

**Place de la surveillance  
microbiologique  
de l'environnement  
dans la prévention  
des infections  
associées aux soins**

Décembre 2018



Volume XXVI - N° 6 - Décembre 2018

## Place de la surveillance microbiologique de l'environnement dans la prévention des infections associées aux soins

<b>Table des matières</b> .....	1
<b>Préface</b> .....	3
<b>Avant-propos</b> .....	5
<b>Participants</b> .....	7
Groupe de travail.....	7
Groupe de lecture.....	7
Conseil scientifique de la SF2H.....	7
<b>Abréviations et acronymes</b> .....	8
<b>Contexte</b> .....	9
<b>Méthodologie</b> .....	10
Groupe de travail.....	10
Chargés de projet.....	10
Champ de la recommandation.....	10
Type de recommandation et élaboration de l'argumentaire.....	11
Missions des groupes de travail de lecture.....	11
<b>Questions posées</b> .....	12
<b>Avertissement au lecteur</b> .....	13
<b>Synthèse des recommandations et commentaires</b> .....	15
<b>Argumentaire scientifique et recommandations</b> .....	25
Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'eau à la prévention des IAS ?.....	25
Considérations générales sur la relation entre la présence de micro-organismes dans l'eau et la survenue d'IAS.....	25
Eau et <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	26
Eau et bacilles à Gram négatif (BGN) non fermentaires hors <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	30
Eau et bactéries multirésistantes aux antibiotiques (BMR).....	31
Eau et mycobactéries non tuberculeuses (MNT).....	32
Eau et champignons filamenteux.....	34
Eau et virus.....	35
Eau et parasites.....	35
Cas particulier de l'eau des unités dentaires.....	36
Cas particulier des siphons.....	38

Place de la surveillance  
microbiologique  
de l'environnement  
dans la prévention  
des infections  
associées aux soins

Décembre 2018

**Les articles publiés n'engagent que leurs auteurs.** Les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles ont été incorporées sont autorisées. Toute autre reproduction est interdite sans autorisation de l'éditeur. (Loi du 11 mars 1957 - art. 40 et 41 du Code pénal art. 425).

**Les recommandations aux auteurs**  
sont disponibles sur le site internet:  
www.hygienes.net

Comité de rédaction/Ours..... p. 4  
Liste des annonceurs..... p. 4

Bulletin d'abonnement..... pp. 62-70

Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces à la prévention des IAS ? .....	40
Considérations générales sur la relation entre la présence de micro-organismes dans l'air et les surfaces et la survenue d'IAS .....	40
Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces dans la prévention des IAS ? .....	41
Air et surfaces en secteurs interventionnels .....	42
Air et surfaces et risque infectieux chez les patients immunodéprimés .....	45
La réalisation de contrôles microbiologiques de l'environnement peut-elle participer à la maîtrise d'une épidémie ? .....	51
Considérations générales sur l'environnement au cours des épidémies .....	51
BMR et autres micro-organismes à potentiel épidémique .....	52
Surfaces et épidémies .....	54
Investigation d'une épidémie .....	54
Peut-on définir une fréquence argumentée pour les prélèvements de routine ? .....	54
Considérations générales sur la fréquence des prélèvements d'environnement .....	54
Eau, fréquence argumentée pour les prélèvements .....	54
Air et surfaces, fréquence argumentée pour les prélèvements .....	57
<b>Conclusions</b> .....	<b>59</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>63</b>
Annexe I – Critères de causalité .....	63
Postulats de Koch .....	63
Critères de Bradford Hill .....	63
Annexe II – Contrôles microbiologiques de l'environnement et assurance qualité (AQ) .....	64
Annexe III – NFS 90-351 (Version du 6 avril 2013) .....	65
Annexe IV – Réglementations, normes et recommandations .....	66
Réglementations et normes françaises .....	66
Recommandations étrangères, guides .....	67
Annexe V – Éléments de stratégie de recherche de la littérature .....	68
Bases consultées .....	68
Mots-clés associés .....	68
<b>Références</b> .....	<b>71</b>



Note de l'éditeur. Cette version a été expurgée des annonces publicitaires. Les pages 6, 14, 23-24, 58, 61-62, 69-70 ont donc été supprimées de cette édition.

# Préface

La parution d'un guide de recommandations est toujours une grande satisfaction pour la SF2H car elle correspond à un long processus de gestation, à un travail scientifique minutieux et surtout à la confrontation de nos idées, de nos expériences et de nos cultures par essence heureusement très diverses. Ce travail n'a pas échappé à la règle et je remercie, au-delà de ses deux pilotes qui ont solidement fixé le cap, tous les collègues qui se sont investis avec beaucoup de cœur dans ce projet.

Le conseil scientifique de la SF2H a souhaité repasser au crible des éléments de preuve scientifique, un champ important de notre discipline et de nos activités. Cela s'inscrit dans la continuité d'une démarche dont l'objectif est triple. En premier lieu, il s'agit que les actions ayant un niveau de preuve démontré soient mises en œuvre de façon systématique et par tous. Par exemple dès le premier cas d'infection à champignon filamenteux dans un secteur accueillant des patients à risque, il faut lancer l'investigation environnementale. En second lieu, il s'agit de faire en sorte que ne soit plus réalisé d'action dont le coût apparaît par trop supérieur au bénéfice. Citons-là par exemple l'absence d'intérêt en routine de prélever un siphon. La troisième vertu du crible scientifique est de souligner les espaces de doutes et les pistes de recherche. Par exemple la recherche en routine de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau d'une réanimation fait partie de ces zones d'ombre où les données pour et contre s'équilibrent et nécessitent une contextualisation locale. En effet, c'est dans ces situations d'incertitude que l'expertise du spécialiste de la prévention des infections est requise pour définir une stratégie institutionnelle.

Il faut avoir en mémoire qu'au même titre que le nettoyage et la désinfection, la microbiologie de l'environnement a été un des piliers majeurs du développement de

notre discipline en France. On en a usé, et parfois préalablement abusé, mais dans les années 90 c'était un outil que l'on bénissait au quotidien, tant il nous donnait de la crédibilité et des éléments de compréhension des situations. Aujourd'hui, la multitude de nos outils redonne une position logiquement plus restreinte à la microbiologie de l'environnement. Pour autant, il ne faut surtout pas se priver de cet outil précieux mais par contre l'utiliser au meilleur escient. C'est l'ambition de ce guide de contribuer à y parvenir.

Un des neuf savoir agir qui caractérisent nos métiers est intitulé : *Élaborer et conduire un plan de prévention des risques infectieux liés à l'environnement : air, eau et surfaces*. Je ne peux que vous encourager à le relire au préalable pour encore mieux tirer parti de ces recommandations. Ce savoir agir comporte cinq résultats attendus dont je ne citerai que le premier : *Les patients (ou les résidents) reçoivent des soins dans un environnement sécurisé vis-à-vis du risque infectieux*.

La microbiologie de l'environnement est une discipline à part entière, au même titre que la microbiologie humaine, et nous devons en maîtriser l'usage. Au même titre qu'il existe des examens cyto-bactériologiques des urines à ne pas faire, il existe des contrôles d'environnement inappropriés dans le sens où ils peuvent conduire à d'évitables situations d'incertitude, accompagnées parfois de décisions erronées. Faire un meilleur usage de nos ressources et de nos connaissances reste et restera un fil conducteur pour la SF2H.

En vous souhaitant une bonne lecture de ce riche document,

Bien cordialement

**Pierre Parneix**

PRÉSIDENT DE LA SF2H



### 2019 : Réabonnez-vous

Le réabonnement n'est pas automatique ! Pensez à vous réabonner pour 2019 sur notre site ou par bon de commande de l'établissement, et si nécessaire rapprochez-vous de votre service achat ou économique.  
<https://www.hygienes.net/sabonner/>



### Abonnés numériques : accès à vos articles

Vous êtes abonné à Hygiènes et/ou Risques & Qualité ? Pour lire les articles des revues dans leur intégralité et bénéficier de toutes les fonctionnalités qui y sont liées, connectez-vous à votre compte, en cliquant sur « mon compte » en haut à droite la page d'accueil du site.

### Comment publier ?

Prenez connaissance des recommandations aux auteurs sur notre site. Pour toute question, contactez Anne-Élise Raveneau, secrétaire de rédaction des revues, au 04 82 53 87 38 [redaction@healthandco.fr](mailto:redaction@healthandco.fr)



### Sociétés savantes

Les membres de certaines sociétés savantes bénéficient d'un tarif préférentiel sur les abonnements souscrits à titre individuel : SF2H, CIPIQ-S, FAQSS, GÉRES, IQS, RISQ+H.



Revue officielle de la Société française d'hygiène hospitalière

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**  
Olivier Baradelle

**RÉDACTEUR EN CHEF**  
Jacques Fabry

**RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT**  
Joseph Hajjar

**SECRETARIAT DE RÉDACTION**  
Anne-Élise Raveneau

4, rue Saint-Sidoine - 69003 Lyon  
Tél. : 04 82 53 87 38 - 09 72 38 76 72  
[redaction@healthandco.fr](mailto:redaction@healthandco.fr)

**BULLETIN SF2H**  
Loïc Simon

**ABONNEMENTS**  
[abo@healthandco.fr](mailto:abo@healthandco.fr)

**ADMINISTRATION**  
[info@healthandco.fr](mailto:info@healthandco.fr)

**PUBLICITÉ ET RUBRIQUE**  
« ENTREPRISES ET PRODUITS »  
Boops

4, rue Saint-Sidoine - 69003 Lyon  
Tél. : 04 78 68 87 18 - [pub@boops.fr](mailto:pub@boops.fr)

**REVUE INDEXÉE DANS**  
PASCAL/INIST-CNRS

#### COMITÉ DE RÉDACTION

**Michèle Aggoune**, Consultante, Paris  
**Ludwig-Serge Aho-Glélé**, CHU, Dijon  
**Kamélia Amazian**, ISPITS, Fès, Maroc  
**Pascal Astagneau**, AP-HP, Cpias Ile-de-France, Univ., Paris  
**Mohamed Atif**, Univ., CHU, Blida, Algérie  
**Raoul Baron**, CHU, SF2H, Brest  
**Claude Bernet**, HCL, Cpias Auvergne - Rhône-Alpes, Lyon  
**Philippe Berthelot**, CHU, Univ., Saint-Étienne  
**Xavier Bertrand**, CHU, Univ., Besançon  
**Jean Beytout**, CHU, Univ., Clermont-Ferrand  
**Hélène Boulestreau**, CHU, SF2H, Bordeaux  
**Christian Brun-Buisson**, Ministère de la santé  
**Jean Carlet**, AC2BMR, Paris  
**Lamine Dhidah**, CHU, Sousse, Tunisie  
**Jacques Fabry**, Univ., Lyon  
**Arnaud Florentin**, CHRU, Univ., Nancy  
**Bruno Grandbastien**, CHUV, Lausanne  
**Joseph Hajjar**, Consultant, Valence  
**Stephan Harbarth**, HUG, Univ., Genève, Suisse  
**Philippe Hartemann**, LNSL, Nancy  
**Vincent Jarlier** AP-HP, Paris

**Olivia Keita-Perse**, CH, Monaco  
**Chantal Léger**, CHU, Arlin Poitou, Poitiers  
**Didier Lepelletier**, CHU, Univ., HCSP, Nantes  
**Marie-Gabrielle Leroy**, Clin. Millénaire, Montpellier  
**Jean-Christophe Lucet**, AP-HP, Univ., Paris  
**Marie-Reine Mallaret**, CHU, Univ., Grenoble  
**Véronique Merle**, CHU, Univ., Rouen  
**Babacar NDoye**, ICAN, USSD, Dakar, Sénégal  
**Pierre Parneix**, CHU, Cpias Nouvelle-Aquitaine, Univ., Bordeaux  
**Bruno Pozzetto**, CHU, Univ., Saint-Étienne  
**Anne-Marie Rogues**, CHU, Univ., Bordeaux  
**Catherine Sartor**, AP-HM, Marseille  
**Anne Savey**, HCL, Cpias ARA, Lyon  
**Anne Simon**, Clin., Univ., Bruxelles, Belgique  
**Loïc Simon**, Cpias Grand Est, Nancy  
**Soraya Terzaki**, Le Caire, Égypte  
**Dominique Thiveaud**, Europharmat  
**Ousmane Traoré**, CHU, Univ., Clermont-Ferrand  
**Philippe Vanhems**, HCL, Univ., Lyon  
**Xavier Verdeil**, CHU, Toulouse  
**Jean-Ralph Zahar**, AP-HP, Univ. Paris

**HEALTH & CO**  
4, rue Saint-Sidoine - 69003 Lyon  
Tél. : 04 37 69 72 88  
**DÉPÔT LÉGAL** : Décembre 2018  
© Health & Co

**MAQUETTE** : Boops (Lyon)  
**IMPRIMERIE** : Chirat (Saint-Just-la-Pendue)  
**COMMISSION PARITAIRE** : 0719T 81403  
**ISSN** : 1249-0075

Imprimé sur papier Magno Silk - État de provenance: Autriche (Gratkorn) - Taux fibres recyclées: Fibres vierges non recyclées  
Certification des fibres utilisées: 100 % PEFC - Eutrophisation P Tot (kg/tonne) : 0,02

#### Liste des annonceurs

Anios (p. 61) – Becton Dickinson (4<sup>e</sup> de couv) – Bioquell (p. 14) – Delabie (p. 24) – Laboratoires Gilbert (3<sup>e</sup> de couv) – Laboratoire du Solvirex (p. 23) – Oxypharm (p. 58) – Nanosonics (p. 6) – THX (p. 69) – Tork (2<sup>e</sup> de couv).

# Avant-propos

Plus de 15 ans après les recommandations de 2002 *Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé – Air eaux et surfaces* [1] et deux ans après la diffusion du guide de bonnes pratiques du Cclin Sud-Ouest *Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé* [2], la SF2H a souhaité répondre à la question relative à la place des contrôles microbiologiques de l'environnement dans la prévention des infections associées aux soins (IAS).

La place des contrôles microbiologiques d'environnement est un sujet fréquent de débat pluridisciplinaire au sein de nos établissements de santé. Il nous est apparu nécessaire de mieux préciser la place des prélèvements d'environnement en regard de la littérature publiée depuis la parution de ces documents. De plus, l'estimation du ratio coût/efficacité des contrôles microbiologiques d'environnement est une donnée importante pour les établissements de santé qui se restructurent ou qui se modernisent.

Les recommandations publiées dans ce guide, issues d'un travail multidisciplinaire, couvrent l'air, les surfaces, l'eau, et tiennent compte des spécificités de certaines uni-

tés de soins (bloc opératoire, hématologie et transplantation d'organes solides, réanimation et soins intensifs...) ou de certains micro-organismes (bactéries multirésistantes aux antibiotiques ou non, champignons filamenteux...).

Comme pour beaucoup de mesures en santé et, particulièrement dans le domaine de la prévention des IAS, la difficulté est de disposer d'études ayant un niveau de preuve scientifique élevé, pour conforter la force d'une recommandation. Pour ce guide, peu d'études randomisées (randomisation par cluster) étaient disponibles. Il en était de même pour les études d'observation comparatives et celles d'évaluation médico-économiques.

Le groupe de travail, après avoir délimité le champ des recommandations, a listé les questions et choisi la méthodologie de recommandations pour la pratique clinique (RPC) [3]. Les bactéries, quelle que soit leur sensibilité aux antibiotiques, et les champignons filamenteux ont été plus particulièrement étudiés.

Les questions sont listées, infra, en page 12.

**Ludwig-Serge Aho Glélé,  
Raoul Baron,  
Claudine Belpois-Duchamp**

## RÉFÉRENCES

- 1- Direction générale de la santé. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins. Comité technique national des infections nosocomiales. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé – Air eaux et surfaces. Direction générale de la santé; 2002.
- 2- Cclin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé. Cclin Sud-Ouest; 2016. 125 p.





