION

Cette étude a objectivé des valeurs particulièrement élevées de concentrations en moisissures cultivables dans l'air d'une cave d'affinage de fromage à pâte pressée non cuite et à croûte fleurie. Le développement de ces moisissures est désiré et fait partie intégrante du processus de fabrication de ces fromages.

Cette étude a permis d'attirer l'attention sur des pathologies respiratoires d'origine immunoallergique qui ne sont peut-être pas assez reliées avec l'exposition en milieu professionnel. Dans un contexte d'affinage de fromages à croûte fleurie, la prévention médicale se doit de compléter la prévention organisationnelle et technique, collective et individuelle, en recherchant systématiquement les premiers signes évocateurs d'une atteinte respiratoire chez les travailleurs exposés.

Il serait intéressant d'effectuer des enquêtes dans d'autres caves d'affinage puisque les agents biologiques concernés et les conditions d'exposition diffèrent selon le type de fromage et les techniques d'affinage mises en œuvre.

Remerciements au RNV3P, à l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) et aux centres de consultation de pathologie professionnelle.

Remerciements aux salariés qui ont bien voulu participer à cette étude.

Remerciements à Catherine Coulais, Guylaine Greff, Véronique Koehler et Dominique Rousselle de l'INRS pour leur assistance technique à la campagne de mesures.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | La filière laitière française en 50 chiffres. Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (CNIEL), 2012 (www.maison-du-lait.com/fr/chiffres-cles/filiere-laitiere-francaise-en-50-chiffres).
- 2 | DALPHIN JC, CAILLAUD D ET LE GERMOP (Groupe d'études et de recherche sur les maladies « orphelines » pulmonaires) - Alvéolites allergiques extrinsèques. *Références pratiques actuelles* ;2002.
- 3 | PEPYS J, JENKINS PA, FESTENSTEIN G, GREGORY PH ET AL. - Farmer's lung : thermophilic actinomycetes as a source of "farmer's lung hay" antigen. *Lancet*. 1963 ; 2 (7308) : 607-11.
- 4 | DE WECK AL, GUTERSOHN J, BÜTIKOFER E - La maladie des laveurs de fromage (« Käsewascherkrankheit ») : une forme particulière du syndrome du poumon du fermier. *Schweiz med Wochenschr*. 1969 ; 99 (24) : 872-76.
- 5 | MINNIG H, DE WECK AL. - Die « Käsewascherkrankheit ». Immunologische und epidemiologische Studien. *Schweiz Med Wochenschr*. 1972 ; 102 (34) : 1205-12.
- 6 | MINNIG H, DE WECK AL. - Immunologische und epidemiologische Studien. *Schweiz Med Wochenschr*. 1972 ; 102 (35) : 1251-57.
- 7 | GALLAND C, REYNAUD C, DE HALLER R, POLLA BS ET AL. - Maladie des laveurs de fromages, une forme toujours actuelle d'alvéolite allergique extrinsèque en milieu rural. *Rev Mal Respir*. 1991 ; 8 (4) : 381-86.
- 8 | WÜTHRICH B, KEISER G - Das « Käsewascherasthma », Abgrenzung gegenüber der « Käsewascherkrankheit ». *Schweiz Med Wochenschr*. 1970 ; 100 (26) : 1108-11.
- 9 | GARI M, LAVAUD F, PINON JM - Asthme à *Penicillium candidum* avec présence de précipitines chez un ouvrier fromager. *Bull Soc Fr Mycol Méd*. 1983 ; 12 : 135-37.
- 10 | GUGLIEMINETTI M, VALOTI E, CASSINI P, TAINO G ET AL. - Respiratory syndrome very similar to extrinsic allergic alveolitis due to *Penicillium verrucosum* in workers in a cheese factory. *Mycopathologia*. 2001 ; 149 (3) : 123-29.
- 11 | MARCER G, FRANCHINI M, GEMIGNANI C, ZANANARO A ET AL. - Cheese workers' lung. *Allergy*. 1996 ; 51 (12) : 959-60.
- 12 | MOLINA C, TOURREAU A, AÏACHE JM, BRUN J ET AL. - Manifestations allergiques chez les fromagers, Etude clinique, épidémiologique et immunologique. *Rev Fr Allergol*. 1977 ; 17 (5) : 235-345.
- 13 | MOLINA C, AÏACHE JM, TOURREAU A, JEANNERET A - Les troubles respiratoires des fromagers, rôle pathologique des acariens. *Nouv Presse Méd*. 1974 ; 3 (25) : 1603-05.
- 14 | MOLINA C, AÏACHE JM, TOURREAU A, JEANNERET A - Enquête épidémiologique et immunologique chez les fromagers. *Rev Fr Allergol*, 1975 ; 15 (2) : 89-91.
- 15 | SCHLUETER DP - « Cheesewasher's Disease »: a new occupational hazard ? *Ann Intern Med*. 1973 ; 78 (4) : 606.
- 16 | Décret du 30 mars 2007 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Saint-Nectaire».
- 17 | SIMON X, DUQUENNE P - Expositions professionnelles aux aérosols de moisissures : exemple dans une cave d'affinage de fromages. Étude de cas EC 2. *Hyg Secur Trav*. 2013 ; 232 : 52-55.
- 18 | CHAUMONT JP, SIMERAY J, MANDIN D, ADESSI B - Moisissures et allergies des professions agricoles et de l'agroalimentaire. *Rev Fr Allergol Immunol Clin*. 2001 ; 41 (3) : 253-56.
- 19 | KURE CF, BORCH E, KARLSSON I, HOMLEID JP ET AL. - Use of the selective agar medium CREAD for monitoring the level of airborne spoilage moulds in cheese production. *Int J Food Microbiol*. 2008 ; 122 (1-2) : 29-34.
- 20 | DE SANTI M, SISTI M, BARBIERI E, PICCOLI G ET AL. - A combined morphologic and molecular approach for characterizing fungal microflora from a traditional Italian cheese (Fossa cheese). *Intl Dairy J*. 2010 ; 20 (7) : 465-71.

