

Etude expérimentale des interactions bois-microorganismes : cas spécifique des immeubles de santé

ESSONO MINTSA Morel¹, PAILHORIES Hélène^{2,3}, AVIAT Florence⁴, LANATA Francesca¹, MICHAUD Franck¹, BELLONCLE Christophe¹

¹ESB, LIMBHA, Nantes, France

²Laboratoire de Bactériologie-Hygiène, Centre Hospitalier Universitaire, Angers, France

³Laboratoire HIFIH, UPRES EA3859, SFR 4208, Université d'Angers, France

⁴Your ResearchH-Bio-Scientific, 307 la Gauterie, Le Landreau, France

morel.essonomintsa@esb-campus.fr

Mots clés : aérosol, bois-microorganismes ; bâtiment de santé ; hygiène ; prélèvements *in situ*

Contexte et objectifs

La construction d'établissements de santé a un impact significatif sur l'environnement, notamment en termes d'utilisation de matériaux et de consommation d'énergie. Par conséquent, la construction durable de tels bâtiments impose l'utilisation de matériaux respectueux de l'environnement pouvant être recyclés et ayant une faible énergie intrinsèque et un faible impact sur l'environnement (Kumari et Kumar 2020, Kotradyová et al. 2014). Le bois constitue assurément une alternative vertueuse à la construction traditionnelle, mais le secteur de la santé offre encore quelques résistances à une utilisation courante.

L'adoption à grande échelle du bois en intérieur dans les bâtiments de santé suscite des réticences à ce jour, car ce matériau est perçu comme peu hygiénique en raison de sa porosité et sa structure organique. La réglementation l'interdit indirectement parce que poreux. Certaines recherches ont pourtant montré que les matériaux bois non traités ont des propriétés antimicrobiennes contre un large éventail d'agents pathogènes responsables des infections associées aux soins de santé (IAS) (Chen et al 2020, Munir et al 2019a, Munir et al 2019b). Toutefois, aucun élément scientifique ne permet aujourd'hui de démontrer que le bois brut présente un avantage sur la survie ou la non-diffusion des microorganismes par contact ou par aérosol. Cependant, son utilisation comme matériau brut est possible moyennant une conception spécifique. Au regard de ce qui précède, des échanges entre l'ESB et le CHU d'Angers ont eu lieu afin d'identifier les leviers permettant d'avancer sur l'utilisation du bois dans les immeubles de santé et d'autres types de bâtiments (établissement scolaires).

L'objectif de ce travail est, non seulement d'étudier le développement/le transfert bactérien via le matériau bois dans le contexte spécifique des établissements de santé, mais aussi de mieux comprendre les interactions bois-microorganismes dans la diffusion ou non des microorganismes. Un programme de recherche visant à étudier l'impact du bois sur le développement bactérien *in situ* et la qualité de l'air (aérosol microbien, particules, composés organiques volatils COV) a été donc défini. Un protocole de mesures a été mis au point en installant des coupons (assemblage de matériaux) dans plusieurs bâtiments de référence. Les données sont collectées régulièrement et l'ensemble des résultats permettra d'avoir une meilleure visibilité quant à l'acceptabilité du bois brut d'un point de vue hygiène dans les établissements de soins.

Matériel et méthode

Etudes in situ

Plusieurs bâtiments, dont certains construits en structure bois, sont utilisés comme modèle d'étude, dans le respect des règlements et de leur utilisation normale. Pour les prélèvements microbiens in situ, des coupons de 10 cm² constitués de 4 matériaux (bois verni, bois non verni, PVC et acier inox) ont été conçus à l'ESB, afin d'être mis en œuvre en plusieurs points dans différents lieux de vie (restaurant, accueil, couloir, bureau, sanitaires, salle repos...) des bâtiments d'étude (Fig. 1).