# Participants

## Coordination

**Ludwig-Serge Aho-Glélé** (Dijon), **Raoul Baron** (Brest)

## Chargés de projet

**Claudine Belpois-Duchamp** (Dijon)

**Ludwig-Serge Aho-Glélé** (Dijon)

## Groupe de travail

**Crespin Adjidé** (Praticien en hygiène, Amiens, ASPEC)

**Ludwig-Serge Aho-Glélé** (Praticien en hygiène, Dijon, SF2H)

**Raoul Baron** (Praticien en hygiène, Brest, SF2H)

**Claudine Belpois-Duchamp** (Praticien en hygiène, Dijon, SF2H)

**Pierre Berger** (Infectiologue, Marseille, GPIC)

**Hervé Blanchard** (Praticien en hygiène, Paris, SF2H)

**Hélène Boulestreau** (Praticien en hygiène, Bordeaux, SF2H)

**Anne Bousseau** (Praticien en hygiène, Poitiers)

**Pierre Cassier** (Praticien en hygiène, Lyon, SF2H)

**Jean-Pierre Gangneux** (Biologiste parasitologie-mycologie, Rennes, SFMM)

**Françoise Karnycheff** (Praticien en hygiène, Paris, SF2H)

**Florence Le Gallou** (Praticien en hygiène, Nantes)

**Noureddine Loukili** (Praticien en hygiène, Lille, ASPEC)

**Simone Nerome** (Praticien en hygiène, Paris)

**Thierry Pialleport** (Biohygiéniste, Bordeaux, ABE)

**Anne-Marie Rogues** (Praticien en hygiène, Bordeaux, SFM)

**Sara Romano-Bertrand** (Praticien en hygiène, Montpellier)

**Loïc Simon** (Praticien en hygiène, Nancy, SF2H)

**ABE**: Association des biohygiénistes européens

**ASPEC**: Association pour la prévention et l'étude de la contamination biologique et particulaire

**GPIC**: Groupe pour la prévention des infections en cancérologie

**SF2H**: Société française d'hygiène hospitalière

**SFMM**: Société française de mycologie médicale

## Groupe de lecture

**Karine Astruc** (Hygiène hospitalière, Cpias Bourgogne Franche-Comté, Dijon)

**Odile Bajolet** (Hygiène hospitalière microbiologie, CHU, Reims)

**Philippe Berthelot** (Hygiène hospitalière, CHU, Saint-Étienne)

**Olivier Castel** (Hygiène hospitalière microbiologie, CHU, Poitiers)

**Pascal Fascia** (Hygiène hospitalière maladies infectieuses, Cpias Auvergne Rhône-Alpes, Lyon)

**Liliane Grolier-Bois** (Hygiène hospitalière, Groupe hospitalier Bretagne sud, Lorient)

**Adrien Guilloteau** (Hygiène hospitalière, CHU, Dijon)

**Karima Jebbloui** (CHU Martinique, Fort-de-France)

**Christine Lawrence** (Hygiène hospitalière, CHU Raymond Poincaré Garches)

**Didier Lecoïnte** (Hygiène hospitalière et bactériologie de l'environnement, CH Sud-Francilien, Corbeil-Essonnes)

**Carole Lemarie** (Bactériologie-hygiène, CHU, Angers)

**Jean Christophe Lucet** (Hygiène hospitalière, CHU Bichat, Paris)

**Nathalie Pestourie** (Hygiène hospitalière et bactériologie de l'environnement, CHU, Limoges)

**Laure Pornet-Ohanian** (Service départemental d'hygiène et épidémiologie de l'Indre, Châteauroux)

**Philippe Saliou** (Hygiène hospitalière, CHU, Brest)

**Albert Sotto** (Maladies infectieuses, CHU, Nîmes)

**Dominique Trivier** (Hygiène hospitalière et bactériologie de l'environnement, CH, Lens)

## Conseil scientifique de la SF2H

**Olivia Keita-Perse** (Praticien en hygiène, Monaco); Présidente

**Michèle Aggoune** (Infirmière en hygiène, Paris)

**Ludwig-Serge Aho-Glélé** (Praticien en hygiène, Dijon)

**Nouara Baghdadi** (Infirmière en hygiène, Lille)

**Raoul Baron** (Praticien en hygiène, Brest)

**Pascale Chaize** (Infirmière en hygiène, Montpellier)

**Arnaud Florentin** (Praticien en hygiène, Nancy)

**Bruno Grandbastien** (Praticien en hygiène, Lausanne)

**Chantal Léger** (Infirmière en hygiène, Poitiers)

**Véronique Merle** (Praticien en hygiène, Rouen)

**Didier Lepelletier** (Praticien en hygiène, Nantes)

**Anne Savey** (Praticien en hygiène, Lyon)

**Philippe Vanhems** (Praticien en hygiène, Lyon)

**Jean-Ralph Zahar** (Praticien en hygiène, Paris)

# Abréviations et acronymes

ABRI.....	<i>Acinetobacter baumannii</i> résistant à l'imipénème	GT.....	Groupe de travail
ADN.....	Acide désoxyribo nucléique	HAS.....	Haute Autorité de santé
AFNOR.....	Association française de normalisation	HCU.....	Heater-Cooler Units
AI.....	Aspergillose invasive	HEPA.....	High Efficiency Particulate Air
BGN.....	Bacille à Gram négatif	HIS.....	Healthcare Infection Society
BHIVA.....	British HIV Association	HR.....	Hazard Ratio
BHRe.....	Bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes	IAS.....	Infection associée aux soins
BLSE.....	Béta lactamase à spectre étendu	IDSA.....	Infectious Diseases Society of America
BMR.....	Bactéries multirésistantes (aux antibiotiques)	IN.....	Infection nosocomiale
BPF.....	Bonnes pratiques de fabrication	ISO.....	Infection du site opératoire
BPP.....	Bonnes pratiques de pharmacie	LPS.....	Lipopolysaccharides
BPTC.....	Bonnes pratiques de thérapie cellulaire	MNT.....	Mycobactérie non tuberculeuse
CCLIN.....	Centre de coordination de la lutte contre les infections nosocomiales	NEMS.....	Nine Equivalent of nursing Manpower use Score
CDC.....	Centers for Disease Control and Prevention (USA)	NGS.....	Next Generation Sequencing
CEC.....	Circulation extra corporelle	NHMRC.....	National Health and Medical Research Council (Australia)
CI.....	Confidence interval	NICE.....	National Institute for Health and Care Excellence
COV.....	Composés organiques volatils	OMS.....	Organisation mondiale de la santé
CPIAS.....	Centre d'appui pour la prévention des IAS	OR.....	Odds ratio
CSH.....	Cellules souches hématopoïétiques	PCR.....	Polymerase Chain Reaction
ECDC.....	European Centre for Disease Prevention and Control	PDCA.....	Plan Do Check Act
ECIL.....	European Conference on Infections in Leukaemia	PFGE.....	Pulsed Field Gel Electrophoresis
ERV.....	<i>Enterococcus</i> résistant à la vancomycine	PTH.....	Prothèse totale de hanche
ES.....	Établissement de santé	RPC.....	Recommandation pour la pratique clinique
GL.....	Groupe de lecture	SARM.....	<i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méticilline
GRADE.....	Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation	SF2H.....	Société française d'hygiène hospitalière
		USI.....	Unité de soins intensifs
		ZEM.....	Zone à environnement maîtrisé

## Contexte

En 2018, la SF2H a entrepris de mettre à jour les connaissances relatives à la surveillance microbiologique de l'environnement en raison du contexte suivant :

- la parution de nouvelles publications ou recommandations jugées « nécessaires » par les professionnels ;
- le débat concernant la place des contrôles microbiologiques, en termes d'efficacité notamment économique ;
- la prise en compte et la synthèse des éléments contenus dans le guide du centre de coordination de lutte contre les infections nosocomiales (CClin) Sud-Ouest concernant la surveillance microbiologique de l'environnement [2].

Parmi les publications concernant le rôle de l'environnement dans la survenue des infections associées aux soins (IAS) on peut citer, à titre d'exemple :

- les articles contenant des éléments méthodologiques tel celui de Loveday *et al.* [4] relatif à l'association entre la qualité de l'eau des réseaux de distribution de l'eau des structures de soins et les infections à *Pseudomonas*,

- les articles débouchant sur des résultats importants, comme l'essai randomisé en cluster d'Anderson *et al.* relatif à la désinfection des surfaces et la prévention des infections liées à certains micro-organismes [5].
- les recommandations relatives aux IAS, publiées récemment, abordant le rôle de l'environnement dans la survenue desdites IAS,
- pour l'air et la prévention des infections du site opératoire (ISO), les recommandations, de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) [6, 7] ; des *Centers for Diseases Control and Prevention* (CDC) [8], de l'*American College of Surgeons and Surgical Infection Society* [9],
- pour les bactéries hautement résistantes émergentes (BHRe) les recommandations de l'OMS relatives à la prévention des infections causées par certaines bactéries résistantes aux carbapénèmes [10].

### RÉFÉRENCES

2. CCLin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé. CCLin Sud-Ouest; 2016. 125 p.

4. Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review. *Journal of Hospital Infection*. 2014;86(1):7-15. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.010.

5. Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF, *et al.* Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the benefits of enhanced terminal room disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *The Lancet*. 2017;389(10071):805-14.

6. Allegranzi B, Bischoff P, de Jonge S, Kubilay NZ, Zayed B, Gomes SM, *et al.* New WHO recommendations on preoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases*. 2016;16(12):e276-e87. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30398-X.

7. Allegranzi B, Zayed B, Bischoff P, Kubilay NZ, de Jonge S, de Vries F, *et al.* New WHO recommendations on intraoperative and postoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases*. 2016;16(12):e288-e303. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30402-9.

8. Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, Leas B, Stone EC, Kelz RR, *et al.* Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAMA surgery*. 2017. doi: 10.1001/jamasurg.2017.0904.

9. Ban KA, Minei JP, Laronga C, Harbrecht BG, Jensen EH, Fry DE, *et al.* American College of Surgeons and Surgical Infection Society: surgical site infection guidelines, 2016 Update. *Journal of the American College of Surgeons*. 2017;224(1):59-74. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2016.10.029.

10. World Health Organization (WHO). Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities. Geneva: WHO World Health Organization; 2017. 74 p.

# Méthodologie

## Groupe de travail

Dans un premier temps, le groupe de travail s'est réuni pour :

- délimiter le champ à traiter et lister les questions,
- préciser la méthodologie d'élaboration du document,
- établir l'échéancier.

Puis, une recherche bibliographique a été réalisée. Le champ de la recherche était limité à la production scientifique sur le thème, en langue anglaise et française (mots-clés en annexe). Le groupe pilote a retenu la méthodologie de la Haute Autorité de santé *Recommandation pour la pratique clinique* (RPC) [3] au détriment de la méthode GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) [11] pour l'élaboration de ces recommandations. Dans un second temps, après avoir pris connaissance de la synthèse des données bibliographiques disponibles rédigées par les chargés de projet, le groupe de travail a :

- rédigé les recommandations,
- finalisé l'argumentaire et les recommandations.

## RÉFÉRENCES

3. Haute Autorité de santé - Service des bonnes pratiques professionnelles. Élaboration de recommandations de bonne pratique : méthode « Recommandations pour la pratique clinique ». Haute Autorité de santé; 2010 ; mise à jour : mars 2016. 27 p.
11. Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, Kunz R, Vist G, Brozek J, *et al.* GRADE guidelines: 1. Introduction—GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2011;64(4):383-94. doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.04.026.

## Chargés de projet

Les deux chargés de projet avaient pour mission d'identifier, de sélectionner, d'analyser et de rédiger une synthèse critique de la littérature et de participer à la rédaction des recommandations en rédigeant des textes préparatoires et en faisant une synthèse des propositions faites par les membres du groupe de travail.

## Champ de la recommandation

Différentes définitions de l'environnement sont disponibles. La première est relativement large et s'intéresse à l'environnement *stricto sensu* avec les faux-plafonds (*Rhizopus*), aux biocides contaminés (*Pseudomonas*), à certains dispositifs médicaux tels que les bandages élastiques (*Zygomycètes*). C'est celle retenue par Weber et Rutala dans l'ouvrage de Wenzel [12]. La seconde est plus restreinte et s'intéresse uniquement à l'air, aux surfaces et à l'eau. C'est celle retenue dans le numéro spécial de 2013, de la revue *Infection Control and Hospital Epidemiology*, consacré au rôle de l'environnement dans la survenue d'infections associées aux soins (IAS) de 2013 [13] et par le présent groupe de travail. Les recommandations concernent deux situations différentes : la routine d'une part et l'investigation des IAS et/ou d'épidémie d'IAS d'autre part. Pour la surveillance microbiologique en routine des zones à environnement maîtrisé (ZEM), les contrôles de l'air et des surfaces sont couplés. Les micro-organismes pris en compte sont les bactéries, les virus, les parasites et les champignons filamenteux. Toutes les unités de soins sont concernées : le bloc opératoire, unités de soins intensifs et réanimations, mais aussi unités d'hospitalisation autres que celles citées. Chacun de ces éléments a également été repris dans un chapitre spécifique aux épidémies.

Nous rappelons que la surveillance microbiologique de l'environnement des secteurs à environnement maîtrisé s'inscrit dans une démarche qualité. Celle-ci est, entre autres, rappelée dans le guide du Cclin Sud-Ouest [2] (Voir Annexe II – Contrôles microbiologiques de l'environnement et assurance qualité (AQ) pour plus de détails).

#### Sont exclus de ces recommandations :

- les contrôles microbiologiques réglementaires (loi, décret, arrêté, instruction, circulaire) qui doivent être conduits dans le respect du texte en vigueur (par exemple : les contrôles relatifs à la recherche de *Legionella sp*, contrôles de potabilité, contrôles de fontaines...),
- les contrôles microbiologiques réalisés suite à des travaux qui ont fait l'objet d'un autre document SF2H [14],
- le contrôle microbiologique des dispositifs médicaux, endoscopie notamment, pour lesquels nous disposons de recommandations spécifiques [15],
- les contrôles microbiologiques des fonctions supports qui ont leur propre démarche qualité (linge, lactarium, restauration par exemple),
- l'eau pour hémodialyse définie dans la pharmacopée européenne [16].

#### RÉFÉRENCES

2. Cclin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé : Cclin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
12. Weber DJ, Rutala WA. Environmental issues and nosocomial infection. chapter 19. In: Wenzel RP, editor. Prevention and control of nosocomial infection. 2<sup>nd</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993. p. 420-49.
13. Infection Control & Hospital Epidemiology. Special topic issue: the role of the environment in infection prevention. Infection Control & Hospital Epidemiology. 2013;34(5):449-542.
14. Société française d'hygiène hospitalière, Société française de mycologie médicale. Risque infectieux fongique et travaux en établissements de santé. Identification du risque et mise en place de mesures de gestion. Hygiènes. 19. Lyon: Société française d'hygiène hospitalière; 2011. p. 1-52.
15. Ministère des Solidarités et de la Santé. Instruction N° DGOS/PF2/DGS/VV51/PP3/2018/195 du 2 août 2018 relative à l'actualisation du traitement des endoscopes souples thermosensibles à canaux de type duodéno-scopie au sein des structures de soins. 2018.
16. Conseil de l'Europe. EDQM. Direction européenne de la qualité du médicament. Pharmacopée européenne, 9<sup>e</sup> édition. 2017.

### Type de recommandation et élaboration de l'argumentaire

Il s'agit d'une recommandation de pratique clinique (RCP) élaborée par un GT et les chargés de projet. Pour chaque recommandation, la qualité et le niveau de preuve selon les recommandations de la HAS [17] sont :

- au moins un essai randomisé de bonne qualité ou une méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ou une analyse de décision fondée sur des études bien menées : 1 = Preuve scientifique établie,
- au moins un essai non randomisé ou étude de cohorte ou étude cas/témoins ou étude multicentrique ou série historique ou au moins des résultats indiscutables d'études non contrôlées : 2 = Présomption scientifique,
- opinion d'expert, résultats d'une expérience clinique, étude descriptive ou résultats d'un consensus de professionnels : 3 = Faible niveau de preuve.

La force de la recommandation est décrite selon une formulation adaptée de Kish :

- A- Il est fortement recommandé de faire...
- B- Il est recommandé de faire...
- C- Il est possible de faire ou de ne pas faire...
- D- Il est recommandé de ne pas faire...
- E- Il est fortement recommandé de ne pas faire...

#### RÉFÉRENCES

17. Haute Autorité de santé. Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé. Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. 2000.

### Missions des groupes de travail de lecture

Le groupe de lecture (GL) donne un avis argumenté sur le fond et la forme du guide, en particulier : applicabilité, acceptabilité et lisibilité.

---

## Questions posées

1. Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'environnement à la prévention des IAS en routine ou à la gestion d'une situation épidémique (études prospectives +/- groupes de comparaison, récupération de données en période endémique, correspondance entre souches environnementales et souches patients) :
  - de l'eau,
  - de l'air et des surfaces ?
2. Peut-on mettre en évidence un lien entre contamination microbiologique de l'environnement et la survenue d'épidémie ?
3. Peut-on définir une fréquence argumentée pour les contrôles microbiologiques de l'environnement de routine ?

# Avertissement au lecteur

## Avertissement au lecteur

L'objectif des présentes recommandations est de préciser la place de la surveillance microbiologique de l'environnement dans la prévention des infections associées aux soins. Cette surveillance peut être réalisée en routine ou au cours d'épidémie. Très peu d'articles répondent directement à l'objectif mentionné supra. C'est par exemple le cas de l'article de Williams *et al.*, relatif à *L'utilité des prélèvements d'environnement pour la prévention de la transmission des entérocoques résistants aux glycopeptides à l'hôpital* [18]. Mais dans la majorité des cas, la littérature est rare ou le niveau de preuve est bas. Nous avons tenté de répondre de manière indirecte, via l'existence d'une association entre la surveillance microbiologique de l'environnement et la réduction des infections associées aux soins (IAS). On peut citer la revue de la littérature de Loveday *et al.* relative à « *l'association de la qualité microbiologique de l'eau des structures de soins et les infections à Pseudomonas aeruginosa* » [4] ou l'essai randomisé en cluster d'Anderson *et al.* relatif à

l'association entre *la désinfection des chambres à l'hôpital et la survenue d'infections à bactéries multirésistantes (BMR) et à Clostridium difficile* [5].

Rappelons qu'une association (lien statistique entre un facteur de risque et une pathologie) n'est pas synonyme de causalité. De nos jours, s'il est admis que la relation causale directe entre la présence d'un micro-organisme dans l'environnement et l'IAS est rare, du fait du caractère multifactoriel de cette association [19]. L'acquisition d'une IAS dépend en effet des facteurs de risques intrinsèques et extrinsèques au patient, parmi lesquels la contamination de l'environnement.

En épidémiologie, les critères de Bradford-Hill sont utilisés [20]. Pour ces derniers, un des critères dits majeurs est la temporalité ou séquence dans le temps, dont la prise en compte est fondamentale dans certaines situations (contamination des siphons et survenue d'IAS, par exemple). Un rappel de ces critères de causalité épidémiologiques et microbiologiques figure dans l'Annexe I – Critères de causalité.

## RÉFÉRENCES

- Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review. *Journal of Hospital Infection*. 2014;86(1):7-15. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.010.
- Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF, *et al.* Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the benefits of enhanced terminal room disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *The Lancet*. 2017;389(10071):805-14.
- Williams VR, Callery S, Vearncombe M, Simor AE. Utility of

- environmental sampling for the prevention of transmission of vancomycin resistant enterococci (VRE) in hospitals. *The Canadian Journal of Infection Control: the official journal of the community & hospital infection control association-Canada / Revue canadienne de prévention des infections*. 2009;24(2):119-24.
- Pearl J. *Causality: Models, Reasoning and Inference*. 2<sup>nd</sup> edition ed. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press; 2009. 484 p.
- Hill AB. The Environment and Disease: Association or Causation? *Proc R Soc Med*. 1965;58:295-300. PubMed PMID: 14283879; PubMed Central PMCID: PMCPMC1898525.





# Synthèse des recommandations et commentaires

**Avertissement :** pour plusieurs recommandations, la méthodologie HAS employée par le groupe de travail a conduit les experts à utiliser la formulation « il est possible de faire ou de ne pas faire ». Cette formulation résulte d'un déficit de publications dans les domaines respectifs et ne permet pas de conclure en faveur ou en défaveur des contrôles microbiologiques d'environnement. Ces derniers peuvent être suggérés par une norme ou découler d'une analyse de risque et/ou d'une démarche qualité à l'échelon local.

## Recommandations R1

### Eau, *Pseudomonas aeruginosa* en réanimation et unités de soins intensifs

**En routine :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins en réanimation et en soins intensifs, en dehors des recommandations réglementaires. **(C-2)**

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins\* en réanimation et en soins intensifs. **(A-2)**

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

### Commentaires

Il est recommandé de réaliser les contrôles d'eau tels que précisés dans le guide de l'eau [21].

Dans les secteurs accueillant des patients immunodéprimés, l'eau du réseau doit être microfiltrée (filtres à 0,22 micron) pour contrôler le risque de *Legionella pneumophila* et *Pseudomonas aeruginosa* [22] (R10). Dans ce contexte, après la phase de validation des filtres à usage unique, il n'y a plus de contrôle d'eau.

**En routine :** une stratégie de contrôles peut être mise en œuvre en fonction de l'épidémiologie locale, du type de patients, de l'architecture et de la maintenance du réseau.

La mise en place de contrôles microbiologiques de l'eau pour soins standard à la recherche de *P. aeruginosa*, en réanimation permet d'en connaître l'épidémiologie, qui varie d'une réanimation à une autre.

**En situation épidémique :** en complément d'une analyse des pratiques, la recherche de *P. aeruginosa* a pour but d'identifier un éventuel réservoir environnemental.

Des travaux de recherche permettant de préciser l'importance relative des sources exogènes et endogènes de *P. aeruginosa* seraient à initier [23].