Mesure de l'exposition aux moisissures et atteintes respiratoires
chez les affineurs de fromages

21 | SALUSTIANO VC, ANDRADE NJ, BRANDAO SC, AZEREDO RM ET AL. - Microbiological air quality of processing areas in a dairy plant as evaluated by the sedimentation technique and a one-stage air sampler. *Braz J Microbiol.* 2003 ; 34 (3) : 255-59.

22 | DAHL S, MORTENSEN JT, RASMUSSEN K - Cheese-packers' disease - respiratory complaints at a cheese-packing dairy. *Ugeskr Laeger.* 1994 ; 156 (40) : 5862-65. (résumé).

23 | ANTES A, HINKER A - Belastung von Käseerarbeitern durch biologische Arbeitsstoffe. *Sichere Arbeit.* 1999 ; 5 : 30-38.

24 | DUQUENNE P, GREFF-MIRGUET G - L'échantillonnage et l'analyse des aérosols microbiens. Note documentaire ND 2222. *Hyg Sécur Trav.Cah Notes Doc.* 2005 ; 198 : 23-28.

25 | GOYER N, LAVOIE J, LAZURE L, MARCHAND G ET AL. - Les bioaérosols en milieu de travail : guide d'évaluation, de contrôle et de prévention. Etudes et recherches. Guide technique T-23. Montréal : IRSST ; 2001 : 88 p.

26 | RAO CY, BURGE HA, CHANG JC - Review of quantitative standards and guidelines for fungi in indoor air. *J Air Waste Manag Assoc.* 1996 ; 46 (9) : 899-908.

27 | LACEY J, DUTKIEWICZ J - Bioaerosols and occupational lung disease. *J Aerosol Sci.* 1994 ; 25 (8) : 1371-404.

28 | EDUARD W - 139. Fungal spores. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals. 2006 (www.inchem.org/documents/kemi/kemi/ah2006_21.pdf).

29 | FAUGERON J - Maladies respiratoires allergiques chez des fromagers vus au CHU de Grenoble entre 1979 et 2005. Thèse pour le doctorat en médecine. La Tronche : Université Joseph Fourier, Faculté de médecine de Grenoble ; 2006 : 69 p.

30 | LAVOIE J, CLOUTIER Y, LARA J, MARCHAND G - Guide sur la protection respiratoire contre les bioaérosols. Recommandations sur le choix et l'utilisation. Études et recherches. Guide technique RG-497. Montréal : IRSST ; 2007 : 40 p.