

ÉTUDE DES QUALITÉS HYGIÉNIQUES DES PANNEAUX ACOUSTIQUES

Les salariés des entreprises agroalimentaires sont souvent exposés à des niveaux de bruit importants pouvant provoquer des surdités professionnelles. Le traitement acoustique des parois à l'aide de matériaux le plus souvent poreux, incompatibles avec les contraintes d'hygiène, constitue un des moyens de réduction du bruit dans les ateliers. Des fabricants de matériaux acoustiques ont mis sur le marché des panneaux constitués de laine de roche enveloppée dans un film étanche de « Tedlar », susceptibles d'être utilisés dans les industries agroalimentaires et qui ont des caractéristiques acoustiques intéressantes. Le but de ce projet est d'évaluer les qualités hygiéniques de ces matériaux, en les comparant à deux autres matériaux, dits « de référence », largement utilisés dans ce type d'industries : le verre et le grès étiré. Les essais ont porté sur la nettoyabilité, le suivi au cours du temps d'une contamination bactérienne et les problèmes de vieillissement liés aux nettoyages répétés à haute pression.

L'industrie agroalimentaire présente des nuisances sonores souvent importantes et les panneaux acoustiques habituellement utilisés dans d'autres secteurs ne sont pas adaptés à celui-ci, compte tenu des risques bactériologiques présents dans ce milieu.

Dans ce contexte, de nouveaux produits davantage appropriés à l'agroalimentaire sont commercialisés. Ces panneaux acoustiques doivent, outre leur qualité d'absorption phonique, présenter une facilité de nettoyage et une résistance mécanique suffisantes ainsi qu'une bonne tenue dans le temps. Ils doivent également posséder une neutralité vis-à-vis des contaminations bactériennes.

On peut classer les industries alimentaires en deux groupes selon que l'ambiance y est sèche ou humide :

■ en ambiance sèche, les panneaux s'encrassent lentement et nécessitent un nettoyage peu fréquent ;

■ en ambiance humide, l'encrassement des panneaux, plus rapide, nécessite un nettoyage plus fréquent.

Ces panneaux acoustiques se présentent généralement sous forme de plaques qui peuvent constituer des faux plafonds avec plénum ou des baffles suspendus. Selon les cas, ces plaques sont disposées sur les murs ou directement sur les plafonds. Dans le second cas, il est nécessaire de s'assurer de l'étanchéité globale du dispositif.

- Agroalimentaire
- Bruit
- Absorption acoustique
- Revêtement
- Nettoyage
- Désinfection

► Marjorie BOISSIER, Sébastien RITOUX,
Enric ROBINE, CSTB⁽¹⁾
Guy VERNOS, INRS, Département
Équipement de travail et ergonomie,
(1) CSTB : Centre Scientifique et Technique
du Bâtiment

STUDY OF THE HYGIENIC PROPERTIES OF ACOUSTIC PANELS

The employees of foodstuff companies are often exposed to high levels of noise that can cause occupational hearing loss. The acoustic treatment of panels, very often using porous materials incompatible with hygiene constraints, is one way to reduce noise in these workshops. Manufacturers of acoustic materials have placed on the market panels made up of rockwool enclosed in a sealed « Tedlar » coating intended for use in the food sector, which have interesting acoustic properties. The aim of this project was to assess the hygienic qualities of these materials by comparing them to two other « reference » materials widely used in this sector: glass and extruded ceramic? The tests encompassed cleanability, monitoring the temporal pattern of a bacterial contamination, and ageing problems linked to repeated high-pressure cleaning operations.

- Foodstuffs
- Noise
- Acoustic absorption
- Coating
- Cleaning
- Disinfecting

PROBLÉMATIQUE

À l'heure actuelle, très peu de locaux de l'industrie agroalimentaire sont équipés de panneaux acoustiques. Cela peut s'expliquer non seulement par le fait qu'il existe très peu de fournisseurs de ce type de matériaux, mais aussi parce que la gamme de produits adaptés aux locaux requérant un niveau élevé de propreté est réduite.

Une étude INRS [1] a été consacrée à l'étude des propriétés acoustiques de matériaux absorbants, sans toutefois aborder le volet hygiène. Les résultats de cette recherche ont permis de classer en deux catégories les matériaux les plus couramment proposés pour l'industrie agroalimentaire :

1. les matériaux traités en surface par une peinture microporeuse,
2. les matériaux enveloppés d'un film de protection étanche (en Tedlar), présentant une surface lisse.

Le premier type de produits est à préconiser dans les locaux peu sensibles, où les murs et les plafonds ne sont nettoyés au jet que deux ou trois fois par an. Les perforations de ce type de matériaux, visibles à la loupe binoculaire, sont en effet susceptibles d'être des zones de rétention bactérienne ; il paraît donc raisonnable de les réserver aux locaux peu exposés aux salissures.

Dans les locaux sensibles, où les éclaboussures et l'eau de condensation sont les principales voies de contamination, et qui nécessitent un nettoyage quotidien au jet sous pression, le second type de matériau, de surface lisse, semble satisfaisant d'un point de vue hygiénique. Dans ce cas, seuls les points de jonction entre les panneaux et les accessoires de montage peuvent constituer des zones de rétention bactérienne.