## Recommandations R2

### Eau, *Pseudomonas aeruginosa* en secteurs de soins hors ceux accueillant des patients immunodéprimés

**En routine :** il est recommandé de ne pas réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins\*. **(D-2)**

**En situation épidémique :** il est recommandé de réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins\*. **(B-2)**

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

### Commentaires

Il est recommandé de réaliser les contrôles d'eau tels que précisés dans le guide de l'eau [21].

**En routine :** une stratégie de contrôles peut être mise en œuvre en fonction de l'épidémiologie locale, du type de patients, de l'architecture et de la maintenance du réseau. La mise en place de contrôles microbiologiques de l'eau

pour soins standard à la recherche de *P. aeruginosa*, permet d'en connaître l'épidémiologie, qui varie d'une unité de soins à une autre [21].

**En situation épidémique :** en complément d'une analyse des pratiques, la recherche de *P. aeruginosa* a pour but d'identifier un éventuel réservoir environnemental.

### Recommandations R3

#### Eau, bacilles à Gram négatif (BGN) non fermentaires hors *Pseudomonas aeruginosa*

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser une recherche spécifique d'autres bacilles à Gram négatif non fermentaires dans l'eau utilisée lors des soins\*. (E-2)

**En situation épidémique :** il est recommandé de réaliser une recherche spécifique d'autres bacilles à Gram négatif non fermentaires au niveau de l'eau utilisée lors des soins. (B-2)

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

### Commentaires

**En situation épidémique :** la recherche spécifique de BGN, impliqué dans l'épidémie, au niveau de l'eau est pertinente pour identifier une source potentielle d'exposition des patients et la neutraliser pour prévenir l'apparition de nouveaux cas. L'investigation environnementale pourra être complétée par une recherche plus large au niveau des dispositifs médicaux et/ou des désinfectants du fait de la

propension de ces bactéries à résister aux biocides.

**Cas particulier de la mucoviscidose :** les recommandations européennes de 2014, spécifiques à la mucoviscidose, ne préconisent pas, en routine, de recherche spécifique de *Pseudomonas* ou d'autres bactéries à Gram négatif non fermentaires au niveau de l'eau utilisée lors des soins [24].

### Recommandations R4

#### Eau et bactéries multirésistantes aux antibiotiques (BMR)

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser une recherche spécifique de bactéries multirésistantes au niveau de l'eau utilisée lors des soins\*. (E-2)

**En situation épidémique :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser une recherche de bactéries multirésistantes au niveau de l'eau utilisée lors des soins\*. (C-2)

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

### Commentaires

**En situation épidémique :** la recherche de BMR dans l'eau ou dans d'autres réservoirs environnementaux doit être

précédée d'une analyse de pratiques et peut être envisagée une fois la transmission manuportée écartée.

**Recommandations R5****Eau, mycobactéries non tuberculeuses (MNT)**

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de mycobactéries non tuberculeuses dans l'eau. (E-2)

**Dès le premier cas d'IAS à MNT :** il est fortement recommandé de rechercher un réservoir hydrique de mycobactéries non tuberculeuses. (A-2)

**Commentaires**

La recherche de MNT dans l'eau est complexe et relève de laboratoires spécialisés d'autant qu'il n'existe pas de norme de recherche des mycobactéries dans l'eau ni de technique

validée à ce jour.

**Concernant les générateurs de CEC :** il faut se référer aux préconisations des fabricants.

**Recommandations R6****Eau, champignons filamenteux**

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de champignons filamenteux dans l'eau. (E-2)

**En situation épidémique :** il est recommandé de réaliser une recherche spécifique dans l'eau, notamment pour *Fusarium sp.*, et le cas échéant dans d'autres réservoirs environnementaux. (B-2)

**Commentaires**

La transmission des champignons filamenteux se fait essentiellement par voie aérienne. Les principaux réservoirs des champignons sont donc l'air et les surfaces. Cependant, certains champignons filamenteux peuvent être isolés sur d'autres substrats tels que les robinets,

les éviers et les environnements humides, c'est notamment le cas de *Fusarium sp.*

Les infections fongiques sont rares et sont retrouvées exclusivement chez les immunodéprimés sévères [22].

**Recommandations R7****Eau, virus**

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de virus dans l'eau. (E-3)

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de virus dans l'eau. (E-2)

**Commentaires**

Le Code de la santé publique (Article R. 1321-2) stipule que « les eaux destinées à la consommation humaine doivent [...] ne pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ».

Les industriels de production d'eau potable surveillent des virus, dans le cadre de leur démarche qualité.

La surveillance de virus dans l'eau d'un établissement de santé (ES) relève d'une activité de recherche.

## Recommandations R8

## Eau, parasites

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche de parasites dans l'eau. (E-3)

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche de parasites dans l'eau. (E-2)

## Commentaires

La recherche de parasites telle que proposée par les CDC dans les situations épidémiques ne se justifie pas dans notre contexte de soins et compte tenu des exigences réglementaires sur la potabilité de l'eau en Europe et en France. Le Code de la santé publique (Article R. 1321-2) stipule que « les eaux destinées à la consommation humaine doivent [...] ne pas contenir un nombre ou une concentra-

tion de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ». Les industriels de production d'eau potable surveillent des parasites, souvent *Giardia* et *Cryptosporidium*, dans le cadre de leur démarche qualité.

La surveillance de parasites dans l'eau d'un établissement de santé (ES) relève d'une activité de recherche.

## Recommandations R9

## Eau, unités dentaires

**En routine :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de l'eau des unités dentaires, en dehors des recommandations réglementaires. (C-3)

**Dès le premier cas d'infection à bactérie à réservoir hydrique et lorsque les soins dentaires sont évoqués :** il est recommandé d'effectuer un contrôle microbiologique de l'eau des pièces à mains. (B-3)

## Commentaires

Le ministère de la Santé recommande un contrôle annuel de l'eau des unités dentaires [25]. Il est difficile d'objectiver une épidémie, compte tenu du caractère souvent ambulatoire des soins. Il n'existe pas d'arguments dans la littérature pour recom-

mander de réaliser des contrôles microbiologiques de l'eau des unités dentaires.

Le guide du CCLin Sud-Ouest [2] propose de réaliser des contrôles microbiologiques à une fréquence d'une fois par an.

## Recommandations R10

## Eau, siphons

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôles microbiologiques au niveau des siphons. (E-3)

**En cas d'épidémie non contrôlée, dans le cadre d'investigations ciblées (BHRe, *P. aeruginosa* multi-résistant, ABRI...) et en complément de l'analyse des pratiques :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser de contrôles microbiologiques au niveau des siphons. (C-3)

## Commentaires

Dans le cas particulier de services en situation d'épidémie ou présentant une forte endémicité d'infections à bactéries multi/hautement résistantes aux antibiotiques, la surveillance microbiologique permet de s'assurer de l'absence de constitution d'un réservoir environnemental, relayant et amplifiant un risque infectieux et/ou épidémique pour les patients du service.

Pour identifier des micro-organismes éventuellement responsables d'infections associées aux soins (IAS), il est

nécessaire de mettre en œuvre des techniques analytiques ciblées, non standardisées et coûteuses non envisageables en routine, d'autant que leur résultat est rarement contributif.

En ce sens, il serait intéressant de poursuivre des travaux de recherche sur la dynamique d'évolution « microbiote des siphons » et son lien avec les infections associées aux soins [26].

## Recommandations R11

### Air et surfaces, secteurs interventionnels

**En routine :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces au bloc opératoire ou en secteur interventionnel\* en dehors des qualifications. **(C-3)**

Dès le premier cas d'infection du site opératoire (ISO) à champignon filamenteux, il est fortement recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces au bloc opératoire et en secteur interventionnel dans le cadre d'investigations ciblées (*Aspergillus...*). **(A-3)**

**En cas d'augmentation de l'incidence d'ISO bactériennes :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces au bloc opératoire et en secteur interventionnel, après analyse des causes, dans le cadre d'investigations ciblées. **(C-3)**

**En cas de travaux pouvant impacter les ZEM :** il est recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces au bloc opératoire et en secteur interventionnel dans le cadre de la surveillance des mesures de confinement. **(B-3)**

\*Prélèvements faits dans une salle bionettoyée au repos.

## Commentaires

Les contrôles préconisés dans la norme NF S90-351 (avril 2013) sont à réaliser lors de la qualification initiale et de la requalification annuelle des zones à environnement maîtrisé (ZEM).

Dans le cadre d'une démarche qualité en lien avec la surveillance des installations de traitement de l'air, il est possible de réaliser en routine des prélèvements microbio-

logiques d'air et de surfaces dans les ZEM (bloc opératoire, secteur interventionnel...). Le groupe pluridisciplinaire en charge de la validation de ces contrôles doit avoir réalisé une analyse *a priori* des risques et doit être en mesure d'effectuer une analyse *a posteriori* des causes en cas de résultats non conformes.

## Recommandations R12

Air et surfaces, *Aspergillus*

**En routine :** dans les secteurs à environnement maîtrisé recevant des patients à risque élevé d'infection fongique, il est recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces pour rechercher les champignons filamenteux pathogènes opportunistes dont *Aspergillus*. (B-3)

**Dès le premier cas d'infection fongique nosocomiale à champignons filamenteux :** dans les secteurs à environnement maîtrisé recevant des patients à risque élevé d'infection fongique, il est fortement

recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces pour rechercher le ou les champignon(s) filamenteux en cause. (A-2)

**Lors de travaux pouvant impacter les secteurs à environnement maîtrisé** recevant des patients à risque élevé d'infection fongique, il est recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces dans le cadre de la surveillance des mesures de confinement pour rechercher les champignons filamenteux pathogènes opportunistes dont *Aspergillus*. (B-2)

## Commentaires

Ces recommandations s'appliquent aux patients à risque élevé, tels que définis dans le guide de la SF2H de 2016 *Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les*

*patients immunodéprimés ?* [22].

Ces recommandations s'étendent à l'ensemble des champignons filamenteux potentiellement pathogènes.

## Recommandations R13

Air et surfaces, *Pneumocystis*

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle d'air et de surfaces pour la recherche de *Pneumocystis*. (E-3)

**En situation épidémique :** il est recommandé de ne pas réaliser de contrôle d'air ni de surfaces pour la recherche de *Pneumocystis*. (D-3)

## Commentaire

La recherche de *Pneumocystis* est complexe et relève de laboratoires spécialisés d'autant qu'il n'existe pas de norme

de recherche ni de technique validée à ce jour.

## Recommandations R14

## Air et surfaces, virus

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle microbiologique de l'air ou des surfaces pour la recherche de virus. (E-3)

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle microbiologique de l'air ou des surfaces pour la recherche de virus. (E-3)

## Commentaire

À l'hôpital, la mise en évidence de virus dans l'air est une activité de recherche et n'est pas réalisable en routine. Baurès *et al.* [27] ont exploré la présence, par biologie moléculaire, de 3 virus dans l'air de 2 hôpitaux dans 7 types de local : virus de la grippe, adénovirus et virus respiratoire syncytial. Malgré la réalisation d'une campagne de prélè-

vement en période épidémique, les virus n'ont été que très rarement retrouvés. La recherche de virus dans l'air nécessite des méthodes particulières de recueil permettant de les capturer en milieu aqueux sur des volumes importants, en limitant le risque d'altération et permettant l'analyse ultérieure par biologie moléculaire.

**Recommandations R15****Air et surfaces, BMR et autres micro-organismes à potentiel épidémique**

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle microbiologique de surfaces pour la recherche de ces bactéries. **(E-3)**

**En situation d'épidémie à BMR, *C. difficile* ou autres bactéries à potentiel épidémique :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de surfaces ciblées pour la recherche de ces bactéries. **(C-3)**

**Commentaire**

Ces contrôles microbiologiques de surfaces doivent s'accompagner d'une évaluation des pratiques d'entretien des surfaces.

Dans la recommandation, la notion de bactéries à potentiel épidémique peut être étendue à celle de « micro-organisme »

**Recommandation R16****Surfaces, épidémies**

**En situation d'épidémie non contrôlée :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbio-

logiques de surface dans le cadre de recherche ciblée. **(C-3)**

**Commentaires**

Néant.

**Recommandation R17****Eau, fréquence des contrôles**

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbio-

logiques de l'eau en raison de l'absence de données publiées.

**Commentaire**

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement de santé, procéder à sa propre analyse de

risques en groupe pluridisciplinaire pour définir la fréquence des contrôles microbiologiques de l'eau.

**Recommandation R18****Eau, fréquence des contrôles, unités dentaires**

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbio-

logiques de l'eau des unités dentaires en raison de l'absence de données publiées.

**Commentaire**

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement, procéder à sa propre analyse de risques en

groupe pluridisciplinaire.

**Recommandation R19****Eau, fréquence des contrôles pharmacie hospitalière**

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbiolo-

giques de l'eau en pharmacie hospitalière en raison de l'absence de données publiées.

**Commentaire**

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement, procéder à sa propre analyse de risques en

groupe pluridisciplinaire.

**Recommandation R20****Air et surfaces, fréquence des contrôles**

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbiolo-

giques de l'air et des surfaces en raison de l'absence de données publiées.

**Commentaire**

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement, procéder à sa propre analyse de risques en

groupe pluridisciplinaire.

**RÉFÉRENCES**

2. CCLin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: CCLin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
21. Ministère de la Santé et des Solidarités. L'eau dans les établissements de santé - Guide technique: ministère de la Santé et des Solidarités; 2005. 115 p.
22. Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés? Recommandations formalisées d'experts. Hygiènes. 2016;24(5):64 p.
23. Rogues AM, Boulestreau H, Lashéras A, Boyer A, Gruson D, Merle C, *et al.* Contribution of tap water to patient colonisation with *Pseudomonas aeruginosa* in a medical intensive care unit. *J Hosp Infect.* 2007;67(1):72-8. doi: 10.1016/j.jhin.2007.06.019.
24. Saiman L, Siegel JD, LiPuma JJ, Brown RF, Bryson EA,

- Chambers MJ, *et al.* Infection prevention and control guideline for cystic fibrosis: 2013 update. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2014;35 Suppl 1:S1-S67. doi: 10.1086/676882.
25. Ministère de la Santé et des Solidarités DGS. Guide de prévention des infections liées aux soins en chirurgie dentaire et en stomatologie. Paris: 2006.
26. Berthelot P, Grattard F, Mahul P, Pain P, Jospé R, Venet C, *et al.* Prospective study of nosocomial colonization and infection due to *Pseudomonas aeruginosa* in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Medicine.* 2001;27(3):503-12. doi: 10.1007/s001340100870.
27. Baurès E, Blanchard O, Mercier F, Surget E, le Cann P, Rivier A, *et al.* Indoor air quality in two french hospitals: measurement of chemical and microbiological contaminants. *The Science of the Total Environment.* 2018;642:168-79. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.047.







# Argumentaire scientifique et recommandations

## Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'eau à la prévention des infections associées aux soins (IAS) ?

### Considérations générales sur la relation entre la présence de micro-organismes dans l'eau et la survenue d'IAS

Le rôle de l'eau dans la possible transmission d'une infection associée aux soins/nosocomiale a fait l'objet d'études [28-30] et de rapports [31,32], en particulier chez les patients les plus fragiles [21,28]. Ils sont analysés ci-dessous en fonction du micro-organisme ou de cas particuliers (unit dentaire, siphon...). La présence de micro-organismes dans l'environnement n'est pas une condition suffisante pour impliquer ce réservoir dans la survenue d'IAS [1,33]. En effet, le lien épidémiologique reste faible [33-35] et difficile à évaluer [36]. De plus, même dans les cas où le micro-organisme à l'origine de l'IAS est détecté dans l'eau, il est souvent difficile d'expliquer le schéma de la transmission [21]. Enfin, la prévention des IAS reste multifactorielle [37].

Il n'y a pas d'études de haut niveau de preuve scientifique pour montrer l'existence d'une relation forte entre l'eau contaminée par des micro-organismes et la survenue d'IAS en milieu de soins. Les facteurs le plus souvent retrouvés sont des facteurs individuels décrits par Venier *et al.* [38] et Ferranti *et al.* dans leur revue de la littérature [39] qui sont plus fréquents que les facteurs environnementaux.

Ferranti *et al.* notent que la présence des bactéries dans l'eau est inévitable. De ce fait, ils rappellent l'importance des précautions standard et proposent l'utilisation d'eau stérile lors de soins et de gestes invasifs, chez les immunodéprimés et les enfants [39]. Decker *et al.* [40], dans leur commentaire concernant l'article de Cristina *et al.* [41] relatif à

l'impact des mousses sur la contamination de l'eau par les bactéries à Gram négatif dans les services hospitaliers à risque conviennent que si le rôle de l'eau dans les infections à *Legionella sp.* n'est plus à démontrer, il n'en est pas de même pour les autres micro-organismes. Ils concluent que l'hygiène des mains reste le moyen le plus efficace pour prévenir les IAS. Ce point est également mentionné dans différents articles [42-44], et élargi à l'ensemble des précautions standard par Bloomfield *et al.* [45].

### RÉFÉRENCES

1. Direction générale de la santé. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins Comité technique national des infections nosocomiales. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé - Air eaux et surfaces. Direction générale de la Santé; 2002.
21. Ministère de la Santé et des Solidarités. L'eau dans les établissements de santé - Guide technique: ministère de la Santé et des Solidarités; 2005. 115 p.
28. Anaissie EJ, Penzak SR, Dignani MC. The hospital water supply as a source of nosocomial infections: a plea for action. Archives of Internal Medicine. 2002;162(13):1483-92. doi: 10.1001/archinte.162.13.1483.
29. Kizny Gordon AE, Mathers AJ, Cheong EYL, Gottlieb T, Kotay S, Walker AS, *et al.* The hospital water environment as a reservoir for carbapenem-resistant organisms causing hospital-acquired infections-A systematic review of the literature. Clin Infect Dis. 2017;64(10):1435-44. doi: 10.1093/cid/cix132.
30. Squinazi F. Eau du réseau dans les établissements de santé: maîtrise des risques infectieux hydriques. Médecine et Maladies Infectieuses. 2000;30:431.
31. Haut Conseil de la santé publique. Société française d'hygiène hospitalière. Surveiller et prévenir les infections associées aux soins. 2010. 175 p.