Fig. 1 : Positionnement des coupons installés dans un établissement de santé et détail du coupon (photos prises par Morel ESSONO)

Dans chaque établissement, un maximum de 8 coupons est prévu à des endroits différents, nommés zones 1 et 2. La zone 1 représente un endroit de l'établissement avec entretien/nettoyage tel que défini par l'établissement (contexte classique de nettoyage) et la zone 2 représente un endroit sans nettoyage et/ou inaccessible. La présence des coupons dans chaque établissement est de 1 mois minimum pour la zone 1. Les échantillons de la zone 2 sont installés pendant un temps plus long afin d'avoir des informations sur les interactions bois-environnement et notamment le développement possible de biofilm. Parallèlement, une vérification de l'état des surfaces de chaque matériau a été effectuée à partir d'un prélèvement par boîtes contact à J₀, J₁₅ et J₃₀. Après chaque prélèvement, les souches microbiennes sont soigneusement conservées, puis identifiées au CHU d'Angers à l'aide d'un appareil de type VITEK MS de bioMérieux. Toutefois, l'accès et le prélèvement doivent être au préalable définis avec l'établissement.

Etudes avec un aérosol bactérien

Une approche proposant un aérosol sec comme mode de contamination a été développée pour mieux comprendre les interactions entre les microorganismes et le matériau bois. Ainsi, un système expérimental nommé « chambre statique » a été conçu, permettant de distribuer un flux d'air microbien depuis une culture liquide, vers l'intérieur du système expérimental (Fig. 2).

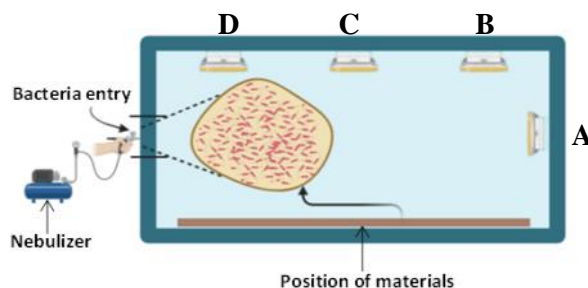


Fig. 2 : Schéma du dispositif expérimental (créé par Morel Essono avec [Biorender.com](https://www.biorender.com))

Les microorganismes sont par la suite suspendus sur les géloses (A, B, C et D) et pourront être dénombrés en présence et absence de différents matériaux parmi lesquels le PVC, le bois verni,

le bois non verni et l'Acier Inox. Le but ici est d'observer l'influence des matériaux sur la diffusion du nuage bactérien.

Premiers résultats

Prélèvements in situ

La tendance des premiers résultats montre que le bois non verni possède une meilleure activité sur la régulation de la croissance microbienne à J₃₀, contrairement à d'autres matériaux (Fig. 3). L'idéal sera d'étendre le suivi afin d'observer la conservation ou non de cette capacité de régulation de la diffusion de microorganismes dans un contexte classique de nettoyage. Parallèlement, une identification du type de microorganismes détectés sur chaque type de matériau a été réalisée (Tab. 1). A terme, ces résultats permettront d'avoir une image claire des possibilités d'utilisation du bois brut dans ces structures et de son impact sur la qualité de l'air.