OBJECTIF DE L'ÉTUDE ET DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

Cette étude vise à comparer le comportement de panneaux acoustiques destinés aux ambiances humides (indus-

tries de la viande, de la fromagerie, des ovoproduits...) face à une contamination bactérienne aéroportée à deux produits dits « de référence », que sont le verre et un grès étiré, largement utilisés dans ce type d'industries.

L'étude se décompose en trois phases principales :

1. l'évaluation de l'aptitude au nettoyage des surfaces contaminées par un aérosol protéique contrôlé ;
2. l'évaluation quantitative du degré de contamination bactérienne des surfaces selon les conditions d'essai (température et humidité relative), par référence aux surfaces témoins ;
3. l'influence sur l'évolution de la contamination de surface du vieillissement artificiel des matériaux, causé par de nombreux cycles de nettoyage à haute pression.

CHOIX DES MATÉRIAUX

L'étude a été réalisée sur des matériaux présentant de bonnes caractéristiques phoniques (type laine de roche) enveloppés d'un film de protection étanche de type TEDLAR. Les échantillons sont fournis par la société ECOPHON.

Les matériaux de référence retenus sont une surface en verre (lame de microscope Fisher – Bioblock, Élan-court) et un grès étiré (société DES-VRES). Ces deux matériaux sont déjà largement employés dans le secteur des industries agroalimentaires.

MÉTHODOLOGIE DE L'ENCRASSEMENT ET DU NETTOYAGE DES SUPPORTS

Les tests d'encrassement et de nettoyabilité sont effectués sur les trois supports qui sont souillés par une salissure de nature protéique.

PROCÉDURE D'ENCRASSEMENT

L'échantillon, après nettoyage à l'alcool, est placé dans un impacteur destiné à l'aérocontamination des produits de construction [2]. L'aérosol, généré à l'aide d'un nébuliseur de type Collison, est acheminé dans une sphère d'homogénéisation avant d'être impacté sur la surface à tester (Figure 1).

FIGURE 1

Appareillage destiné à l'encrassement contrôlé des surfaces par un aérosol protéique

Apparatus intended for the controlled soiling of surfaces by a protein aerosol



La salissure consiste en du sérum albumine bovine (BSA, société SIGMA) de concentration égale à 3,2 mg/ml. Un volume de 25 ml de cette solution est placé dans le nébuliseur avant chaque atomisation. La surface du matériau est encrassée par l'aérosol protéique pendant 2 minutes. Cette technique permet un encrassement contrôlable et reproductible des supports.

DOSAGE DES PROTÉINES EN SPECTROFLUORIMÉTRIE

Les protéines sont dosées à l'aide d'un kit de dosage NanoOrange® (Molecular Probes). Ce réactif est additionné à la solution de BSA. L'ensemble est ensuite chauffé pendant 20 minutes à 90 °C. Un complexe fluorescent visible

entre 570 et 590 nm est obtenu. La fluorescence est mesurée à l'aide d'un spectrofluorimètre.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée à l'aide de solutions contenant différentes concentrations de BSA (entre 0 et 10 µg/ml). Dans les conditions d'essai, une relation linéaire entre la concentration et le niveau de fluorescence mesuré (FUI) a été obtenue (Figure 2).

MÉTHODE D'ANALYSE DE L'ENCRASSEMENT INITIAL

La méthode consiste à quantifier les souillures fixées sur le matériau après décrochage par ultrasons. L'efficacité de la procédure de décrochage et sa durée optimale ont été déterminées sur les dif-

férents supports testés. Ainsi, dans les conditions opératoires, le décrochage de la totalité des protéines (limite de quantification < 0,01 µg/ml) est obtenu après 15 minutes d'ultrasons.

Pratiquement, l'échantillon encrassé est placé dans un tube en verre, de dimension adaptée, contenant 8 ml d'eau distillée stérile. Le tout est ensuite immergé dans une cuve à ultrasons à 42 kHz pendant 15 minutes.

Pour évaluer la répétabilité de la technique d'aérocontamination, les trois supports testés ont subi dix encrassements successifs. L'aérosol de sérum albumine bovine (BSA) se dépose et adhère plus ou moins sur les surfaces selon leurs propriétés physico-chimiques (hydrophobicité, interactions acido-basiques et électrostatiques, porosité, rugosité...).

Ainsi, une quantité significative supérieure de BSA, de l'ordre d'un facteur 3, est mesurée sur le grès, tandis que les supports Tedlar et verre s'encrassent quantitativement de la même manière (Figure 3).

ANALYSE COMPARATIVE DU NETTOYAGE DES MATÉRIAUX

L'élimination des souillures à la surface des matériaux est réalisée par immersion, à température ambiante, dans de l'eau déminéralisée. L'eau a été choisie afin d'assurer un nettoyage doux qui permet de différencier les différents supports.

La BSA résiduelle est ensuite totalement décrochée par ultrasons, puis quantifiée par spectrofluorimétrie. Différents témoins ont été réalisés : un témoin de l'encrassement initial (Ti), un témoin n'ayant pas subi l'étape de lavage (TE) et un témoin matériau propre (TO) qui permet de vérifier qu'il n'y a pas eu de production de protéines par le matériau lui-même.