32. HPSC Scientific Advisory Committee. Guidelines for the prevention and control of infection from water systems in healthcare facilities. 2014.
33. Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, *et al.* Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.
34. Floret N, Bertrand X, Thouvez M, Talon D. Infections nosocomiales à *Pseudomonas aeruginosa*: origine exogène ou endogène de la bactérie responsable? Pathologie Biologie. 2009;57(1):9-12. doi: 10.1016/j.patbio.2008.07.011.
35. Warris A, Gaustad P, Meis JFGM, Voss A, Verweij PE, Abrahamsen TG. Recovery of filamentous fungi from water in a paediatric bone marrow transplantation unit. Journal of Hospital Infection. 2001;47(2):143-8. doi: 10.1053/jhin.2000.0876.
36. Barbut F, Neyme D. Les difficultés d'interprétation des contrôles microbiologiques environnementaux. Revue Francophone des Laboratoires. 2006;2006(382):27-32.
37. Engelhart S, Krizek L, Glasmacher A, Fischnaller E, Marklein G, Exner M. *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a haematology-oncology unit associated with contaminated surface cleaning equipment. Journal of Hospital Infection. 2002;52(2):93-8. doi: 10.1053/jhin.2002.1279.
38. Venier AG, Leroyer C, Slekovec C, Talon D, Bertrand X, Parer S, *et al.* Risk factors for *Pseudomonas aeruginosa* acquisition in intensive care units: a prospective multicentre study. Journal of Hospital Infection. 2014;88(2):103-8. doi: 10.1016/j.jhin.2014.06.018.
39. Ferranti G, Marchesi I, Favale M, Borella P, Bargellini A. Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: a review. J Med Microbiol. 2014;63:1247-59. doi: 10.1099/jmm.0.075713-0.
40. Decker BK, Palmore TN. Waterborne pathogen detection: more than just «location, location, location...». Infect Control Hosp Epidemiol. 2014;35:130-1.
41. Cristina ML, Spagnolo AM, Casini B, Baggiani A, Del Giudice P, Brusaferrò S, *et al.* The impact of aerators on water contamination by emerging gram-negative opportunists in at-risk hospital departments. Infect Control Hosp Epidemiol. 2014;35(2):122-9. doi: 10.1086/674863. PubMed PMID: 24442072.
42. Capelletti RV, Moraes AM. Waterborne microorganisms and biofilms related to hospital infections: strategies for prevention and control in healthcare facilities. J Water Health. 2016;14:52-67. doi: 10.2166/wh.2015.037.
43. Curtis LT. Prevention of hospital-acquired infections: review of non-pharmacological interventions. Journal of Hospital Infection. 2008;69(3):204-19. doi: 10.1016/j.jhin.2008.03.018.
44. Kanamori H, Weber DJ, Rutala WA. Healthcare outbreaks associated with a water reservoir and infection prevention strategies. Clinical Infectious Diseases. 2016;62(11):1423-35. doi: 10.1093/cid/ciw122.
45. Bloomfield S, Exner M, Flemming H-C, Goroncy-Bermes P, Hartemann P, Heeg P, *et al.* Lesser-known or hidden reservoirs of infection and implications for adequate prevention strategies: Where to look and what to look for. GMS Hygiene and Infection Control. 2015;10. doi: 10.3205/dgkh000247.

## Eau et *Pseudomonas aeruginosa*

### Eau en réanimation et unités de soins intensifs

*Pseudomonas aeruginosa* est l'un des principaux pathogènes responsables d'IAS en réanimation et unités de soins intensifs (USI) [46,47]. La transmission croisée à partir d'un réservoir exogène a longtemps été considérée comme la plus fréquente. Néanmoins, l'importance relative des sources exogènes et endogènes est encore débattue [48]. L'estimation de cette proportion est importante pour définir la stratégie de prévention. L'utilisation de méthodes de typage moléculaire permet d'argumenter la part de l'environnement hydrique dans la transmission des cas sporadiques ou groupés d'IAS à *P. aeruginosa*, mais reste non systématique dans les investigations des cas et les études épidémiologiques. Les études publiées dont nous disposons présentent des résultats très variables, fonction de la nature des services de soins concernés, du type d'eau et des souches de *P. aeruginosa* impliquées. Une meilleure connaissance génotypique des souches impliquées dans les IAS est nécessaire pour apporter des arguments forts en faveur d'une surveillance microbiologique et/ou de la pose de filtres terminaux sur les points d'eau. La revue de la littérature de Trautmann *et al.*, publiée en 2005 [49], a pris en compte les études prospectives publiées entre 1998 et 2005. Elle a montré qu'entre 9,7 % et 68,1 % des échantillons d'eau du robinet prélevés au hasard sur différents types d'USI étaient positifs à *P. aeruginosa*, et entre 14,2 % et 50 % des d'infection/colonisation chez les patients étaient dus à des génotypes trouvés dans l'eau des USI. Selon Trautmann *et al.* [49], le lien entre environnement contaminé et patient colonisé/infecté n'est pas à sens unique. Cette conclusion apparaît aussi dans divers articles tels que celui de d'Alessandro *et al.* [50], qui relèvent que la chronologie du mode de transmission environnement/patient est rarement démontrée. Trautmann *et al.*, [49] préconisent l'installation de filtres à usage unique sur les robinets d'eau des soins intensifs, pour réduire la transmission aux patients de *P. aeruginosa* présents dans l'eau du réseau. L'étude prospective mono centrique de Cholley *et al.*, publiée en 2008, s'intéresse au rôle de l'eau de l'environnement dans la colonisation par *P. aeruginosa* des patients de réanimation, hors contexte épidémique [51]. Quatre cent quarante-huit prélèvements d'eau et 123 patients sont inclus dans cette enquête. *P. aeruginosa* est isolé dans 83,2 % (193/224) des siphons et 4,5 % des robinets prélevés. Un seul patient a été colonisé avec un clone de l'environnement, alors que peu de souches environnementales ont été retrouvées chez les malades. Les auteurs concluent que l'eau du réseau joue seulement un rôle mineur dans la colonisation des patients, et que ce sont plutôt les patients qui colonisent l'environnement. Ce constat est également partagé

par Kizny Gordon *et al.* [29]. L'objectif de l'étude de Cuttelod *et al.*, publiée en 2011 [48] était d'estimer l'importance relative des sources exogènes par rapport aux sources endogènes de *P. aeruginosa*. Un typage moléculaire a été effectué sur toutes les souches de *P. aeruginosa* disponibles isolés à partir d'échantillons cliniques et environnementaux prélevés en soins intensifs en 1998, 2000, 2003, 2004 et 2007. Les échantillons de patients ont été classés selon leur génotype *P. aeruginosa* en trois catégories : (A) identiques à une souche isolée dans l'eau du robinet ; (B) identiques à au moins une autre souche de patient et non retrouvés dans le robinet ; et (C) génotype unique. Les cas des catégories A et B ont été considérés comme éventuellement exogènes et les cas de la catégorie C comme éventuellement endogènes. Une incidence de 34 cas pour 1 000 admissions par an a été trouvée (colonisation ou infection par *P. aeruginosa*). Des niveaux plus élevés de contamination des robinets ont été corrélés à un nombre plus élevé de cas dans la catégorie A. Le nombre de cas dans la catégorie B variait de 1,9 à 20 cas pour 1 000 admissions. Cette incidence a dépassé les 10/1 000 admissions à trois reprises et a été corrélée avec une épidémie à seulement une occasion. Le nombre de cas considérés comme endogènes (catégorie C) était stable et indépendant du nombre de cas des catégories A et B. Cuttelod *et al.* [48] concluent sur la difficulté à mettre en évidence un lien entre présence de *P. aeruginosa* dans l'environnement et survenue d'infections humaines. Ils ne recommandent l'usage des filtres terminaux que pour les patients brûlés ou greffés. L'étude prospective multicentrique de Venier *et al.* [38], s'intéresse aux facteurs de risque d'acquisition de *P. aeruginosa* en réanimation. Elle concerne 1 314 patients non colonisés ou infectés à *P. aeruginosa* à l'admission, dont 15 % l'acquièrent durant leur séjour en réanimation. Il n'y a eu aucune épidémie durant l'enquête. Les prélèvements environnementaux hebdomadaires des robinets du service révèlent que 17 % (effectifs non disponibles) d'entre eux sont contaminés par *P. aeruginosa*. Il apparaît que les caractéristiques environnementales telles que la contamination du lavabo de la chambre par *P. aeruginosa* : (Hazard Ratio (HR) = 1,76 ; IC95 [1,09-2,84]) ainsi que le niveau moyen quotidien de soins infirmiers évalué par neuf opportunités ou NEMS, quand il est supérieur ou égal à 30 : (HR = 1,47 ; IC95 [1,06-2,03]), sont moins importants que les facteurs de risque individuels tels que les antécédents de colonisation ou d'infection à *P. aeruginosa* avant admission : (HR = 3,78 ; IC95 [1,80-7,97]), ou la durée cumulée de ventilation mécanique : (HR = 2,56 ; IC95 [1,46-4,50]) ou encore le nombre cumulé de jours d'antibiotiques inactifs sur *P. aeruginosa* : (HR = 1,85 ; IC95 [1,33-2,57]). De plus, les auteurs rappellent : que l'efficacité des désinfections régulières pour contrôler la contamination rétrograde

n'a pas été prouvée, constat partagé par d'Alessandro [50] ; qu'il n'existe ni revue de la littérature ni guide sur une stratégie efficace de contamination, relevé également chez Capelletti [42].

Par ailleurs, la pression de colonisation n'est pas le principal facteur de risque environnemental pour l'acquisition de *P. aeruginosa*. La conclusion de ce travail est que la promotion de l'hygiène des mains par friction réduit la transmission de *P. aeruginosa* en réanimation en cas de contamination du réseau. L'étude de Cohen *et al.* publiée en 2017 surveillait prospectivement la colonisation/infection à *P. aeruginosa* chez les patients hospitalisés en réanimation [46]. Les dépistages systématiques de 34 patients hospitalisés mettaient en évidence une prévalence du portage endogène de 38 %. Pour autant, ce travail d'une part est réalisé sur un petit effectif et d'autre part ne peut être jugé représentatif de la prévalence de l'origine endogène pour la survenue des IAS à *P. aeruginosa* en réanimation. Enfin, cette étude ne précise pas le rôle de l'environnement dans les cas exogènes.

L'étude de Garvey *et al.* publiée en 2017 [52] décrit l'impact de plusieurs mesures (contrôles microbiologiques de la contamination de l'eau par *P. aeruginosa*, mise en place d'un protocole de désinfection des points d'eau, arrêt de l'évacuation des eaux usées utilisées pour les soins dans les lavabos, pose de filtres terminaux antibactériens...) sur la prévalence des IAS à *P. aeruginosa* dans les 4 services de réanimation d'un hôpital universitaire entre août 2013 et décembre 2016. Sur 231 points d'eau de soins prélevés tous les 6 mois, la contamination moyenne par *P. aeruginosa* était de 31 % (comprise entre 10 et 41 %). Les taux d'isolats cliniques de *P. aeruginosa* variaient de 10 à 30 pour 100 000 patients-jours. Trente pourcents des souches cliniques présentaient des profils clonaux avec des souches hydriques. La réduction la plus importante de l'incidence du *P. aeruginosa* coïncidait avec la pose de filtres terminaux antimicrobiens sur l'ensemble des points d'eau utilisés pour les soins des réanimations, suggérant le rôle non négligeable de l'exposition hydrique dans la survenue des IAS à *P. aeruginosa*. Une des limites des études publiées sur le lien entre contamination d'un réseau d'eau en réanimation et survenue d'IAS à *P. aeruginosa* est liée à l'absence systématique d'identification des clones de *P. aeruginosa* impliqués. Les connaissances actuelles sur la population de cette espèce montrent qu'elle adopte une structure clonale épidémique, au sein de laquelle émergent des clones épidémiques à haut succès infectieux et souvent multirésistants aux antibiotiques (tels que les ST235, ST253, ST308 ou ST395) [53, 54]. En plus du profil de risque infectieux lié aux patients pris en charge dans les services de réanimation et soins intensifs, secteurs d'immunodéprimés, le type de clone(s) de *P. aeruginosa* les

colonisant est donc également un des facteurs à prendre en compte dans l'évaluation du risque d'acquisition de *P. aeruginosa*, mais l'analyse moléculaire par *Multi-Locus Sequence Typing* n'est pas disponible dans tous les laboratoires. Une autre limite est liée au design des études, avec une absence de randomisation (en cluster) rendant difficile l'établissement d'un lien direct de causalité.

Pour *P. aeruginosa* multirésistants, se référer au chapitre sur les bactéries multirésistantes (BMR).

## Recommandations R1

### Eau, *Pseudomonas aeruginosa* en réanimation et unités de soins intensifs

**En routine :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins en réanimation et en soins intensifs, en dehors des recommandations réglementaires. (C-2)

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins\* en réanimation et en soins intensifs. (A-2)

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

## Commentaires

Il est recommandé de réaliser les contrôles d'eau tels que précisés dans le guide de l'eau [21].

Dans les secteurs accueillant des patients immunodéprimés, l'eau du réseau doit être microfiltrée (filtres à 0,22 micron) pour contrôler le risque de *Legionella pneumophila* et *Pseudomonas aeruginosa* [22] (R10). Dans ce contexte, après la phase de validation des filtres à usage unique, il n'y a plus de contrôles d'eau.

**En routine :** une stratégie de contrôles peut être mise en œuvre en fonction de l'épidémiologie locale, du type de patients, de l'architecture et de la maintenance du réseau. La mise en place de contrôles microbiologiques de l'eau pour soins standard à la recherche de *P. aeruginosa*, en réanimation permet d'en connaître l'épidémiologie, qui varie d'une réanimation à une autre.

**En situation épidémique :** en complément d'une analyse des pratiques la recherche de *P. aeruginosa* a pour but d'identifier un éventuel réservoir environnemental.

Des travaux de recherche permettant de préciser l'importance relative des sources exogènes et endogènes de *P. aeruginosa* seraient à initier [23].

## RÉFÉRENCES

21. Ministère de la Santé et des Solidarités. L'eau dans les établissements de santé - Guide technique: ministère de la Santé et des Solidarités; 2005. 115 p.
22. Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ? Recommandations formalisées d'experts. Hygiène. 2016;24(5):64 p.
23. Rogues AM, Boulestreau H, Lashéras A, Boyer A, Gruson D, Merle C, et al. Contribution of tap water to patient colonisation with *Pseudomonas aeruginosa* in a medical intensive care unit. J Hosp Infect. 2007;67(1):72-8. doi: 10.1016/j.jhin.2007.06.019.
29. Kizny Gordon AE, Mathers AJ, Cheong EYL, Gottlieb T, Kotay S, Walker AS, et al. The hospital water environment as a reservoir for carbapenem-resistant organisms causing hospital-acquired infections-A systematic review of the literature. Clin Infect Dis. 2017;64(10):1435-44. doi: 10.1093/cid/cix132.
38. Venier AG, Leroyer C, Slekovec C, Talon D, Bertrand X, Parer S, et al. Risk factors for *Pseudomonas aeruginosa* acquisition in intensive care units: a prospective multicentre study. Journal of Hospital Infection. 2014;88(2):103-8. doi: 10.1016/j.jhin.2014.06.018.
42. Capelletti RV, Moraes AM. Waterborne microorganisms and biofilms related to hospital infections: strategies for prevention and control in healthcare facilities. J Water Health. 2016;14:52-67. doi: 10.2166/wh.2015.037.
46. Cohen R, Babushkin F, Cohen S, Afraimov M, Shapiro M, Uda M, et al. A prospective survey of *Pseudomonas aeruginosa* colonization and infection in the intensive care unit. Antimicrobial Resistance & Infection Control. 2017;6:7. doi: 10.1186/s13756-016-0167-7.
47. Cohen R, Babushkin F, Shimoni Z, Cohen S, Litig E, Shapiro M, et al. Water faucets as a source of *Pseudomonas aeruginosa* infection and colonization in neonatal and adult intensive care unit patients. American Journal of Infection Control. 2017;45(2):206-9. doi: 10.1016/j.ajic.2016.05.029.
48. Cuttelod M, Senn L, Terletskiy V, Nahimana I, Petignat C, Eggimann P, et al. Molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in intensive care units over a 10-year period (1998-2007). Clinical Microbiology and Infection. 2011;17(1):57-62. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03164.x.
49. Trautmann M, Lepper PM, Haller M. Ecology of *Pseudomonas aeruginosa* in the intensive care unit and the evolving role of water outlets as a reservoir of the organism. American Journal of Infection Control. 2005;33(5):S41-S9. doi: 10.1016/j.ajic.2005.03.006.
50. D'Alessandro D, Nusca A, Napoli C. Are liquids an efficient vehicle of healthcare associated infections? A review of reported cases in Italy (2000-2014). Annali Di Igiene: Medicina Preventiva E Di Comunità. 2016;28(6):416-31.
51. Cholley P, Thouverez M, Floret N, Bertrand X, Talon D. The role of water fittings in intensive care rooms as reservoirs for the colonization of patients with *Pseudomonas aeruginosa*. Intensive Care Medicine. 2008;34(8):1428-33. doi: 10.1007/s00134-008-1110-z.
52. Garvey MI, Bradley CW, Wilkinson MAC, Bradley C, Holden E. Engineering waterborne *Pseudomonas aeruginosa* out of a critical care unit. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2017;220(6):1014-9. doi: 10.1016/j.ijheh.2017.05.011.
53. Abdouchakour F, Dupont C, Grau D, Aujoulat F, Mournetas P, Marchandin H, et al. Clonal selections of *Pseudomonas aeruginosa* and *Achromobacter* sp. lead to successive colonization waves of water contamination in dental care units. Applied and Environmental Microbiology. 2015:AEM.01279-15. doi: 10.1128/AEM.01279-15.



54. Wright LL, Turton JF, Livermore DM, Hopkins KL, Woodford N. Dominance of international 'high-risk clones' among metallo- $\beta$ -lactamase-producing *Pseudomonas aeruginosa* in the UK. The Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 2015;70(1):103-10. doi: 10.1093/jac/dku339.

### Eau en secteurs de soins hors ceux accueillant des patients immunodéprimés

Les recommandations concernant les patients immunodéprimés et le risque microbiologique lié à l'eau sont traitées dans le guide SF2H de 2016 *Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ?* [22] et ne sont pas détaillées dans le présent document. Dans leur revue systématique de la littérature sur l'association entre l'eau des réseaux hospitaliers et les infections à *P. aeruginosa*, Loveday *et al.* [4] identifient initialement 196 études. Vingt-cinq sont retenues et seules 11 présentent des preuves d'une possible association (critères de plausibilité définis *a priori*). Au vu des objectifs et des critères choisis, et décrits ci-dessous, aucun n'est fortement significatif :

- association entre qualité du réseau d'eau utilisé pour les soins et augmentation de la colonisation/infection à *P. aeruginosa* des patients de réanimation,
- association entre interventions sur le réseau d'eau et réduction de la contamination hydrique à *P. aeruginosa*,
- association entre conception du réseau d'eau et présence de réservoir de *P. aeruginosa*,
- association entre interventions de prévention des infections et réduction de la transmission hydrique de *P. aeruginosa* chez les patients vulnérables,
- efficacité d'autres interventions de prévention des infections : hygiène des mains, bon usage des antibiotiques...