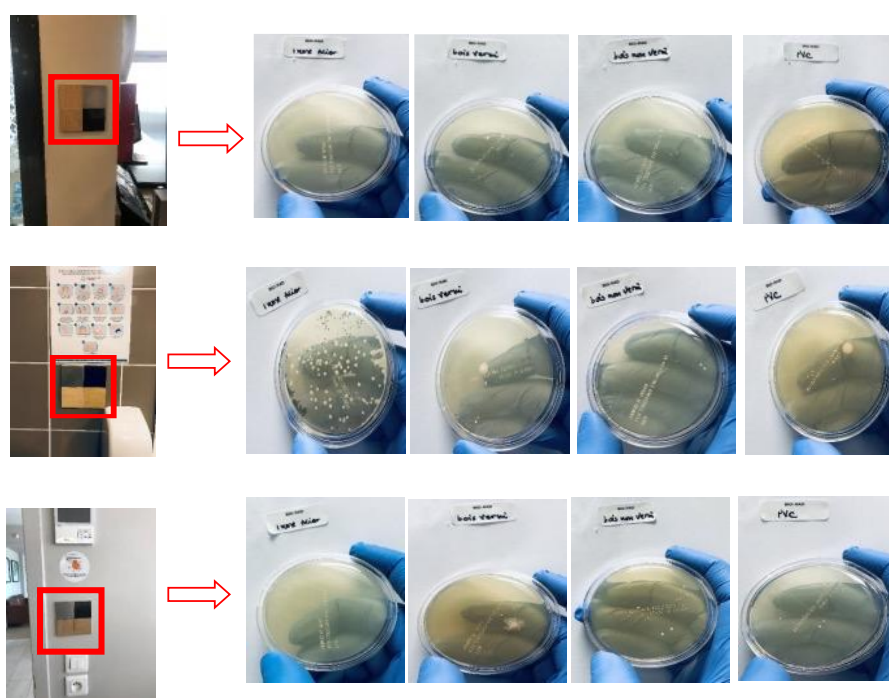


Fig. 3 : Prélèvements *in situ* par boîtes contact

Etat des surfaces après aérosolisation

La récupération des unités formant des colonies (UFC) sur les différents matériaux montre que le polystyrène (PS) retient plus de bactéries à la surface à J₀, J₁ et J₂, par rapport au chêne et au polypropylène (PP). Les microorganismes présents à la surface du bois diminuent considérablement à partir de J₁, ce résultat traduit une forte inhibition de la croissance bactérienne à la surface du bois, contrairement au PP et PS (Fig. 4). Ce phénomène a été déjà observé par Vainio-Kaila et al (2011) qui ont montré que les unités formant des colonies (UFC) de *E. coli* et *L. monocytogenes* non seulement diminuaient plus rapidement sur le bois de cœur du pin que sur le verre, mais aussi, n'augmentaient pas le lendemain. En effet, la limite minimale détectable (LDM) du *S. aureus* sur le chêne a été atteinte entre 0 et 2 jours alors que cette limite n'a pas été atteinte pour les deux autres matériaux sur le même intervalle de temps (Fig. 4). Ce résultat est similaire à celui obtenu par Chen et al (2020) qui ont montré que la LDM de *E. faecalis*, *K. pneumoniae* et *S. aureus* sur le chêne était compris entre 0 et 2 jours et que cette limite était de plus de 15 jours s'agissant des autres matériaux testés. Le même résultat a été

obtenu par Milling et al (2005) qui ont montré qu'après 48 h, aucune bactérie cultivable n'a été détectée sur le chêne, et que la première réduction du nombre de bactéries sur le plastique a commencé 4 jours après l'inoculation et n'a abouti qu'à une réduction de log 2 après 7 jours. Les auteurs ajoutent le fait qu'aucune diminution de bactéries *E. faecium* n'a été observée sur le plastique, au contraire, les bactéries à gram-positif ont pu être récupérées à des niveaux très élevés de plus de 10⁴ UFC par gramme de copeaux de polystyrène après 7 jours (Milling et al 2005).

Tab. 1 : Identification des bactéries sur les matériaux à J30

Bactéries identifiées	Zones de prélèvements																			
	PASA				Sanitaires				Salle repas				Bureau Directrice				Accueil			
Prélèvements à J30	BV	BNV	PVC	AC	BV	BNV	PVC	AC	BV	BNV	PVC	AC	BV	BNV	PVC	AC	BV	BNV	PVC	AC
<i>S. epidermis</i>	✓		✓		✓			✓	✓											✓
<i>S. Haemolyticus</i>	✓							✓												
<i>Priestia megaterium</i>																				✓
<i>Staphylococcus sp.</i>																✓	✓			
<i>Bacillus sp.</i>						✓									✓					
<i>Micrococcus luteus</i>																				✓
<i>S. hominis</i>			✓			✓														
<i>S. capitis</i>				✓	✓															
<i>Bacillus licheniformis</i>					✓															
<i>Lysinibacillus fusiformis</i>							✓													
<i>S. saprophyticus</i>			✓				✓													
<i>Brevibacillus sp.</i>			✓																	
<i>S. warneri</i>								✓												
<i>Enterococcus faecium</i>									✓											
Total bactérie id/zone à J30	2	0	4	1	5	0	3	3	2	0	1	1	1	0	0	0	2	0	1	0

BV = bois verni, BNV = bois non verni, PVC = polychlorure de vinyle, AC = acier inox