Les résultats sont exprimés en % d'encrassement résiduel. Ce taux est calculé selon la relation :

$$\% \text{ d'encrassement résiduel} = \frac{E}{T_i} \times 100$$

et représente le rapport de l'encrassement résiduel de l'essai E après lavage, l'encrassement du témoin T_i n'ayant subi aucun lavage.

FIGURE 2

Courbe d'étalonnage entre la fluorescence mesurée et la concentration de BSA
Calibration curve between the fluorescence measured and the BSA concentration

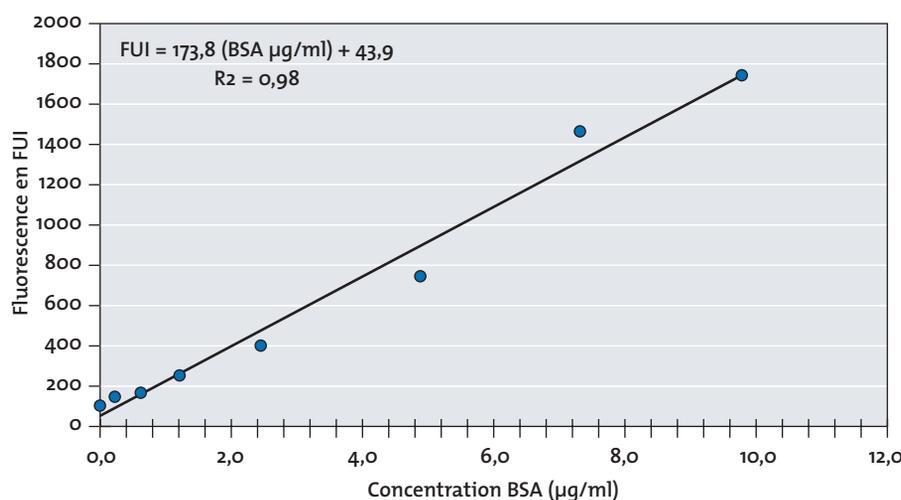


FIGURE 3

Quantité de BSA fixée sur les surfaces des trois matériaux (verre, Tedlar, grès) lors du protocole d'encrassement

Quantity of BSA fixed to the surfaces of three materials (glass, Tedlar, extruded ceramic) during the soiling protocol

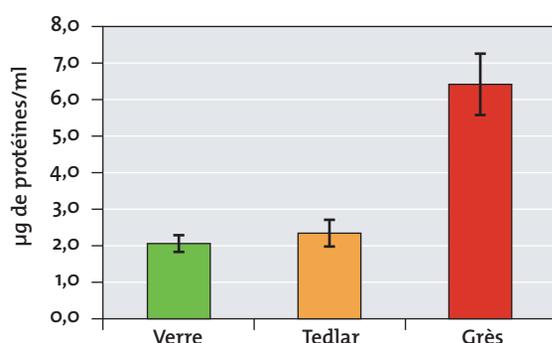
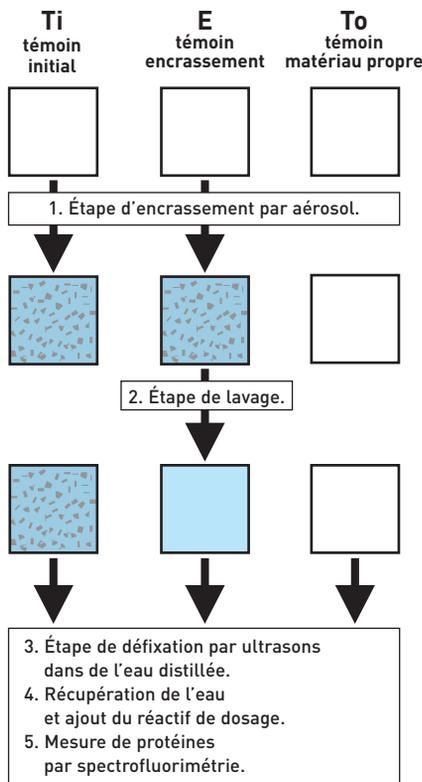


FIGURE 4

Schéma simplifié du protocole d'évaluation

Simplified diagram of the assessment protocol



Dans les conditions d'essais (Figure 5), le verre présente la meilleure aptitude au nettoyage, avec un pourcentage d'encrassement résiduel proche de 5%. Le support en grès se nettoierait, quant à lui, douze fois moins bien. Le support Tedlar occupe une position intermédiaire : il se nettoierait quatre fois moins bien que le verre mais trois fois mieux que le grès.

ÉVALUATION DE LA SURVIE BACTÉRIENNE SUR LES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX

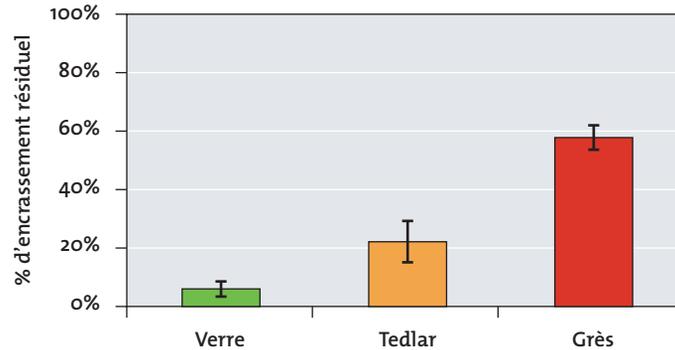
CHOIX DE LA SOURCE BACTÉRIENNE

Pour l'ensemble des essais, nous avons utilisé une souche d'*Enterococcus faecalis* – (CIP 10.30.15). Ce coque à Gram positif est reconnu pour sa grande résistance aux facteurs abiotiques et biotiques de l'environnement et fait partie des bactéries opportunistes multirésistantes.