Cette revue relève que la plupart des études sont : descriptives ; fondées sur des rapports d'épidémie ; qu'il est difficile de déterminer le sens de transmission de *P. aeruginosa* entre le réseau d'eau et les patients ; que la contamination à *P. aeruginosa* apparaît comme limitée à l'extrémité distale de l'installation plus qu'à l'ensemble du système ; que même si différentes souches de la bactérie sont présentes dans l'eau, il n'y a pas de lien avec la colonisation/infection des patients ; que la même souche peut contaminer longtemps un réseau, mais que les études ne mettent pas en évidence le mode de contamination des robinets. En conclusion de leur revue, Loveday *et al.*, [4] notent :

- que la transmission croisée se produit surtout via le manutention, plutôt que par l'eau du réseau ;
- que des actions telles que le changement des brise-jets, la mise en place de filtres terminaux sont efficaces pour diminuer la contamination de l'eau, mais coûteuses ;
- et que d'autres études sont nécessaires pour définir des

méthodes de prévention efficaces ou d'éradication de la contamination des réseaux d'eau.

D'autres auteurs ont également relevé la difficulté à déterminer le sens de la transmission de *P. aeruginosa* entre le réseau d'eau et les patients [55] ; l'efficacité du changement des brise-jets, ou la mise en place de filtres terminaux [42,49,56].

Lefebvre *et al.* ont mené plusieurs études écologiques, temporo-spatiales, sur l'association qualité de l'eau des réseaux hospitaliers et colonisations/infections à *P. aeruginosa* [57,58]. Ils montrent également que l'association entre contamination du réseau d'eau et incidence des IAS à *P. aeruginosa*, est essentiellement observée dans les secteurs dits à risque (hématologie, réanimation).

### Recommandations R2

#### Eau, *Pseudomonas aeruginosa* en secteurs de soins hors ceux accueillant des patients immunodéprimés

**En routine :** il est recommandé de ne pas réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins\*. (D-2)

**En situation épidémique :** il est recommandé de réaliser une recherche de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau utilisée lors des soins\*. (B-2)

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

### Commentaires

Il est recommandé de réaliser les contrôles d'eau tels que précisés dans le guide de l'eau [21].

**En routine :** une stratégie de contrôles peut être mise en œuvre en fonction de l'épidémiologie locale, du type de patients, de l'architecture et de la maintenance du réseau. La mise en place de contrôles microbiologiques de l'eau pour soins standard à la recherche de *P. aeruginosa*, permet d'en connaître l'épidémiologie, qui varie d'une unité de soins à une autre [21].

**En situation épidémique :** en complément d'une analyse des pratiques la recherche de *P. aeruginosa* a pour but d'identifier un éventuel réservoir environnemental.

### RÉFÉRENCES

- Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review. Journal of Hospital Infection. 2014;86(1):7-15. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.010.
- Ministère de la Santé et des Solidarités. L'eau dans les

établissements de santé - Guide technique: ministère de la Santé et des Solidarités; 2005. 115 p.

22. Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés? Recommandations formalisées d'experts. Hygiènes. 2016;24(5):64 p.

42. Capelletti RV, Moraes AM. Waterborne microorganisms and biofilms related to hospital infections: strategies for prevention and control in healthcare facilities. J Water Health. 2016;14:52-67. doi: 10.2166/wh.2015.037.

49. Trautmann M, Lepper PM, Haller M. Ecology of *Pseudomonas aeruginosa* in the intensive care unit and the evolving role of water outlets as a reservoir of the organism. American Journal of Infection Control. 2005;33(5):S41-S9. doi: 10.1016/j.ajic.2005.03.006.

55. Health Protection S. HFS, HPS and *Pseudomonas aeruginosa* and Water (Scotland) Group. Guidance for neonatal units (NNUs) (levels 1, 2 & 3), adult and paediatric intensive care units (ICUs) in Scotland to minimise the risk of *Pseudomonas aeruginosa* infection from water. 2014.

56. Exner M, Kramer A, Lajoie L, Gebel J, Engelhart S, Hartemann P. Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities. Am J Infect Control. 2005;33:S26-40.

57. Lefebvre A, Bertrand X, Quantin C, Vanhems P, Lucet JC, Nuemi G, et al. Association between *Pseudomonas aeruginosa* positive water samples and healthcare-associated cases: nine-year study at one university hospital. J Hosp Infect. 2017;96(3):238-43. doi: 10.1016/j.jhin.2016.12.007.

58. Lefebvre A, Quantin C, Vanhems P, Lucet JC, Bertrand X, Astruc K, et al. Impact of new water systems on healthcare-associated colonization or infection with *Pseudomonas aeruginosa* 2016 [updated 2016; cited 11]. Doc12].

### Eau et bacilles à Gram négatif (BGN) non fermentaires hors *Pseudomonas aeruginosa*

La relation entre présence de BGN non fermentaires dans l'eau et survenue d'IAS a été moins étudiée que celle de *P. aeruginosa*. Parmi les BGN d'origine hydrique autres que *P. aeruginosa*, certains peuvent être responsables d'IAS et cas groupés d'IAS. Pour citer les principaux, il s'agit par exemple de *Stenotrophomonas maltophilia*, *Burkholderia cepacia*, et certaines espèces de *Pseudomonas sp.* autres que *P. aeruginosa* [39,59].

L'étude de Lucero et al. [60], concerne une épidémie de *Burkholderia cepacia* en pédiatrie, chez des enfants ventilés. Cette étude cas-témoins avait pour objectif d'identifier les facteurs de risque d'acquisition de cette bactérie. Quatre-vingt-huit prélèvements d'environnement sont réalisés incluant les surfaces fréquemment touchées par les mains, les équipements partagés, les robinets et les lavabos, entre autres. Les auteurs ont identifié que l'eau était la source la plus probable de l'épidémie, tout en reconnaissant l'existence des facteurs de confusion. *B. cepacia* n'est pas retrouvé directement dans l'eau mais dans les siphons (cf. p. 38, Cas particulier des siphons). Les facteurs de risque sont essentiellement individuels: durée de séjour > 30 jours

pour les cas (OR = 27, p = 0,002 IC = non disponible) et ventilation mécanique > 10 jours (OR = 27, p = 0,002). L'exposition ou non des patients à une eau contaminée n'est pas confirmée. Les auteurs concluent en rappelant l'importance de l'hygiène des mains et du respect des protocoles de soins de trachéotomie, dans la prévention des infections chez les patients de réanimation. Bloomfield et al. [45] dans leur revue de la littérature sur les réservoirs hydriques cachés, mettent en évidence que la contamination microbologique est le plus souvent distale. D'autre part même si quelques cas d'épidémies prolongées à *A. baumannii* ont été reliés notamment à la présence de ces bactéries dans les siphons, le manuportage et le non-respect des protocoles de bio nettoyage, étaient aussi en cause. Ces auteurs [45] rappellent que le plus important en matière de prévention des infections associées aux soins reste le respect des précautions standard. Les cas d'IAS et épidémies d'IAS causées par *S. maltophilia* sont essentiellement décrits dans les unités de soins accueillant des patients à risque telles que la réanimation [61] ou exposés à des dispositifs médicaux contaminés tels que des endoscopes [62,63]. L'étude de Guyot et al. [64], fait état d'une épidémie de 23 cas sur 2 ans dans un service de réanimation, et ayant pour origine une contamination du réseau d'eau potable du service. L'étude de Sakhnini et al. [65], rapporte un cas groupé de 2 infections nécrosantes des tissus mous causées par un même clone de *S. maltophilia*, également isolé des points d'eau des chambres des patients. D'autres bactéries pathogènes opportunistes hydriques telles qu'*Achromobacter sp.* ou *Aeromonas sp.* peuvent être responsables d'IAS ou épidémies d'IAS. En dehors d'un contexte épidémique, aucun lien de causalité n'est démontré entre une source d'exposition hydrique hospitalière, et la survenue de ces cas d'IAS causées par ces différentes espèces de bactéries opportunistes hydriques, excepté pour *S. maltophilia* pour laquelle des études recherchant un réservoir environnemental ont parfois mis en évidence la contamination de l'eau.



**Recommandations R3****Eau, bacilles à Gram négatif (BGN) non fermentaires hors *Pseudomonas aeruginosa***

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser une recherche spécifique d'autres bacilles à Gram négatif non fermentaires dans l'eau utilisée lors des soins\*. (E-2)

**En situation épidémique :** il est recommandé de réaliser une recherche spécifique d'autres bacilles à Gram négatif non fermentaires au niveau de l'eau utilisée lors des soins. (B-2)

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

**Commentaires**

**En situation épidémique :** la recherche spécifique de BGN, impliqué dans l'épidémie, au niveau de l'eau est pertinente pour identifier une source potentielle d'exposition des patients et la neutraliser pour prévenir l'apparition de nouveaux cas. L'investigation environnementale pourra être complétée par une recherche plus large au niveau des dispositifs médicaux et/ou des désinfectants du fait de la propension de ces bactéries à résister aux biocides.

**Cas particulier de la mucoviscidose :** les recommandations européennes de 2014, spécifiques à la mucoviscidose, ne préconisent pas, en routine, de recherche spécifique de *Pseudomonas* ou d'autres bactéries à Gram négatif non fermentaires au niveau de l'eau utilisée lors des soins [24].

## RÉFÉRENCES

24. Saiman L, Siegel JD, LiPuma JJ, Brown RF, Bryson EA, Chambers MJ, et al. Infection prevention and control guideline for cystic fibrosis: 2013 update. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35 Suppl 1:S1-S67. doi: 10.1086/676882.
39. Ferranti G, Marchesi I, Favale M, Borella P, Bargellini A. Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: a review. *J Med Microbiol*. 2014;63:1247-59. doi: 10.1099/jmm.0.075713-0.
45. Bloomfield S, Exner M, Flemming H-C, Goroncy-Bermes P, Hartemann P, Heeg P, et al. Lesser-known or hidden reservoirs of infection and implications for adequate prevention strategies: Where to look and what to look for. *GMS Hygiene and Infection Control*. 2015;10. doi: 10.3205/dgkh000247.
59. Squier C, Yu VL, Stout JE. Waterborne nosocomial infections. *Current Infectious Disease Reports*. 2000;2(6):490-6.
60. Lucero CA, Cohen AL, Trevino I, Rupp AH, Harris M, Forkan-Kelly S, et al. Outbreak of *Burkholderia cepacia* complex among ventilated pediatric patients linked to hospital sinks. *American Journal of Infection Control*. 2011;39:775.
61. Nseir S, Di Pompeo C, Brisson H, Dewavrin F, Tissier S, Diarra M, et al. Intensive care unit-acquired *Stenotrophomonas maltophilia*: incidence, risk factors, and outcome. *Critical Care*. 2006;10(5):R143. doi: 10.1186/cc5063.
62. Waite TD, Georgiou A, Abrishami M, Beck CR. Pseudo-outbreaks of *Stenotrophomonas maltophilia* on an intensive care unit in England. *J Hosp Infect*. 2016;92(4):392-6. doi: 10.1016/j.jhin.2015.12.014.
63. Guy M, Vanhems P, Dananché C, Perraud M, Regard A, Hulin M, et al. Outbreak of pulmonary *Pseudomonas aeruginosa* and *Stenotrophomonas maltophilia* infections related to contaminated bronchoscope suction valves, Lyon, France, 2014. *Euro Surveill*: Bulletin européen sur les maladies transmissibles/European Communicable Disease Bulletin. 2016;21(28). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.28.30286.
64. Guyot A, Turton JF, Garner D. Outbreak of *Stenotrophomonas maltophilia* on an intensive care unit. *J Hosp Infect*. 2013;85(4):303-7. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.007.
65. Sakhnini E, Weissmann A, Oren I. Fulminant *Stenotrophomonas maltophilia* soft tissue infection in immunocompromised patients: an outbreak transmitted via tap water. *The American Journal of the Medical Sciences*. 2002;323(5):269-72.

**Eau et bactéries multirésistantes aux antibiotiques (BMR)**

Les recommandations de la HIS de 2016 [66], accréditée par la *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE), concernant la prévention et la maîtrise des BGN multirésistantes, comportent un volet sur l'environnement. Seule la recommandation 19 concerne les prélèvements d'environnement : « les prélèvements d'environnement devraient être envisagés lorsque le mécanisme de transmission des BGN multirésistantes est inexpliqué, ou en cas d'épidémie, lorsque l'existence d'une source commune est possible. Recommandation forte. Niveau de preuve 2 (étude d'observation) ». La recommandation 21 concerne *P. aeruginosa* incluant les souches multirésistantes. Une évaluation des risques devrait être réalisée, lorsque la prévalence des colonisations ou des infections augmente, afin de déterminer si des filtres terminaux doivent être installés et si les robinets doivent être changés. Recommandation forte. Niveau de preuve 2 (étude d'observation). Dans ces mêmes recommandations, le rôle de l'environnement dans la transmission des IAS est décrit comme controversé et difficile à étudier, d'autant qu'il n'y a pas d'étude contrôlée pour prouver que l'intervention sur l'environnement diminue la transmission des BGN multirésistantes [66].

Concernant les bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes (BHRe) : dans l'instruction française de 2014 il n'est question que de l'entretien de l'environnement et non de prélèvement [67].

Quant au guide de l'OMS de 2017, il spécifie que la corrélation entre résultats des prélèvements d'environnement et patients porteurs de bactéries productrices de carbapénèmes doit être interprétée avec précaution et dépend de l'épidémiologie locale. Il s'agit d'une recommandation dite conditionnelle avec un très faible niveau de preuve [10].

**Recommandations R4****Eau et bactéries multirésistantes aux antibiotiques (BMR)**

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser une recherche spécifique de bactéries multirésistantes au niveau de l'eau utilisée lors des soins\*.

**(E-2)**

**En situation épidémique :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser une recherche de bactéries multirésistantes au niveau de l'eau utilisée lors des soins\*.

**(C-2)**

\*On entend par eau utilisée pour les soins, l'eau du réseau utilisée pour les soins du patient.

**Commentaires**

**En situation épidémique :** la recherche de BMR dans l'eau ou dans d'autres réservoirs environnementaux doit être précédée d'une analyse de pratiques et peut être envisagée une fois la transmission manuportée écartée.

## RÉFÉRENCES

10. World Health Organization (WHO). Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities. Geneva: WHO World Health Organization; 2017. 74 p.
66. Wilson APR, Livermore DM, Otter JA, Warren RE, Jenks P, Enoch DA, *et al.* Prevention and control of multi-drug-resistant Gram-negative bacteria: recommendations from a joint working party. *Journal of Hospital Infection*. 2016;92(Supplement 1):S1-S44. doi: 10.1016/j.jhin.2015.08.007.
67. Direction générale de la santé. Instruction DGOS/PF2/DGS/RI1 no 2014-08 du 14 janvier 2014 relative aux recommandations pour la prévention de la transmission croisée des bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes. France: ministère des Affaires sociales et de la Santé; 2014. 77 p.

**Eau et mycobactéries non tuberculeuses (MNT)**

Le réseau de distribution d'eau de l'hôpital peut être contaminé par des MNT et être à l'origine d'épidémies [68-70]. Ainsi, dans l'étude de Fernandez-Rendon *et al.* [71], soixante-neuf échantillons d'eau potable ont été prélevés (citerne, robinet de cuisine et douches de salle de bain). Sur les 69 échantillons, 36 contenaient des espèces de MNT. Sur les 36 isolats, on notait : 29 *Mycobacterium mucogenicum*, 2 *Mycobacterium rhodesiae*, 1 *Mycobacterium peregrinum*, 1 *Mycobacterium fortuitum* et 3 *Mycobacterium spp.* Les auteurs concluaient que l'eau potable hospitalière contenant du MNT représente une source potentielle d'IAS. Ils suggéraient que les recommandations microbiologiques de l'eau potable hospitalière incluent la recherche de MNT.

À l'hôpital, l'eau du réseau est donc une source de MNT, ainsi que tout appareil à réservoir d'eau tel que les générateurs thermiques de circulation extracorporelle (CEC) et les aérosols produits par les douches [72]. Les plus forts taux de colonisation des systèmes de distribution d'eau potable, allant de 60 à 100 %, ont été retrouvés dans les hôpitaux, dans les centres d'hémodialyse et dans les cabinets dentaires [73].

La présence de ces bactéries dans les systèmes de distribution d'eau en milieu hospitalier représente un risque d'IAS. La majorité des infections à MNT décrites dans la littérature est reliée à des soins de type endoscopie, injection et installation de matériel d'injection, ainsi qu'à des actes de chirurgie [74].

La revue systématique de la littérature de Li *et al.* [75] incluait 21 études, dont huit études cas-témoins et huit séries de cas. Ces études étaient issues d'investigation d'épidémies (*cf. p. 51 Peut-on mettre en évidence un possible lien entre épidémie et résultats des prélèvements d'environnement ?*).

Les mycobactéries les plus fréquemment retrouvées à l'origine d'IAS étaient essentiellement celles à croissance rapide (*M. fortuitum*, *M. abscessus* et *M. chelonae*). Les autres mycobactéries retrouvées étaient : *M. mucogenicum*, *M. avium*, *M. immunogenum* et *M. xenopi*.

La source la plus fréquente de ces mycobactéries était l'eau provenant des douches et des lavabos. La plupart des patients concernés avaient des infections liées aux cathéters veineux centraux ou des infections de plaies opératoires. Les autres facteurs de contamination étaient l'hémodialyse ou l'exposition à de l'eau non stérile (par exemple, l'utilisation de l'eau du réseau pour le rinçage des dispositifs médicaux).

Les souches retrouvées dans l'eau ont été comparées à celles retrouvées chez les patients.

Différentes méthodes microbiologiques ont été utilisées pour l'identification et la clonalité des souches, la plus fréquente étant l'électrophorèse d'ADN à champ pulsé (*Pulsed Field Gel Electrophoresis*).

L'étude de Baker *et al.* [76] investiguant deux périodes épidémiques à *M. abscessus* identifiait le réseau d'eau comme source de contamination de 71 patients, grâce à des méthodes moléculaires d'identification et de typage des souches cliniques et colonisant le réseau d'eau.

Dans la plupart des études relatives aux MNT, l'information concernant le sens de la contamination (patient à l'origine de la contamination de l'environnement ou environnement à l'origine de la contamination du patient) n'est pas bien précisée.

**Cas particulier de *Mycobacterium chimaera***

Le 30 avril 2015, l'*European Centre for Disease Prevention and Control* (ECDC) lance une alerte relative à l'apparition de cas groupés d'infections généralisées à *Mycobacterium chimaera* survenues chez des patients ayant bénéficié d'une

chirurgie cardiaque sous CEC [77]. Il s'agissait d'endocardites bactériennes, mais aussi de sternites, d'apparition tardive après des interventions chirurgicales.

Des souches de *M. chimaera* ont été mises en évidence dans l'eau contenue dans les générateurs thermiques utilisés pour la CEC (communément appelés « heater-cooler units » ou HCU) et dans l'air ambiant du bloc opératoire. Le mécanisme de contamination des patients est une diffusion de *M. chimaera*, à partir du générateur, par aérosolisation [78].