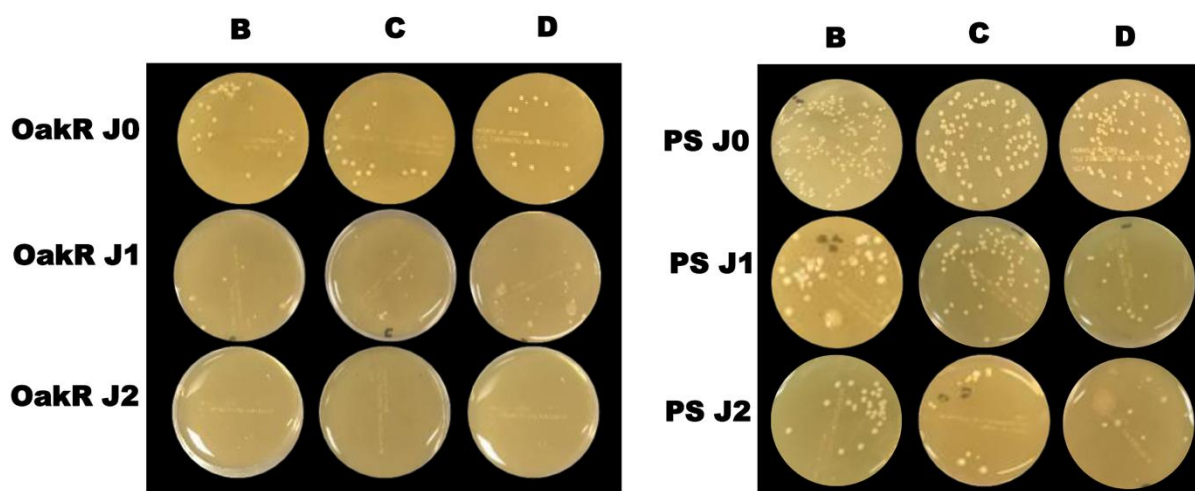


Fig. 4 : Récupération de l'aérosol bactérien à la surface des matériaux poreux, aux différentes positions (Fig. 2) : Bois (à gauche) et PS (à droite)

Conclusion partielle

Cette étude souligne la grande capacité d'inhibition de croissance bactérienne sur le bois brut de chêne. Des études complémentaires sont en cours pour mieux comprendre les mécanismes physiques et chimiques impliqués dans les interactions bois-microorganismes. Nos résultats préliminaires sont également encourageants concernant l'utilisation du chêne dans la construction ou décoration intérieure des établissements de santé.

Remerciements

Nous adressons nos remerciements à l'Agence Nationale de Recherche (ANR), au Groupe KORIAN, au CHU d'Angers et à l'ESB de Nantes.

Références

Chen J-C, Munir MT, Aviat F, Lepelletier D, Le Pape P, Dubreil L, Irle M, Federighi M, Belloncle C, Eveillard M (2020) Survival of Bacterial Strains on Wood (*Quercus Petraea*) Compared to Polycarbonate, Aluminum and Stainless Steel. *Antibiotics*, 9:804.

Kotradýová V, Kali Náková B (2014) Wood as Material Suitable for Healthcare and Therapeutic Facilities. *Adv. Mater. Res.* 1041:362–366.

Kumari S, Kumar R (2020) Green Hospital—A Necessity and Not Option. *J. Manag. Res. Anal.* 7:46–51.

Milling A, Smalla K, Kehr R, Wulf A. The use of wood in practice – a hygienic risk? *Holz Als Roh- Werkst.* 63(6):463-72.

Munir MT, Aviat F, Pailhories H, Eveillard M, Irle M, Federighi M, Belloncle C (2019b) Direct Screening Method to Assess Antimicrobial Behavior of Untreated Wood. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 77:319–322.

Munir MT, Pailhoriès H, Eveillard M, Aviat F, Lepelletier D, Belloncle C, Federighi MM (2019a) Antimicrobial Characteristics of Untreated Wood: Towards a Hygienic Environment. *Health (N.Y.)*, 11:152.

Vainio-Kaila T, Kyyhkynen A, Viitaniemi P, Siitonen A (2011) Pine heartwood and glass surfaces: easy method to test the fate of bacterial contamination. *Eur J Wood Wood Prod.* 69(3):391-5.