FIGURE 5

Pourcentage de BSA résiduel sur les surfaces des trois matériaux (verre, Tedlar, grès) après une immersion dans de l'eau déminéralisée à température ambiante

Percentage of residual BSA on the surfaces of three materials (glass, Tedlar, extruded ceramic) after immersion in demineralised water at ambient temperature



La souche est repiquée sur une gélose trypticase soja (DIFCO). Après 24 heures d'incubation à 37 °C, la culture est utilisée pour l'aérobiocontamination.

Lors de chaque aérobiocontamination, la surface en verre est utilisée comme témoin de manipulation.

La contamination initiale de chaque matériau (correspondant au temps TO) est quantifiée à l'aide de techniques de coloration fluorochromiques (KIT baclight®, Molecular Probes), permettant de dénombrer, par observation au microscope à épifluorescence, les populations bactériennes totale et métaboliquement active.

SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE LA CONTAMINATION BACTÉRIENNE

La survie des bactéries sur les surfaces est étudiée en fonction des conditions environnementales. Le comportement de chaque éprouvette a été suivi pendant 24 heures, pour deux humidités relatives (HR = 0 et 100 %). Les échantillons sont placés à l'obscurité dans des enceintes à température (25 °C) et humidité contrôlées.

Le Tableau 1 présente les temps auxquels sont réalisées les mesures de survie pour chaque condition d'incubation.

Le taux de survie des cellules bactériennes sur le verre, le grès et le Tedlar est évalué à l'aide de techniques de marquages fluorochromiques couplées à des observations au microscope à épifluorescence.

MÉTHODE DE CONTAMINATION

La méthode mise en œuvre dans le cadre de cette étude a été développée et validée au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Un montage expérimental permet de simuler une biocontamination des surfaces par voie aérienne. L'ensemble de la procédure est normalisé et assure une aérobiocontamination reproductible et contrôlable des surfaces [3 à 14].

Après décontamination, chaque échantillon est contaminé par un aérosol d'*Enterococcus faecalis*.

TABLEAU 1

Mesure du taux de survie bactérienne après incubation

Conditions d'incubation	Durée d'incubation avant mesure		
	0 h	2 h	24 h
0 % HR ; 25° C	•		•
100 % HR ; 25° C	•	•	•

FIGURE 6

Pourcentage de survie après aérobiocontamination initiale des supports testés (verre, Tedlar, grès)
Survival percentage after initial aerobiocontamination of the surfaces tested (glass, Tedlar, extruded ceramic)

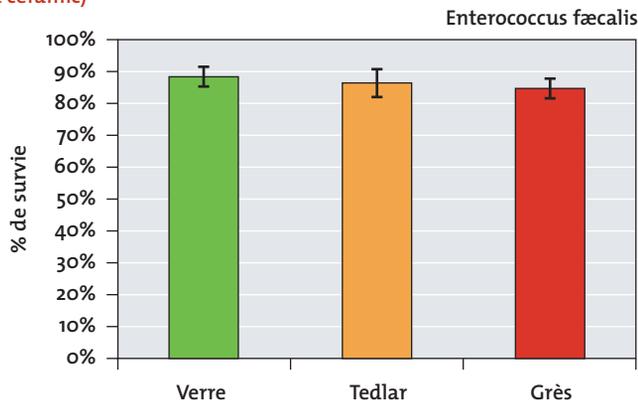


FIGURE 7

Images de la survie bactérienne sur les différents supports testés après aérobiocontamination
Images of bacterial survival on the different surfaces tested after aerobiocontamination