L'investigation de cas groupés, aux États-Unis et dans le monde entier, a montré que les souches cliniques et les souches environnementales isolées des HCU étaient similaires en analyses moléculaires. Ceci était en faveur de l'existence d'une source commune de la contamination par *M. chimaera*. Cette hypothèse a été confirmée, chez le fabricant, par la mise en évidence de la présence de *M. chimaera* de même clone que celui impliqué dans l'épidémie mondiale, sur la ligne de fabrication des générateurs thermiques et dans l'eau alimentant le site de fabrication [79,80].

Diverses recommandations visant à prévenir ce type d'infection ont été formulées. Elles concernent, entre autres, la désinfection des générateurs et leur localisation (disposés à l'extérieur de la salle d'intervention chirurgicale) [77].

La réalisation en routine d'analyses de mise en culture environnementale d'échantillons d'eau prélevée des échangeurs thermiques pour détecter la présence du micro-organisme *M. chimaera* n'est pas recommandée dans certains pays comme le Canada ou les États-Unis [81], en raison du taux élevé de faux négatifs et du manque de méthodes validées et normalisées.

## Recommandations R5

### Eau, mycobactéries non tuberculeuses (MNT)

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de mycobactéries non tuberculeuses dans l'eau. (E-2)

**Dès le premier cas d'IAS à MNT :** il est fortement recommandé de rechercher un réservoir hydrique de mycobactéries non tuberculeuses. (A-2)

### Commentaires

La recherche de MNT dans l'eau est complexe et relève de laboratoires spécialisés d'autant qu'il n'existe pas de norme de recherche des mycobactéries dans l'eau ni de technique validée à ce jour.

**Concernant les générateurs de CEC :** il faut se référer aux préconisations des fabricants.

## RÉFÉRENCES

68. Couderc C, Carbonne A, Thiolet JM, Brossier F, Savey A, Bernet C, *et al.* Infections à mycobactéries atypiques liées à des soins esthétiques en France, 2001-2010. *Médecine et Maladies Infectieuses*. 2011;41(7):379-83. doi: 10.1016/j.medmal.2011.02.007.
69. Astagneau P, Desplaces N, Vincent V, Chicheportiche V, Botherel A-H, Maugat S, *et al.* *Mycobacterium xenopi* spinal infections after disvertebral surgery: investigation and screening of a large outbreak. *The Lancet*. 2001;358(9283):747-51. doi: 10.1016/S0140-6736(01)05843-3.
70. Desplaces N, Dinh V, Mamoudy P, Leonard P, Vincent V, Dautzenberg B. *Mycobacterium xenopi* spondylitis after spinal surgery in ten patients. *Tubercle and Lung Disease*. 1994;75:71-2.
71. Fernandez-Rendon E, Cerna-Cortes JF, Ramirez-Medina MA, Helguera-Repetto AC, Rivera-Gutierrez S, Estrada-Garcia T, *et al.* *Mycobacterium mucogenicum* and other non-tuberculous mycobacteria in potable water of a trauma hospital: a potential source for human infection. *J Hosp Infect*. 2012;80(1):74-6. doi: 10.1007/s40572-016-0086-z.
72. Falkinham JO. Current epidemiologic trends of the nontuberculous mycobacteria (NTM). *Current Environmental Health Reports*. 2016;3(2):161-7. doi: 10.1007/s40572-016-0086-z.
73. Phillips MS, von Reyn CF. Nosocomial infections due to nontuberculous mycobacteria. *Clin Infect Dis*. 2001;33(8):1363-74. doi: 10.1086/323126.
74. Griffith DE, Aksamit T, Brown-Elliott BA, Catanzaro A, Daley C, Gordin F, *et al.* An official ATS/IDSA statement: diagnosis, treatment, and prevention of nontuberculous mycobacterial diseases. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2007;175(4):367-416. doi: 10.1164/rccm.200604-571ST.
75. Li T, Abebe LS, Cronk R, Bartram J. A systematic review of waterborne infections from nontuberculous mycobacteria in health care facility water systems. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2017;220(3):611-20. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.12.002.
76. Baker AW, Lewis SS, Alexander BD, Chen LF, Wallace RJ, Brown-Elliott BA, *et al.* Two-phase hospital-associated outbreak of *Mycobacterium abscessus*: investigation and mitigation. *Clin Infect Dis*. 2017;64(7):902-11. doi: 10.1093/cid/ciw877.
77. European Centre for Disease Prevention and Control. *Mycobacterium chimaera* infection potentially associated with cardiac surgery, new rapid risk assessment. European Centre for Disease Prevention and Control. 2015.
78. Sax H, Bloemberg G, Hasse B, Sommerstein R, Kohler P, Achermann Y, *et al.* Prolonged outbreak of *Mycobacterium chimaera* infection after open-chest heart surgery. *Clin Infect Dis*. 2015;61(1):67-75. doi: 10.1093/cid/civ198.
79. van Ingen J, Kohl TA, Kranzer K, Hasse B, Keller PM, Katarzyna Szafranska A, *et al.* Global outbreak of severe *Mycobacterium chimaera* disease after cardiac surgery: a molecular epidemiological study. *The Lancet Infectious Diseases*. 2017;17(10):1033-41. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30324-9.
80. Williamson D, Howden B, Stinear T. *Mycobacterium chimaera* spread from heating and cooling units in heart surgery. *New England Journal of Medicine*. 2017;376(6):600-2. doi: 10.1111/1469-0691.12465.
81. Ogunremi T, Taylor G, Johnston L, Amaratunga K, Muller M, Coady A, *et al.* Infections à *Mycobacterium chimaera* chez les patients en phase post-opératoire exposés à des échangeurs thermiques : un aperçu. *RMTC*. 2017;43:5.

## Eau et champignons filamenteux

Le réseau de distribution d'eau de l'hôpital peut également constituer un réservoir potentiel de champignons [35,82,83], et une transmission aéroportée est évoquée [84].

L'étude multicentrique de Kauffmann *et al.* [85] a tenté d'évaluer le risque fongique lié à l'eau et aux surfaces en lien avec l'eau (intérieur du robinet, du pommeau de douche, siphon) dans des unités hébergeant des malades à risque de survenue d'infection fongique. Les auteurs proposent une standardisation des méthodes de contrôle à réaliser lors de travaux ou en cas d'enquête épidémiologique. Dans cette étude, les prélèvements d'environnement montrent que 4 % (8/203) des eaux chaudes (> à 50 °C) sont contaminées par des champignons, contre 52 % des eaux froides et 48 % des eaux de premier jet. Les principaux champignons retrouvés sont les Dématiés (champignons à paroi riche en DHN mélanine 1,8-dihydroxynaphthalène : *Fonsecaea pedrosoi* et *Cladophialophora carrionii* sont les espèces les plus rencontrées), rarement *Aspergillus spp.*, jamais *A. fumigatus*. Il apparaît dans ce travail : que la température de l'eau est un facteur essentiel ; qu'il convient de prélever un volume suffisant d'eau froide (1 litre) ; que les bactéries n'ont pas de rôle dans la contamination fongique de l'eau ; que même s'il n'a pas été possible de conclure à un seuil limite à recommander lors de contrôle mycologique, l'eau est une source potentielle d'infections fongiques, particulièrement chez les immunodéprimés [30,42]. Les conclusions de cette étude sont : qu'une stratégie de contrôle mycologique réglementaire pourrait être proposée pour les services à risque, notamment au niveau des points producteurs d'aérosols tels que les douches ; qu'en attendant, la mise en place d'une filtration terminale reste un bon moyen de prévention des infections liées à l'eau, comme suggéré par Sheffer *et al.* [86]. Signalons la position du ministère écossais de la Santé qui mentionne, au contraire : que les filtres à usage unique ne constituent ni une mesure préventive, ni une mesure de contrôle primaire ; qu'ils ne devraient être utilisés que si l'implication de l'eau dans la survenue d'IAS est établie [55].

*Fusarium spp.* est fréquemment retrouvé dans les réseaux d'eau hospitaliers, voire de façon quasi systématique pour certains [87]. Le lien entre la présence de *Fusarium spp.* dans l'eau et des cas humains de fusarioses n'a pas été établi. Le mode de contamination supposé est celui d'une inhalation de conidies dans l'air, à partir d'eau contaminée, chez les patients immunodéprimés [84,87,88]. Certains auteurs recommandent de rechercher une source environnementale en cas d'épidémie [84] ou dès que des cas humains apparaissent [88,89], voire dès le premier cas [50].

La détection d'*Aspergillus* dans les réseaux d'eau d'hôpitaux a été rapportée, mais sa relation avec la survenue d'infection n'est pas toujours clairement établie [44,89,90].

Au total, l'eau est un vecteur potentiel d'infections fongiques à prendre en compte, particulièrement dans les secteurs hébergeant des patients immunodéprimés [4,84,85,87,88].

### Recommandations R6

#### Eau, champignons filamenteux

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de champignons filamenteux dans l'eau. (E-2)

**En situation épidémique :** il est recommandé de réaliser une recherche spécifique dans l'eau, notamment pour *Fusarium sp.*, et le cas échéant dans d'autres réservoirs environnementaux. (B-2)

### Commentaires

La transmission des champignons filamenteux se fait essentiellement par voie aérienne. Les principaux réservoirs des champignons sont donc l'air et les surfaces. Cependant, certains champignons filamenteux peuvent être isolés sur d'autres substrats tels que les robinets, les éviers et les environnements humides, c'est notamment le cas de *Fusarium sp.* Les infections fongiques sont rares et sont retrouvées exclusivement chez les immunodéprimés sévères [22].

### RÉFÉRENCES

- Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review. *Journal of Hospital Infection*. 2014;86(1):7-15. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.010.
- Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ? Recommandations formalisées d'experts. *Hygiènes*. 2016;24(5):64 p.
- Squinazi F. Eau du réseau dans les établissements de santé : maîtrise des risques infectieux hydriques. *Médecine et Maladies Infectieuses*. 2000;30:431.
- Warris A, Gaustad P, Meis JFGM, Voss A, Verweij PE, Abrahamsen TG. Recovery of filamentous fungi from water in a paediatric bone marrow transplantation unit. *Journal of Hospital Infection*. 2001;47(2):143-8. doi: 10.1053/jhin.2000.0876.
- Capelletti RV, Moraes AM. Waterborne microorganisms and biofilms related to hospital infections: strategies for prevention and control in healthcare facilities. *J Water Health*. 2016;14:52-67. doi: 10.2166/wh.2015.037.
- Kanamori H, Weber DJ, Rutala WA. Healthcare outbreaks associated with a water reservoir and infection prevention strategies. *Clinical Infectious Diseases*. 2016;62(11):1423-35. doi: 10.1093/cid/ciw122.
- D'Alessandro D, Nusca A, Napoli C. Are liquids an efficient vehicle of healthcare associated infections? A review of reported cases in Italy (2000-2014). *Annali Di Igiene: Medicina Preventiva E Di Comunità*. 2016;28(6):416-31.



55. Health Protection S. HFS, HPS and *Pseudomonas aeruginosa* and Water (Scotland) Group. Guidance for neonatal units (NNUs) (levels 1, 2 & 3), adult and paediatric intensive care units (ICUs) in Scotland to minimise the risk of *Pseudomonas aeruginosa* infection from water. 2014.

82. Warris A, Klaassen CHW, Meis JFGM, De Ruyter MT, De Valk HA, Abrahamsen TG, et al. Molecular epidemiology of *Aspergillus fumigatus* isolates recovered from water, air, and patients shows two clusters of genetically distinct strains. *Journal of Clinical Microbiology*. 2003;41(9):4101-6.

83. Hedayati MT, Mayahi S, Movahedi M, Shokohi T. Study on fungal flora of tap water as a potential reservoir of fungi in hospitals in Sari city, Iran. *Journal of Medical Mycology*. 2011;21:10.

84. Tortorano AM, Richardson M, Roilides E, van Diepeningen A, Caira M, Munoz P, et al. ESCMID and ECMM joint guidelines on diagnosis and management of hyalohyphomycosis: *Fusarium* spp., *Scedosporium* spp. and others. *Clinical Microbiology and Infection*. 2014;20:27-46. doi: 10.1111/1469-0691.12465.

85. Kauffmann-Lacroix C, Bousseau A, Dalle F, Brenier-Pinchart MP, Delhaes L, Machouart M, et al. Surveillance mycologique de l'eau pour la prévention des mycoses invasives dans les établissements de santé : propositions de standardisation des méthodologies. *La Presse Médicale*. 2008;37(5, Part 1):751-9.

86. Sheffer PJ, Stout JE, Wagener MM, Muder RR. Efficacy of new point-of-use water filter for preventing exposure to *Legionella* and waterborne bacteria. *American Journal of Infection Control*. 2005;33(5 Suppl 1):S20-5. doi: 10.1016/j.ajic.2005.03.012.

87. Sautour M, Edel-Hermann V, Steinberg C, Sixt N, Laurent J, Dalle F, et al. *Fusarium* species recovered from the water distribution system of a French university hospital. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2012;215(3):286-92. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.11.003.

88. Litvinov N, da Silva MTN, van der Heijden IM, Graça MG, Marques de Oliveira L, Fu L, et al. An outbreak of invasive fusariosis in a children's cancer hospital. *Clinical Microbiology and Infection*. 2015;21(3):268.e1-e7. doi: 10.1016/j.cmi.2014.09.004.

89. Freije MR. Formulating a risk reduction strategy for waterborne pathogens in hospital water systems. *American Journal of Infection Control*. 2005;33(5):S50-S3. doi: 10.1016/j.ajic.2005.04.004.

90. Anaissie EJ, Stratton SL, Dignani MC, Lee C-k, Summerbell RC, Rex JH, et al. Pathogenic molds (including *Aspergillus* species) in hospital water distribution systems: a 3-year prospective study and clinical implications for patients with hematologic malignancies. *Blood*. 2003;101(7):2542-6. doi: 10.1182/blood-2002-02-0530.

## Eau et virus

Concernant les virus, le guide des CDC de 2004 [33] décrit les différents types de micro-organismes et modes de contamination possibles à partir de l'eau. Il rappelle que le lien entre environnement et infection est difficile à établir.

Il ne recommande pas la réalisation de prélèvements en routine, hormis dans le cadre d'une épidémie.

Seuls Schvoerer et al. [91] ont évoqué une possible contamination de l'eau par un virus *Norwalk like* comme source de l'épidémie rapportée dans leur article.

Pour les virus, le risque est plus communautaire qu'associé aux soins [92].

## Recommandations R7

### Eau, virus

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de virus dans l'eau. (E-3)

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche spécifique de virus dans l'eau. (E-2)

### Commentaires

Le Code de la santé publique (Article R. 1321-2) stipule que « les eaux destinées à la consommation humaine doivent [...] ne pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ». Les industriels de production d'eau potable surveillent des virus, dans le cadre de leur démarche qualité.

La surveillance de virus dans l'eau d'un établissement de santé (ES) relève d'une activité de recherche.

### RÉFÉRENCES

33. Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, et al. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.

91. Schvoerer E, Bonnet F, Dubois V, Rogues AM, Gachie JP, Lafon ME, et al. A hospital outbreak of gastroenteritis possibly related to the contamination of tap water by a small round structured virus. *J Hosp Infect*. 1999;43(2):149-54. doi: 10.1053/jhin.1999.0632.

92. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality. 4<sup>th</sup> ed. Geneva: World Health Organization; 2011. 541 p.

## Eau et parasites

Concernant les parasites, le guide des CDC de 2004 [33] décrit les différents types de micro-organismes et modes de contamination possibles à partir de l'eau. Il rappelle que le lien entre environnement et infection est difficile à établir. Il ne recommande pas la réalisation des prélèvements en routine, mais les propose dans le cadre d'une épidémie.

Pour les parasites tels que *Giardia lamblia*, les amibes libres et *Cryptosporidium parvum*, comme pour les virus, le risque est plus communautaire qu'associé aux soins [92].

**Recommandations R8****Eau, parasites**

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche de parasites dans l'eau. (E-3)

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de recherche de parasites dans l'eau. (E-2)

**Commentaires**

La recherche de parasites telle que proposée par les CDC dans les situations épidémiques ne se justifie pas dans notre contexte de soins et compte tenu des exigences réglementaires sur la potabilité de l'eau en Europe et en France. Le Code de la santé publique (Article R. 1321-2) stipule que « les eaux destinées à la consommation humaine doivent [...] ne pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ». Les industriels de production d'eau potable surveillent des parasites, souvent *Giardia* et *Cryptosporidium*, dans le cadre de leur démarche qualité.

La surveillance de parasites dans l'eau d'un établissement de santé (ES) relève d'une activité de recherche.

## RÉFÉRENCES

33. Schulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, et al. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.
92. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality. 4<sup>th</sup> ed. Geneva: World Health Organization; 2011. 541 p.

**Cas particulier de l'eau des unités dentaires**

Dès 1963, Blake [93] a mis en évidence la présence de *Pseudomonas spp.* et de *Klebsiella spp.*, dans les réservoirs d'eau des unités dentaires. À la suite de ce travail, Clark en 1974, a retrouvé les mêmes espèces de *Pseudomonas* dans l'eau des unités dentaires et dans la flore nasale de 46,7 % (14/30) des dentistes vs 10,3 % (3/29) chez leurs assistants dentaires [94]. Les unités dentaires prélevés contenaient de 50 000 à 50 000 micro-organismes par ml. *Pseudomonas aeruginosa* était retrouvé dans 8 unités dentaires (de 10 à 800 micro-organismes/ml). Sur les 30 dentistes, 17 se plaignaient de rhinite. En 2015, Abdouchakour et al. ont mis en évidence une contamination massive de l'eau du réseau alimentant les fauteuils d'un centre de soins dentaires, par des bactéries potentiellement pathogènes incluant *P. aeruginosa* [53]. Pendant

plus d'un an, plusieurs tentatives de décontamination du réseau d'eau ont conduit à des sélections successives de bactéries pathogènes opportunistes hydriques (*P. aeruginosa* et *Achromobacter sp.*) avec des inoculums toujours plus élevés, et la résolution du problème a été la fermeture du centre et la suppression du réseau d'eau, en reliant les fauteuils dentaires à un approvisionnement en eau stérile. Néanmoins aucun cas de colonisation ou d'infection n'a été lié à l'exposition des patients à cette contamination.

La contamination de patients immunodéprimés par de l'eau d'unités dentaires, elle-même contaminée, est suspectée lors d'infections à *P. aeruginosa* ou à d'autres micro-organismes.

Bien qu'il n'existe pas de données épidémiologiques indiquant un véritable problème de santé publique, la qualité de l'eau des unités dentaires doit être évaluée. Le guide des CDC de 2003 [95] souligne la possibilité, pour toutes les tubulures et circuits d'alimentation en eau, d'être contaminés par des micro-organismes de tous ordres (bactéries, champignons, protozoaires) qui colonisent et se reproduisent à l'intérieur des tubulures et forment un biofilm. Même si des micro-organismes pathogènes peuvent être retrouvés, *P. aeruginosa*, *Legionella spp.*, mycobactéries non tuberculeuses, la majorité est constituée de bactéries saprophytes des milieux aqueux sans pouvoir pathogène connu.

Ainsi les CDC recommandent qu'entre chaque patient, une purge d'air et d'eau ait lieu, de 20 à 30 secondes [95].

Le guide français [25] souligne que les agents infectieux peuvent se transmettre à partir de l'environnement (eau du réseau ou des unités dentaires). Il recommande en plus une purge d'au moins 5 minutes lors de la mise en route du fauteuil et de 20 à 30 secondes entre 2 patients. Le niveau cible retenu dans ce document pour l'eau d'alimentation des unités dentaires, bien qu'indicatif, est inférieur ou égal à 100 UFC/ml pour la flore aérobie revivifiable à 22 °C, en l'absence d'*Escherichia coli* et d'entérocoques pour 100 ml. L'association dentaire américaine, quant à elle, propose un seuil inférieur à 200 UFC/ml. Le seuil proposé par les CDC est inférieur à 500 UFC/ml. Le guide français ajoute que la qualité de l'eau au point d'usage (pièce à mains de l'unité) ne doit pas présenter de variation de plus d'un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle à l'entrée (alimentation de l'unité).

Les réglementations en matière de qualité de l'eau pour les soins dentaires ne sont pas uniformes. Mais les guides s'accordent sur la recommandation d'utiliser de l'eau stérile pour les procédures chirurgicales [95].

Ainsi que cela est rappelé dans la revue de la litté-

rature de Pankhurst *et al.* [96], l'eau des unités dentaires étant aérosolisée, si elle contient des organismes, ceux-ci peuvent pénétrer jusqu'au poumon et être à l'origine d'une pneumonie ou aller contaminer des plaies chirurgicales. Toutefois, les seuls cas cliniques observés en lien avec des procédures dentaires ne sont pas dus à des bactéries environnementales, à l'exception de *P. aeruginosa*, dont la dose nécessaire pour une colonisation chez des volontaires sains est supérieure à  $1,5 \cdot 10^6$  UFC/ml, concentrations qui ne sont que très rarement retrouvées dans les unités dentaires.

Pankhurst *et al.* [96] concluent qu'une surveillance est nécessaire d'un point de vue éthique et médicolegal, même en absence d'infection documentée. Cette conclusion est partagée par Petti [97], qui note que le risque d'infections dues à des micro-organismes présents dans les unités dentaires, estimé par des études de bonne qualité scientifique, est faible. Barbot *et al.* [98], dans leur mini revue de la littérature, tendent à mettre en lumière les problèmes inhérents au biofilm des unités dentaires. Ils notent qu'on retrouve loin derrière les bactéries déjà mentionnées, des levures et des champignons. Le genre *Candida* est le plus souvent isolé, mais aussi *Aspergillus flavus*, *Penicillium expansum* ou *Exophila mesophila*.

Les tubulures et circuits d'alimentation en eau des unités dentaires peuvent aussi être colonisés par les amibes, et parfois par des virus.

Barbot *et al.* [98] notent enfin que les micro-organismes cultivés à partir des unités dentaires, peuvent aussi venir de la bouche même du patient.

Concernant *Legionella*, il faut noter la description d'un cas mortel de pneumopathie à *Legionella*, chez une femme de 82 ans, à la suite d'une contamination au cabinet dentaire, liée à la contamination de l'unité dentaire [99].

Dans l'étude de Lizon *et al.* [100], le traitement par désinfection continue associé à l'utilisation d'eau stérile a permis de rétablir la qualité de l'eau à la sortie des unités de soins dentaires.

Au total, le risque d'acquisition d'infection à partir des unités dentaires est décrit comme étant plus élevé chez les patients immunodéprimés (vs immunocompétents), mais reste globalement faible y compris pour les patients atteints de mucoviscidose. Ces derniers n'acquièrent que très rarement *P. aeruginosa* suite à des soins dentaires. Il en est de même pour le risque de contamination avec des MNT. Quoi qu'il en soit, ce risque n'est pas perçu de manière univoque. Ainsi Petti considère que les recommandations de surveillance de l'eau des unités dentaires des CDC relèvent du principe de précaution et non de la maîtrise d'un risque véritable [97].

## Recommandations R9

### Eau, unités dentaires

**En routine : il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de l'eau des unités dentaires, en dehors des recommandations réglementaires. (C-3)**

**Dès le premier cas d'infection à bactérie à réservoir hydrique et lorsque les soins dentaires sont évoqués : il est recommandé d'effectuer un contrôle microbiologique de l'eau des pièces à mains. (B-3)**

### Commentaires

Le ministère de la Santé recommande un contrôle annuel de l'eau des unités dentaires [25].

Il est difficile d'objectiver une épidémie, compte tenu du caractère souvent ambulatoire des soins.

Il n'existe pas d'arguments dans la littérature pour recommander de réaliser des contrôles microbiologiques de l'eau des unités dentaires.

Le guide du CCLin Sud-Ouest [2] propose de réaliser des contrôles microbiologiques à une fréquence d'une fois par an.

### RÉFÉRENCES

- CCLin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: CCLin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
- Ministère de la Santé et des Solidarités DGS. Guide de prévention des infections liées aux soins en chirurgie dentaire et en stomatologie. Paris: 2006.
- Abdouchakour F, Dupont C, Grau D, Aujoulat F, Mournetas P, Marchandin H, *et al.* Clonal selections of *Pseudomonas aeruginosa* and *Achromobacter* sp. lead to successive colonization waves of water contamination in dental care units. *Applied and Environmental Microbiology*. 2015;AEM.01279-15. doi: 10.1128/AEM.01279-15.
- Blake GC. The Incidence and control of bacterial infection in dental spray reservoirs. *Brit Dent J*. 1963;115(10):413-16.
- Clark A. Bacterial colonization of dental units and the nasal flora of dental personnel. *Proc R Soc Med*. 1974;67(12 Pt 1):1269-70. PubMed PMID: 4615327; PubMed Central PMCID: PMC1645876.
- Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malvitz DM, *et al.* Guidelines for infection control in dental health-care settings—2003. *MMWR Recommendations and reports: morbidity and mortality weekly report recommendations and reports*. 2003;52(RR-17):1-61.
- Pankhurst CL, Coulter WA. Do contaminated dental unit waterlines pose a risk of infection? *Journal of Dentistry*. 2007;35(9):712-20. doi: 10.1016/j.jdent.2007.06.002.
- Petti S. Healthcare outbreaks associated with dental unit water systems: strong scientific evidence of minimal risk. *Clinical Infectious Diseases*. 2016;63(9):1270-. doi: 10.1093/cid/ciw534.
- Barbot V, Robert A, Rodier M-H, Imbert C. Update on infectious

risks associated with dental unit waterlines. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*. 2012;65(2):196-204. doi: 10.1111/j.1574-695X.2012.00971.x.

99. Ricci ML, Fontana S, Pinci F, Fiumana E, Pedna MF, Farolfi P, et al. Pneumonia associated with a dental unit waterline. *The Lancet*. 2012;379(9816):684. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60074-9.

100. Lizon J, Florentin A, Martrette J-M, Rivier A, Clement C, Rabaud C. Microbial control of dental unit water: feedback on different disinfection methods experience. *American Journal of Infection Control*. 2016;44(2):247-9. doi: 10.1016/j.ajic.2015.08.029.

### Cas particulier des siphons

Les siphons sont des réservoirs de micro-organismes. En effet, cette niche écologique concentre bon nombre de paramètres favorables à la croissance bactérienne : eau stagnante, matière organique et réensemencement régulier par des bactéries hydriques et humaines. La question qui demeure est celle de leur rôle de réservoir dans la transmission d'infections associées aux soins.

Il a été décrit :

- (i) qu'une contamination de siphon peut engendrer une rétro-contamination du point d'eau et de l'eau utilisés pour les soins au patient [101,102];
- (ii) que les siphons peuvent pérenniser des phénomènes épidémiques [103,104];
- (iii) que des actions sur les siphons ont pu contribuer à stopper une épidémie [104].

À ce jour, aucune étude ne démontre un lien direct entre la surveillance prospective de la contamination des siphons et la diminution de l'incidence des IAS.

L'étude de Hota [105] s'est intéressée à la relation entre contamination, désinfection et colonisation croisée. La question posée était « Les surfaces hospitalières sont-elles des réservoirs pour les infections nosocomiales ? ». Hota mentionne le fait que l'environnement (et les siphons en particulier pour *P. aeruginosa*, même si là encore les souches environnementales et humaines ne correspondent pas toujours) peut constituer un réservoir de micro-organismes. Il conclut sur l'aspect multifactoriel de la causalité et la nécessité de mettre en œuvre d'autres études.

Cholley *et al.* [51] ont, quant à eux, effectué des prélèvements à la fois sur l'eau froide des robinets des chambres et sur les siphons afin de mettre en évidence, de façon prospective, le rôle de l'eau comme réservoir dans la colonisation par *P. aeruginosa* en réanimation. Ils ont ainsi retrouvé cette bactérie dans 86,2 % (193/224) des siphons et seulement dans 4,5 % (10/224) des prélèvements de robinets. En outre, plus de 50 % des siphons contenaient plusieurs souches différentes de *P. aeruginosa*. Cette diversité de souches clonales fournit des arguments en faveur d'une colonisation des siphons qui se fait par l'extérieur plutôt que l'inverse [34].

De plus les souches présentes dans l'environnement n'ont jamais été retrouvées chez les patients. Ceci va dans le sens de l'existence de souches environnementales peu voire non pathogènes, distinctes des souches « humaines » pathogènes [51].

Dans leur étude multicentrique sur la surveillance mycologique de l'eau en établissements de santé, Kauffmann *et al.* [85] ont montré, en écouvillonnant des siphons, l'intérieur des robinets, des pommeaux de douche, que les siphons étaient plus souvent positifs : 20 % (13/65). Des champignons filamenteux ou des levures ont été isolés. Les auteurs ont noté que leur positivité n'était pas forcément reliée à celle de l'eau et qu'ils ne représentaient donc pas un véritable reflet de la contamination hydrique. Leitner *et al.* [106] vont même plus loin, en écrivant dans leur article que la relation clonale entre souches environnementales (des siphons) et humaines de *Klebsiella oxytoca* multirésistantes, semble être en faveur d'une contamination des siphons à partir des patients.

Dans le même ordre d'idée, la revue de la littérature de Bloomfield *et al.* [45] met en évidence que la contamination des points d'eau est le plus souvent distale et que, même si quelques cas d'épidémies prolongées à *Acinetobacter baumannii* ont été reliés notamment à la présence de la bactérie dans les siphons, le manutention, le bionettoyage, étaient aussi en cause. Ils rappellent que le plus important en matière de prévention d'IAS reste le respect des précautions standard.

Tacconelli *et al.* [107] soulignent dans leur revue systématique la persistance de *Burkholderia* et de *Stenotrophomonas*, dans les siphons, avec une prédilection pour le biofilm qui y est inhérent. Ils rappellent que lors d'épidémies à *P. aeruginosa* ou *Stenotrophomonas maltophilia* les micro-organismes ont été retrouvés dans les siphons, mais aussi dans les extrémités distales des robinets.

Le prélèvement non ciblé des siphons est jugé inutile dans les recommandations de la HIS [66] concernant la prévention et la maîtrise des BGM multirésistantes. Ces recommandations mentionnent que, même si les souches retrouvées dans les siphons et celles des patients correspondent, le sens de contamination de l'un à l'autre n'est pas clair.



## Recommandations R10

## Eau, siphons

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôles microbiologiques au niveau des siphons. (E-3)

**En cas d'épidémie non contrôlée, dans le cadre d'investigations ciblées (BHRé, *P. aeruginosa* multirésistant, ABRI...) et en complément de l'analyse des pratiques :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser de contrôles microbiologiques au niveau des siphons. (C-3)

## Commentaires

Dans le cas particulier de services en situation d'épidémie ou présentant une forte endémicité d'infections à bactéries multi/hautement résistantes aux antibiotiques, la surveillance microbiologique permet de s'assurer de l'absence de constitution d'un réservoir environnemental, relayant et amplifiant un risque infectieux et/ou épidémique pour les patients du service.

Pour identifier des micro-organismes éventuellement responsables d'infections associées aux soins (IAS), il est nécessaire de mettre en œuvre des techniques analytiques ciblées, non standardisées et coûteuses non envisageables en routine, d'autant que leur résultat est rarement contributif.

En ce sens, il serait intéressant de poursuivre des travaux de recherche sur la dynamique d'évolution « microbiote des siphons » et son lien avec les infections associées aux soins [26].

## RÉFÉRENCES

26. Berthelot P, Grattard F, Mahul P, Pain P, Jospé R, Venet C, *et al.* Prospective study of nosocomial colonization and infection due to *Pseudomonas aeruginosa* in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Medicine.* 2001;27(3):503-12. doi: 10.1007/s001340100870.
34. Floret N, Bertrand X, Thouverez M, Talon D. Infections nosocomiales à *Pseudomonas aeruginosa* : origine exogène ou endogène de la bactérie responsable ? *Pathologie Biologie.* 2009;57(1):9-12. doi: 10.1016/j.patbio.2008.07.011.
45. Bloomfield S, Exner M, Flemming H-C, Goroncy-Bermes P, Hartemann P, Heeg P, *et al.* Lesser-known or hidden reservoirs of infection and implications for adequate prevention strategies: Where to look and what to look for. *GMS Hygiene and Infection Control.* 2015;10. doi: 10.3205/dgkh000247.
51. Cholley P, Thouverez M, Floret N, Bertrand X, Talon D. The

role of water fittings in intensive care rooms as reservoirs for the colonization of patients with *Pseudomonas aeruginosa*. *Intensive Care Medicine.* 2008;34(8):1428-33. doi: 10.1007/s00134-008-1110-z.

66. Wilson APR, Livermore DM, Otter JA, Warren RE, Jenks P, Enoch DA, *et al.* Prevention and control of multi-drug-resistant Gram-negative bacteria: recommendations from a joint working party. *Journal of Hospital Infection.* 2016;92(Supplement 1):S1-S44. doi: 10.1016/j.jhin.2015.08.007.

85. Kauffmann-Lacroix C, Bousseau A, Dalle F, Brenier-Pinchart MP, Delhaes L, Machouart M, *et al.* Surveillance mycologique de l'eau pour la prévention des mycoses invasives dans les établissements de santé : propositions de standardisation des méthodologies. *La Presse Médicale.* 2008;37(5, Part 1):751-9.

101. Kotay S, Chai W, Guilford W, Barry K, Mathers AJ. Spread from the sink to the patient: *in situ* study using green fluorescent protein (GFP)-expressing *Escherichia coli* to model bacterial dispersion from hand-washing sink-trap reservoirs. *Applied and Environmental Microbiology.* 2017;83(8). doi: 10.1128/AEM.03327-16.

102. Lalancette C, Charron D, Laferrière C, Dolcé P, Déziel E, Prévost M, *et al.* Hospital drains as reservoirs of *Pseudomonas aeruginosa*: multiple-locus variable-number-of tandem repeats analysis genotypes recovered from faucets, sink surfaces and patients. *Pathogens.* 2017;6(3). doi: 10.3390/pathogens6030036.

103. Clarivet B, Grau D, Jumas-Bilak E, Jean-Pierre H, Pantel A, Parer S, *et al.* Persisting transmission of carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* due to an environmental reservoir in a university hospital, France, 2012 to 2014. *Euro Surveillance: Bulletin européen sur les maladies transmissibles/European Communicable Disease Bulletin.* 2016;21(17). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.17.30213.

104. Gbaguidi-Haore H, Varin A, Cholley P, Thouverez M, Hocquet D, Bertrand X. A bundle of measures to control an outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* associated with p-trap contamination. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2018;39(2):164-9. doi: 10.1017/ice.2017.304.

105. Hota B. Contamination, disinfection, and cross-colonization: are hospital surfaces reservoirs for nosocomial infection? *Clin Infect Dis.* 2004;39(8):1182-9. doi: 10.1086/424667.

106. Leitner E, Zarfel G, Luxner J, Herzog K, Pekard-Amenitsch S, Hoenigl M, *et al.* Contaminated Handwashing sinks as the source of a clonal outbreak of kpc-2-producing *Klebsiella oxytoca* on a hematology ward. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy.* 2015;59(1):714-6. doi: 10.1128/AAC.04306-14.

107. Tacconelli E, Cataldo MA, Dancer SJ, De Angelis G, Falcone M, Frank U, *et al.* ESCMID guidelines for the management of the infection control measures to reduce transmission of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in hospitalized patients. *Clinical Microbiology and Infection.* 2014;20(Supplement 1):1-55. doi: 10.1111/1469-0691.12427.

## Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces à la prévention des IAS ?

### Considérations générales sur la relation entre la présence de micro-organismes dans l'air et les surfaces et la survenue d'IAS

L'aérobiocontamination correspond à la présence dans l'air de micro-organismes ou de particules porteuses de micro-organismes [108]. De nombreuses publications rapportent une relation entre la concentration en micro-organismes dans l'air des établissements de santé (ES) et la survenue d'IAS. C'est notamment le cas au bloc opératoire, avec un risque essentiellement bactérien [109] et accessoirement fongique. C'est aussi le cas pour les services accueillant des patients immunodéprimés. Dans ce dernier cas, le risque est essentiellement fongique [110] et accessoirement bactérien. Pour les champignons, bien que les concentrations de particules  $> 0,5 \mu\text{m}$  et  $> 1 \mu\text{m}$  puissent avoir une valeur prédictive sur leur présence dans l'air des chambres à environnement maîtrisé [111], il n'y a pas de consensus sur la concentration maximale de spores admissible dans l'air ambiant. Ceci complique l'interprétation des résultats des prélèvements microbiologiques de l'air devant engendrer des actions correctives (maintenance, remplacement de filtre...). Par ailleurs, l'absence de consensus sur une dose de spores fongiques à considérer comme infectante implique la réalisation d'études complémentaires [112].

La relation causale entre la concentration en micro-organismes dans l'air des ES et la survenue d'IAS reste donc difficile à établir [113].

Cette aérobiocontamination peut conduire également à une contamination des utilisateurs et de l'environnement inanimé des ES (surfaces, matériels, dispositifs médicaux...) par des matières organiques (MO). La biocontamination des surfaces est le reflet de l'utilisation des locaux (manutention, bionettoyage...) et de la sédimentation des micro-organismes aéroportés [114].

Les données disponibles suggèrent que les surfaces contaminées peuvent conduire à des IAS, mais la relation est souvent indirecte. En effet, des études hors ZEM ont été menées sur le lien entre la présence de certains micro-organismes sur les surfaces et le risque d'IAS. Un risque d'acquisition accru de SARM, ERV, *A. baumannii* et *C. difficile* a été mis en évidence pour un patient hospitalisé dans une chambre précédemment occupée par un patient porteur [115]. Une association significative entre l'augmentation de la contamination des surfaces et le taux d'IAS à SARM ou ERV a été trouvée dans une étude réalisée dans 3 services de soins

intensifs [116]. L'impact d'une action de bionettoyage spécifique sur l'acquisition de bactéries par les patients a été montré pour SARM et ERV [5,117]. Néanmoins, la réalisation de prélèvements de surfaces hors ZEM n'a qu'un intérêt pédagogique ou scientifique. La désinfection des surfaces est transitoire, et même un entretien régulier ne garantit pas l'absence de micro-organismes potentiellement pathogènes [118]. Concernant les ZEM et notamment le bloc opératoire, il n'y a pas d'études équivalentes, à notre connaissance, sur la biocontamination des surfaces.