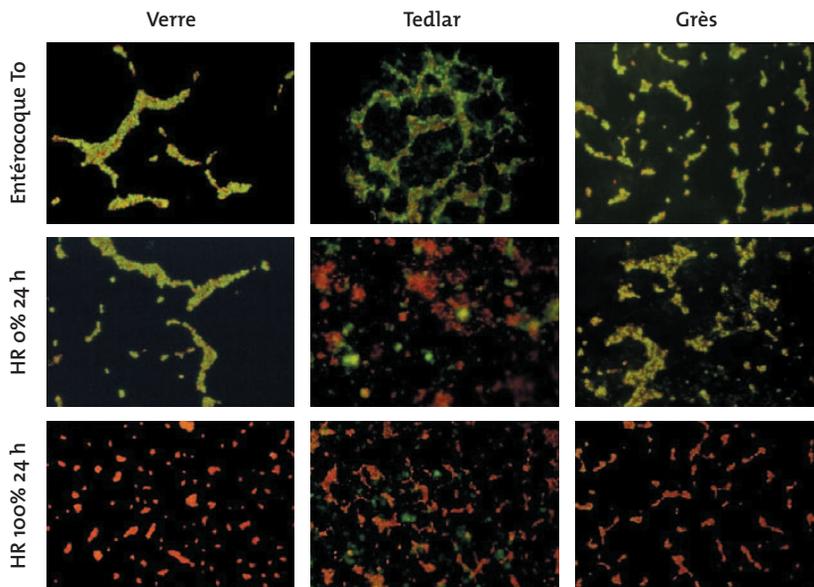
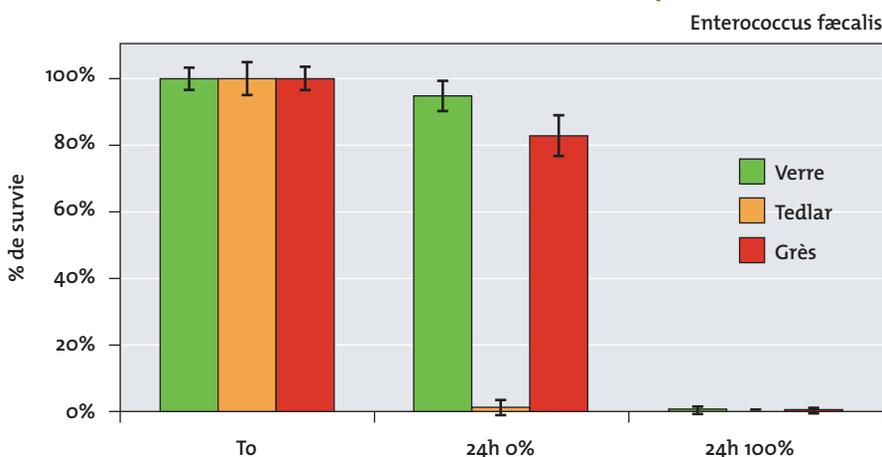


FIGURE 8

Mesure de la survie d'un aérosol bactérien fixé sur trois supports (verre, Tedlar, grès) après un temps de contact de 24 heures à 0 et 100 % d'humidité relative (25 °C)
Measurement of the survival of a bacterial aerosol fixed on three surfaces (glass, Tedlar, extruded ceramic) after a contact time of 24 hours at 0 and 100 % relative humidity (25 °C)



CONTRÔLE DE L'AÉROBIO-CONTAMINATION INITIALE

L'activité des populations bactériennes sur les surfaces a été évaluée par observation directe. Marqués à l'aide de fluorochromes spécifiques (KIT baclight®), les micro-organismes émettent une fluorescence verte ou rouge, visible au microscope à épifluorescence, témoin du degré d'altération de leur membrane cytoplasmique. Les photographies réalisées sur les différents produits à tester, illustrent cette technique (Figure 7). La première étape consiste à contrôler la viabilité des cellules bactériennes contaminant la surface au temps To (Figure 6).

La biomasse active est de l'ordre de 86 %. Les résultats présentés par la suite seront normés selon ce pourcentage.

ANALYSE DE LA SURVIE BACTÉRIENNE SELON LE MATÉRIAU

La survie d'un aérosol d'*Enterococcus faecalis* selon les conditions d'incubation (0 et 100 % d'humidité relative à 25 °C) a été mesurée après 24 heures d'incubation (Figure 8) sur les matériaux « propres », lavés et non contaminés.

En milieu humide, aucune différence significative n'est observée entre le film Tedlar et les surfaces témoin (verre et grès étiré). Les cellules bactériennes sont inactivées par l'augmentation de l'humidité du milieu. Les mécanismes létaux observés sont en partie imputables à l'environnement du micro-organisme. La déshydratation rapide des particules biologiques après aérosolisation, est suivie d'une réhydratation dépendant de la teneur en eau du milieu et des supports. Ces deux stress successifs provoquent un changement de conformation létal pour les cellules bactériennes.

Dans un environnement sec, seul le panneau acoustique (film Tedlar) présente une forte activité bactéricide après 24 heures de contact. Les surfaces témoins (verre et grès) dans ce même milieu n'ont, quant à elles, engendré qu'un abaissement faible de la survie (de l'ordre de 10 %).

La survie de l'*Enterococcus faecalis* sur les trois surfaces conditionnées à 100 % d'humidité relative (25 °C) a été mesurée après deux heures de contact (Figure 9). La survie bactérienne est identique quel que soit le support, toutefois on note une baisse d'environ 30 % par rapport à la contamination initiale : l'effet létal du milieu humide est déjà amorcé d'environ un tiers après 2 heures de contact.

TEST DES EFFETS DU VIEILLISSEMENT ARTIFICIEL

Le but de ces tests est d'obtenir un vieillissement artificiel du matériau et d'observer l'effet éventuel du vieillissement sur les qualités hygiéniques de celui-ci.

Pour vieillir artificiellement les produits, nous avons soumis les dalles acoustiques à l'action d'un jet sous pression. Celui-ci produit une empreinte rectangulaire avec une répartition uniforme des gouttelettes. La pression est fixée à 30 bars et la distance entre la buse et la surface à 35 cm. La largeur du jet lors de l'impact est de 2 cm. Le vieillissement artificiel est obtenu après 1 200 passages perpendiculaires à la surface (Figure 10).

FIGURE 10

Schéma du jet plat « cuillère » appliqué à la surface des matériaux (à gauche) et photographie du montage utilisé pour le vieillissement des panneaux acoustiques (à droite)

Diagram of the « spoon-shape » flat jet applied to the surface of the materials (left) and photograph of the set-up used to age the acoustic panels (right)

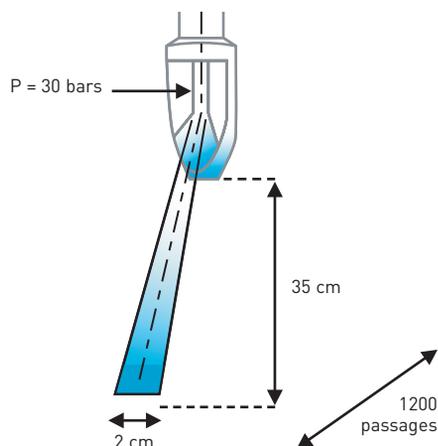
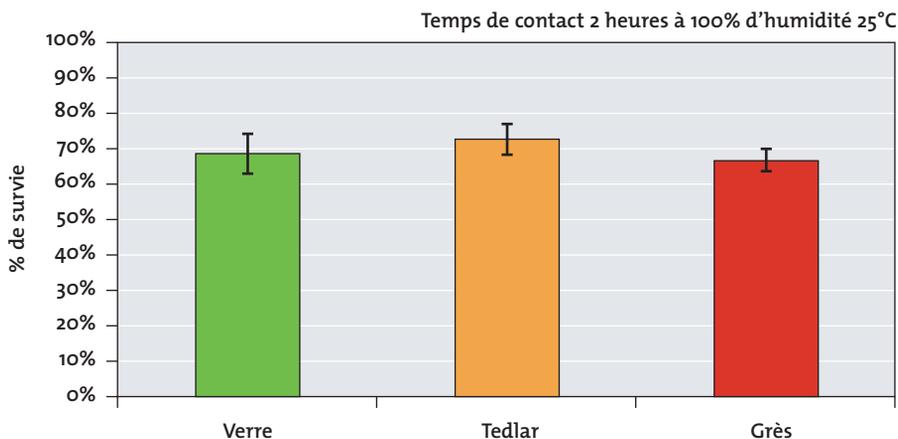


FIGURE 9

Mesure de la survie d'un aérosol bactérien fixé sur trois supports (verre, Tedlar, grès) après un temps de contact de 2 heures à 100 % d'humidité relative (25 °C)

Measurement of the survival of a bacterial aerosol fixed on three surfaces (glass, Tedlar, extruded ceramic) after a contact time of 2 hours at 0 and 100 % relative humidity (25 °C)



Nous avons ensuite étudié les différences de comportement entre le matériau neuf et le matériau vieilli.

EFFET SUR L'AÉROCONTAMINATION INITIALE

Il s'agit de contrôler la viabilité des cellules bactériennes contaminant les surfaces au départ. Aucune différence significative, entre les Tedlar neufs et vieillis, n'a été observée au moment de cette contamination. La biomasse active est de l'ordre de 86 %. Les résultats présentés dans la suite du rapport seront normés selon ce pourcentage.

EFFET SUR LA SURVIE BACTÉRIENNE

L'effet de deux films Tedlar (neuf et vieilli) sur la survie d'un aérosol d'*Enterococcus faecalis* a été mesuré après 24 heures et selon deux conditionnements (0 et 100 % à 25 °C).

Aucune différence significative n'a été observée. Le support vieilli présente toujours une activité bactéricide dans un environnement sec avec un abattement de 90 % de la population initialement active.

VÉRIFICATION DE L'ÉTAT DE SURFACE

Des examens macroscopiques et microscopiques des supports Tedlar neuf et vieilli ont été réalisés. La surface neuve présente un aspect lisse. Après 1 200 passages du jet sous pression, le panneau est légèrement creusé sous la zone d'impact. Le film est détendu par endroits, et des ondulations avec présence de cloques ont été observées (Figure 13).

Une humidification de la sous-couche fibreuse a également été observée.

Les observations réalisées au microscope électronique à balayage montrent un relief général plan. La surface présente un aspect granuleux.

Aucune différence marquée n'a été constatée à l'échelle microscopique entre les supports neuf et vieilli (Figure 14).



FIGURE 11

Pourcentage de survie après aérobiocontamination initiale d'un support Tedlar neuf et vieilli
Survival percentage after initial aerobiocontamination of a new and aged Tedlar surface

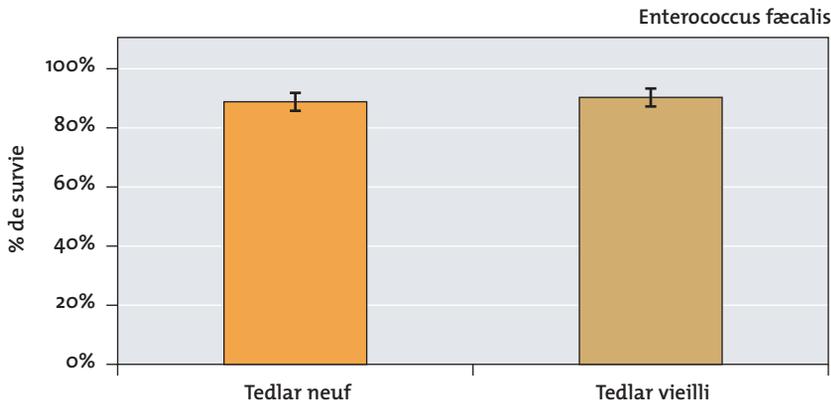


FIGURE 12

Mesure de la survie d'un aérosol bactérien fixé sur deux supports Tedlar (neuf et vieilli) après un temps de contact de 24 heures à 0 et 100 % d'humidité relative (25 °C)
Measurement of the survival of a bacterial aerosol fixed on two Tedlar surfaces (new and aged) after a contact time of 24 hours at 0 and 100 % relative humidity (25 °C)

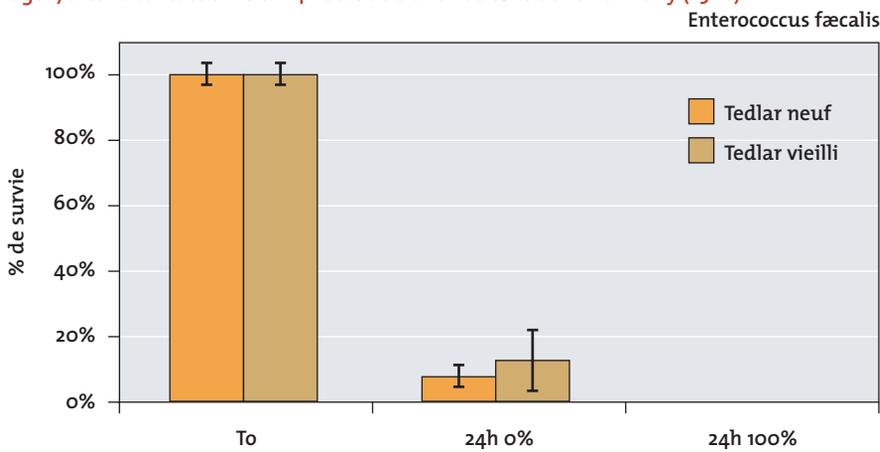


FIGURE 13

Photographie à la loupe binoculaire de la surface des films des panneaux acoustiques : Tedlar neuf (à gauche) et vieilli (à droite)
Photograph with a binocular magnifier of the surface of the coatings of the acoustic panels: new (left) and aged (right) Tedlar

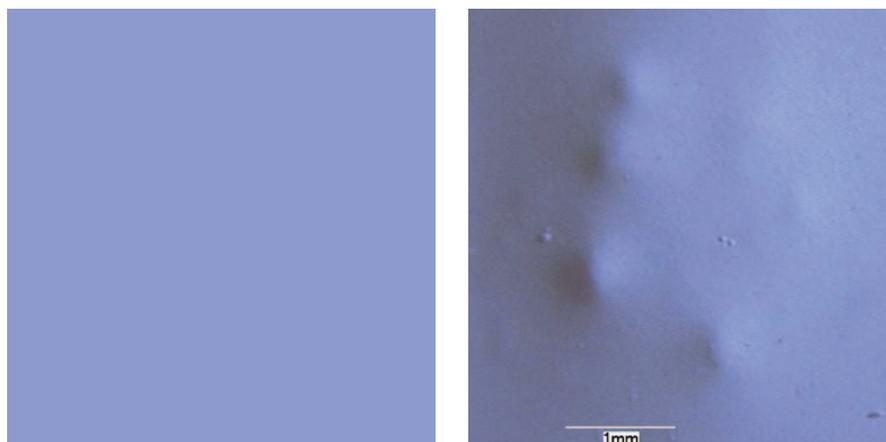
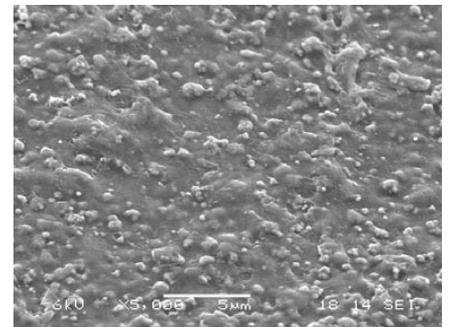
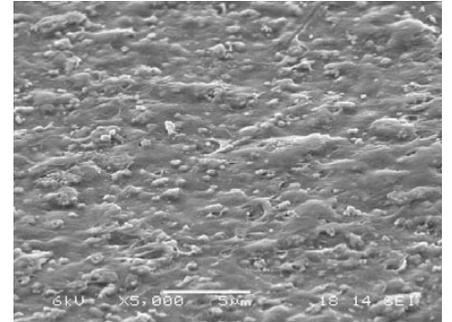


FIGURE 14

Photographie au microscope électronique à balayage de la surface des films Tedlar neuf (en haut) et vieilli (en bas) présents sur le panneau acoustique – grossissement X5000
Photograph with the scanning electron microscope of the surface of new (top) and aged (bottom) Tedlar coatings present on the acoustic panels – X5000 magnification



CONCLUSION

Dans les conditions expérimentales adoptées, le support en grès s'encrasse trois fois plus facilement et se nettoie douze fois moins bien que le support Tedlar. Ce dernier se nettoie cependant quatre fois moins bien que la surface en verre.

Un effet bactéricide significatif des dalles acoustiques testées a également été démontré dans un milieu sec. Sur ce même support et à une humidité relative proche de 100 %, le caractère bactéricide des supports s'ajoute à l'effet létal de l'humidité.

L'action des cycles de nettoyage du jet sous pression ne change globalement

pas l'effet des supports sur la survie bactérienne. Seul l'aspect macroscopique du matériau semble avoir été altéré par l'action mécanique du jet. Après un certain nombre de cycles de nettoyage dans certaines conditions (1 200 cycles à 30 bars et à une distance de 35 cm de la buse), il a également été noté que le film Tedlar recouvrant la dalle acoustique perdait de son étanchéité, ce qui peut s'expliquer compte tenu de la sévérité des essais.

D'une façon générale, la létalité bactérienne observée est liée à la réhydratation des cellules bactériennes et à la réactivité chimique du support (réactions radicalaires, présence de sites oxydants à la surface des supports Tedlar...). La présence de nutriments résiduels sur les supports peut cependant amener une certaine reviviscence des cellules bactériennes qui viendrait

contrebalancer les différents effets bactéricides observés sur le panneau acoustique.

Pour ce qui est de l'encrassement comme du nettoyage, d'une manière générale, le Tedlar se situe entre le verre et le grès étiré. Envelopper les panneaux acoustiques de type laine de roche avec du Tedlar ne doit donc pas poser de problème dans l'industrie agroalimentaire. Cependant, lorsqu'il est employé pour des panneaux acoustiques installés en faux plafond, il est impératif de prévoir des structures de pose spécialement conçues à cet effet ainsi que des joints en silicone, afin d'assurer l'étanchéité globale du plafond.

Reçu le : 28/08/2003

Accepté le : 08/03/2004

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ONDET & MELON (1996) – Étude du comportement acoustique des matériaux absorbants susceptibles d'être utilisés dans l'industrie alimentaire. *Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires*, INRS, 1996, 162, pp. 19 - 31.
- [2] DUFOUR A.L., ROBINE E., DERANGÈRE D., ROBIN D. – Mise au point d'un impacteur destiné à l'aérobiocontamination des produits de construction. *ASFERA*, 1999, pp 133-139.
- [3] BOULANGÉ-PETERMANN L., ROBINE E. et DÉRANGÈRE D. – Bioadhésion aux surfaces d'acier inoxydable – cas des aérosols bactériens. *La Revue de Métallurgie*, SF2M, JA2001, p. 36.
- [4] DERANGÈRE D., ROBINE E., KIRCHNER S., MOREAU R. – Fixation and removal efficiency of bacteria on floor coverings Healthy buildings'95, 1995, Vol 2, pp. 947-952.
- [5] DERANGÈRE D. & ROBINE E. – Evaluation of microbial growth on building materials : Development of a bioaerosol technique and testing procedure. The 7th International conference of indoor air quality and climate, 1996, Vol 3, pp. 143-148.
- [6] ROBINE E., DERANGÈRE D., ATTOUI M., MOREAU R. – Élaboration d'un protocole expérimental de contamination des matériaux de construction par un aérosol bactérien. *ASFERA*, 1996, pp. 117-122.
- [7] ROBINE E., DERANGÈRE D. – Testing procedure for evaluation of microbial contamination of building materials. in Buildings and the environments. Proceedings of the second international conference, 1997, 1, pp. 365-371.
- [8] ROBINE E., DERANGÈRE D., ATTOUI M., MOREAU R. – Elaboration d'une méthodologie d'évaluation d'une aérobiocontamination de surface: survie d'un aérosol d'*Enterococcus faecalis* et *Pseudomonas fluorescens* déposé sur une surface inerte. *ASFERA*, 1997, pp. 129-135.
- [9] ROBINE E., DERANGÈRE D. – Survival of *Pseudomonas fluorescens* on building material surface. *Journal of ASHRAE IAQ'98*, 1998.
- [10] ROBINE E., DERANGÈRE D., RENOUX A., MOREAU R. – Aerobiocontamination testing procedure for evaluation of building materials and surfaces hygienic properties. *J.Aerosol Sci*, 1998, 29, pp.S551-S552.
- [11] ROBINE E. – Adhésion et survie des bactéries aéroportées sur des surfaces inertes. *C.R. Acad Agric.Fr.*, 1998, 84, n° 8, pp. 107-121.
- [12] ROBINE E. – Fixation et survie des aérosols bactériens sur les surfaces. Thèse de l'Université de Paris XII, 1999.
- [13] ROBINE E., DERANGÈRE D., ROBIN D. – Survival of a *Pseudomonas fluorescens* and *Enterococcus faecalis* aerosol on inert surfaces. *International Journal of Food Microbiology*, 2000, 55, pp. 229-234.
- [14] ROBINE E, BOULANGÉ-PETERMANN L, DÉRANGÈRE D. – Assessing bactericidal properties of materials : the case of metallic surfaces in contact with air. *Journal of Microbiological Methods*, 2002, 49, pp. 225-234.

© INRS 2004.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.

Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du Code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ – 30, rue Olivier-Noyer, 75680 Paris cedex 14

Tiré à part des Cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail, 2^e trimestre 2004, n° 195 – ND 2208 – 2 000 ex.

N° CPPAP 804/AD/PC/DC du 14-03-85. Directeur de la publication : J.-L. MARIÉ. ISSN 0007-9952

Imprimerie de Montligeon – 61400 La Chapelle-Montligeon