En effet, l'établissement de tout lien entre la biocontamination de l'environnement et une IAS est complexe du fait de la multiplicité des facteurs liés à l'environnement, au micro-organisme contaminant et à l'hôte. De fait, il n'y a pas de leviers évidents pour prévenir les IAS en agissant sur la seule contamination environnementale. Pour être efficaces, les mesures de prévention des IAS doivent être multiples et multimodales [108,119]. Une de ces modalités est de mettre en place des mesures de prévention et une surveillance de la biocontamination environnementale.

### RÉFÉRENCES

5. Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF, *et al.* Enhanced terminal room disinfection and acquisition of infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the benefits of enhanced terminal room disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *The Lancet*. 2017;389(10071):805-14.
108. Alijanipour P, Karam J, Llinás A, Vince KG, Zalavras C, Austin M, *et al.* Operative environment. *The Journal of Arthroplasty*. 2014;29(2 Suppl):49-64. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.031.
109. Lidwell OM, Lowbury EJ, Whyte W, Blowers R, Stanley SJ, Lowe D. Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: the relationship to sepsis rates. *J Hosp Infect*. 1983;4(2):111-31.
110. Bonnal C, Leleu C, Brugière O, Chochillon C, Porcher R, Boelle P-Y, *et al.* Relationship between fungal colonisation of the respiratory tract in lung transplant recipients and fungal contamination of the hospital environment. *PLoS One*. 2015;10(12). doi: 10.1371/journal.pone.0144044.
111. Armadans-Gil L, Rodríguez-Garrido V, Campins-Martí M, Gil-Cuesta J, Vaqué-Rafart J. Particle counting and microbiological air sampling: results of the simultaneous use of both procedures in different types of hospital rooms. *Enfermedades Infecciosas Y Microbiología Clínica*. 2013;31(4):217-21. doi: 10.1016/j.eimc.2012.01.005.
112. Meneguetti MG, Ferreira LR, Silva MFI, Silva ASd, Bellissimo-Rodrigues F. Assessment of microbiological air quality in hemato-oncology units and its relationship with the occurrence of invasive fungal infections: an integrative review. *Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical*. 2013;46(4):391-6. doi: 10.1590/0037-8682-0022-2013.

113. Birgand G, Toupet G, Rukly S, Antoniotti G, Deschamps MN, Lepelletier D, *et al.* Air contamination for predicting wound contamination in clean surgery: a large multicenter study. *American Journal of Infection Control*. 2015;43(5):516-21. doi: 10.1016/j.ajic.2015.01.026.
114. Beggs C, Knibbs LD, Johnson GR, Morawska L. Environmental contamination and hospital-acquired infection: factors that are easily overlooked. *Indoor Air*. 2015;25(5):462-74. doi: 10.1111/ina.12170.
115. Nseir S, Blazejewski C, Lubret R, Wallet F, Courcol R, Durocher A. Risk of acquiring multidrug-resistant Gram-negative bacilli from prior room occupants in the intensive care unit. *Clin Microbiol Infect*. 2011;17(8):1201-8. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03420.x.
116. Salgado CD, Sepkowitz KA, John JF, Cantey JR, Attaway HH, Freeman KD, *et al.* Copper surfaces reduce the rate of healthcare-acquired infections in the intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(5):479-86. doi: 10.1086/670207.
117. Datta R, Platt R, Yokoe DS, Huang SS. Environmental cleaning intervention and risk of acquiring multidrug-resistant organisms from prior room occupants. *Archives of Internal Medicine*. 2011;171(6):491-4. doi: 10.1001/archinternmed.2011.64.
118. Otter JA, Yezli S, French GL. The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2011;32(07):687-99. doi: 10.1086/660363.
119. Chauveaux D. Preventing surgical-site infections: measures other than antibiotics. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR*. 2015;101(1 Suppl):S77-83. doi: 10.1016/j.otsr.2014.07.028.

### Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces dans la prévention des IAS ?

Les prélèvements d'air et de surfaces sont le plus souvent réalisés dans les zones à environnement maîtrisé (ZEM) : au bloc opératoire, dans des unités de soins accueillant des immunodéprimés et dans certaines réanimations [120]. La SF2H a publié en 2015 des recommandations relatives à la *Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels* [121] préconisant de ne pas réaliser de contrôles microbiologiques de l'air en routine, tout en rappelant que la norme NF S90-351, régissant les ZEM en établissement de santé (NF S90-351), recommandait la mise en œuvre de ceux-ci en complément des contrôles particuliers lors des qualifications, ou requalification, de locaux. Des mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ont été publiées en 2016 [22], rappelant l'intérêt d'un environnement maîtrisé pour la prévention des infections fongiques chez les patients à risque élevé, mais n'abordant pas la question des contrôles microbiologiques de l'environnement.

Les recommandations *Risque infectieux fongique et travaux en établissements de santé* publiées en 2011 [14] préconisaient des contrôles fongiques de l'air et des surfaces pour vérifier l'efficacité des mesures de prévention mises en

place en cas de travaux afin d'éviter leur impact sur les ZEM.

Les argumentaires de ces différents travaux ne seront pas revus *in extenso* dans le présent document. Seule la littérature parue depuis la date de leur publication et en lien avec la surveillance environnementale sera abordée. Les ZEM destinées à la fabrication des produits injectables au patient (pharmacotechnie, banques de tissus, thérapie génique...) ont des réglementations spécifiques qui incluent la réalisation de contrôles de l'air et des surfaces des locaux en routine indépendamment des qualifications ou requalification. Ces contrôles sont effectués en majorité en activité afin d'évaluer la maîtrise de l'environnement dans les conditions les plus défavorables (référence BPTC, BPP, BPF...) Les contrôles microbiologiques d'environnement en ES réalisés en routine ou selon les circonstances, participent à la prévention des infections associées aux soins, à condition que cette surveillance s'intègre dans une démarche de type PDCA (*Plan* : définir le problème avec un plan d'actions ; *Do* : réaliser précisément les processus prédéfinis ; *Check* : surveiller et contrôler la réalisation afin de garantir la conformité du produit ou du process ; *Act* : agir, prendre des mesures en cas de dérive afin de les corriger et/ou de les maîtriser) [122]. Cette démarche pourra concourir non seulement à générer des indicateurs de résultats. Elle contribuera aussi à fournir des éléments de preuves lors de la certification de l'ES.

Leur mise en œuvre doit être méthodique et consciencieusement maîtrisée (NF S 90-351, NF EN ISO 14698-1, NF EN ISO14698-2, CCLIN SO 2016). Dans les zones à environnement maîtrisé, les contrôles microbiologiques de l'air, souvent couplés à ceux des surfaces, sont réalisés dans deux circonstances distinctes (NF S90-351, NF EN ISO 14644-1, NF EN ISO 14644-2) :

- les contrôles de biocontamination sont réalisés lors des qualifications et/ou requalifications des installations de traitement d'air, en complément des contrôles particuliers. Ils permettent d'évaluer leurs performances initiales, définies après l'analyse de risque lors de la phase projet ;
- ceux réalisés en cours d'exploitation, dans le cadre d'une démarche qualité structurée, permettent d'en évaluer le bon usage dans des conditions maîtrisées et d'identifier d'éventuelles sources externes de contamination de l'environnement [2], afin d'en faire prendre conscience aux utilisateurs.

Ces contrôles microbiologiques ne visent qu'à évaluer le bon fonctionnement de l'installation et non le risque infectieux associé aux soins pendant l'utilisation. Pour les contrôles en activité, il n'y a pas de limite de qualité sauf dans les ZEM pharmaceutiques.

En effet, la maîtrise de la contamination de l'air et/ou des surfaces dans une ZEM ne peut être considérée comme efficace que si les résultats obtenus tout au long de l'exploitation de l'installation sont comparables à ceux observés lors de la qualification initiale (NF S90-351, NF EN ISO 14644-1, NF EN ISO 14644-2, CCLIN SO 2016).

Les contrôles microbiologiques sont recommandés également dans le cadre de la vérification de l'adéquation des mesures de confinement en cas de travaux [14]. Ils peuvent aussi s'avérer utiles lors d'investigations autour de la survenue d'une IAS ou de cas groupés, selon le réservoir et les modalités de transmission du micro-organisme en cause.

#### RÉFÉRENCES

2. CCLin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: CCLin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
14. Société française d'hygiène hospitalière, Société française de mycologie médicale. Risque infectieux fongique et travaux en établissements de santé. Identification du risque et mise en place de mesures de gestion. Hygiènes. 19. Lyon: Société française d'hygiène hospitalière; 2011. p. 1-52.
22. Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés? Recommandations formalisées d'experts. Hygiènes. 2016;24(5):64 p.
120. Gangneux JP, Bougnoux ME, Hennequin C, Godet C, Chandener J, Denning DW, et al. An estimation of burden of serious fungal infections in France. Journal de mycologie medicale. 2016;26(4):385-90. doi: 10.1016/j.mycmed.2016.11.001.
121. Société française d'hygiène hospitalière. Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels. Hygiènes. 2015;23(2):58 p.
122. Deming WE. Out of the Crisis. Reprint ed. Cambridge, Mass.: MIT Press; 2000. 522 p.

### Air et surfaces en secteurs interventionnels

La maîtrise de la qualité de l'air au bloc opératoire est une problématique ancienne [123]. Entre 1968 et 1982, une épidémie à *Streptococcus* bêta hémolytique du groupe A a été rapportée dans plusieurs publications [124-127]. Un streptocoque du même sérogroupe avait été retrouvé dans des prélèvements d'origine différente, la plaie opératoire, en portage (anal, vaginal) chez le personnel et dans l'air du bloc opératoire. Mais certains porteurs, bien que présents au bloc opératoire, n'avaient pas participé à l'intervention. Ces résultats ont conduit à l'hypothèse d'une transmission aéroportée du micro-organisme.

Dans les années 1980, Lidwell et al. ont publié plusieurs articles sur la relation entre la qualité de l'air et la survenue d'ISO. En 1983, ces auteurs ont mis en évidence, dans une étude écologique, la relation entre contamination de l'air et incidence des infections sur prothèses articulaires. Il s'agissait de données issues de 15 hôpitaux [109]. En 1987, ces auteurs [128] ont montré que les taux d'ISO, avec l'utilisa-

tion d'un air « ultra propre » seul (actuel flux unidirectionnel avec guide), sont passés de 3,4 % à 1,6 % alors que les taux d'ISO chez les patients uniquement sous antibioprofylaxie sont passés de 3,4 % à 0,8 %. Lorsque air « ultrapropre » et antibioprofylaxie étaient associés, les taux d'ISO passaient de 3,4 % à 0,7 %. Ceci suggère que le traitement d'air seul a un impact sur la réduction de l'incidence des ISO, mais moins important que l'antibioprofylaxie seule, et que la synergie de l'association antibiotiques et traitement d'air est faible dans le cadre de la réduction des ISO en chirurgie orthopédique prothétique.

Actuellement, la technologie permettant d'obtenir la qualité d'air souhaitée en salle d'intervention et son impact sur les ISO sont de plus en plus discutés, y compris en chirurgie dite propre et en particulier en orthopédie [6-9,129, 130].

Si certaines de ces études remettent en cause l'avantage supposé du flux unidirectionnel dans la prévention des ISO, la nécessité d'un traitement de l'air des salles d'opération n'est en revanche pas discutée.

En dehors du traitement d'air, de nombreux facteurs peuvent être à l'origine de la biocontamination de l'air et des surfaces des ZEM, voire associés à une IAS de type ISO. Il peut s'agir de la vétusté des locaux (cf. infra), de la présence humaine (tenue, nombre de personnes, comportement ouvertures de portes), du matériel pouvant générer ou non des particules (tels que matelas chauffant, générateurs thermiques de CEC), du bionettoyage...

Ainsi les micro-organismes en cause peuvent être présents en dehors de toute intervention chirurgicale ou être générés par l'activité chirurgicale elle-même. L'impact de la vétusté des locaux a par exemple été illustré lors d'une contamination de l'air et des surfaces par *Penicillium* à partir d'un sol abîmé d'une salle d'opération [131]. Des cas d'ISO profondes à *Aspergillus sp.* chez des patients immunocompétents ne recevant pas de corticostéroïdes, et sans aspergillose pulmonaire préexistante ont été décrits en chirurgies cardiaque (endocardites et aortites infectieuses) et vasculaire (infection de prothèses vasculaires) [132]. Plusieurs de ces cas ont pu être reliés à la contamination de l'air de la salle d'intervention par le même champignon. Il est souvent difficile de montrer une identité des souches cliniques et environnementales en biologie moléculaire [133,134] du fait de la diversité des souches de l'environnement et de la chronologie des prélèvements, même si cela a été fait dans de rares cas [135].

De fait, l'origine de ces micro-organismes est variée. Elle est cependant principalement liée au personnel présent [108]. Bien que les personnels portent un masque, les bactéries de leur microbiote nasopharyngé peuvent se dissémi-



ner dans l'air ambiant. Des prélèvements d'air réalisés dans l'ensemble de la salle montraient la présence de souches identiques, en électrophorèse en champ pulsé (PFGE), à celles du personnel dans 86 % des échantillons pour les staphylocoques à coagulase négative (SCN) dont plus de la moitié à 50 cm du champ opératoire. Les proportions respectives étaient un peu plus faibles pour *S. aureus* (64 % et 39 %) [136]. Par ailleurs, le niveau d'aérobiocontamination mesuré en peropératoire peut être élevé : deux études ont rapporté, dans plusieurs salles d'intervention, plus de 200 UFC/m<sup>3</sup> [137] et 328 UFC/m<sup>3</sup> en moyenne [138]. Les auteurs rappellent par ailleurs que des seuils en peropératoires sont définis dans les recommandations HIS, suédoises et danoises : 180 UFC/m<sup>3</sup> [139] et 100 UFC/m<sup>3</sup> pour chirurgie sans pose de matériel et 10 UFC/m<sup>3</sup> pour la chirurgie prothétique (cf. recommandations suédoises et danoises).

De nombreuses études ont cherché à évaluer l'impact du comportement des équipes – interruptions de tâches, nombre d'ouvertures des portes, nombre d'entrées et de sorties lors des interventions, taille des équipes – sur la contamination des salles d'interventions et le risque d'ISO. Elles sont hétérogènes, nombre d'entre elles comportent des biais et les niveaux de preuves y sont faibles voire très faibles. Néanmoins, certaines tendent à montrer une augmentation de la contamination particulaire et/ou bactériologique des salles d'intervention en fonction de la taille des équipes de chirurgie [140], et du nombre d'ouvertures de portes [113]. Anderson *et al.* [141] rapportent que le trafic peropératoire et le nombre de personnes présentes dans une salle sont positivement corrélés à son niveau de biocontamination. Pour Babkin *et al.* [142], une association entre le nombre de personnes en salle et les taux d'ISO est retrouvée (7,4 % avec 3 chirurgiens vs 2,8 % avec 2 chirurgiens). Pryor *et al.* [143] démontrent, dans une étude rétrospective en chirurgie orthopédique, qu'il y a une corrélation entre le nombre de personnels en salle (< 9 jusqu'à 16) et le taux d'ISO (1,5 % jusqu'à 6,9 %). *A contrario* d'autres études ne retrouvent aucun lien entre le nombre de personnels en salle d'opération et le risque d'ISO [144]. Les distractions peropératoires – dont certaines amenées lors de nombreuses ouvertures de portes – influent également sur le taux d'ISO. Deux études de cohorte retrouvent une association significative entre la discipline ou le niveau de bruit au bloc opératoire et l'accroissement du taux d'ISO [145,146].

Il apparaît difficile d'amener les différents usagers à respecter les règles de bon usage des ZEM et à respecter les codes vestimentaires et comportementaux qui y sont exigés [147], quelle que soit la taille de l'équipe. Des études complémentaires seraient nécessaires pour mieux explorer l'impact réel de ces facteurs comportementaux – relevant

du bon usage des ZEM – sur la contamination particulaire et/ou microbiologique, et sur la survenue d'ISO.

Le matériel présent en salle d'intervention participe à la perturbation de la qualité de l'air par sa forme, son encombrement, les particules et les calories émises...

Par exemple, les réchauffeurs utilisés en salle peuvent être non seulement une source de contamination de l'air, mais aussi à l'origine d'une perturbation du flux [148,149]. En chirurgie cardiaque, des publications rapportent des transmissions de micro-organismes environnementaux par aérosolisation à partir de générateurs thermiques utilisés dans les CEC. Diaz-Guerra *et al.* mettent en évidence la même souche d'*Aspergillus flavus* sur la grille de ventilation de l'appareil et chez une patiente infectée au niveau de sa prothèse vasculaire [150]. Plus récemment, la dissémination aérienne de *M. chimaera*, à partir de l'eau contaminée des réservoirs de ces générateurs, a été à l'origine de cas mondiaux d'infections postopératoires [78,79].

Concernant les surfaces, il n'y a pas de publication ayant mis en évidence un lien direct entre la biocontamination et les ISO, mais il a été démontré qu'il existe une interaction continue entre l'air et les surfaces. La sédimentation des particules de l'air puis la remise en suspension des particules présentes sur les surfaces à la faveur de mouvements (personnels, matériel, ouverture et fermeture de portes) ont été objectivées [151-153].

La prévention des ISO exige donc une politique multifacette et multimodale dans laquelle les contrôles d'environnement, d'air et/ou des surfaces, constituent un outil d'évaluation de la maîtrise des niveaux de contamination des ZEM. Ceux-ci présentent un intérêt en qualification, en démarche qualité, en vérification de la mise en œuvre des mesures à visée environnementale, en vérification de l'adéquation des mesures de cloisonnement en cas de travaux, et lors d'investigation de cas groupés pour lesquels un réservoir environnemental est suspecté, en sus de l'aspect pédagogique qui peut être utilisé ponctuellement.

## Recommandations R11

## Air et surfaces, secteurs interventionnels

**En routine :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces au bloc opératoire ou en secteur interventionnel\* en dehors des qualifications. (C-3)

Dès le premier cas d'infection du site opératoire (ISO) à champignon filamenteux, il est fortement recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces au bloc opératoire et en secteur interventionnel dans le cadre d'investigations ciblées (*Aspergillus...*). (A-3)

**En cas d'augmentation de l'incidence d'ISO bactériennes :** il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces au bloc opératoire et en secteur interventionnel, après analyse des causes, dans le cadre d'investigations ciblées. (C-3)

**En cas de travaux pouvant impacter les ZEM :** il est recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces au bloc opératoire et en secteur interventionnel dans le cadre de la surveillance des mesures de confinement. (B-3)

\*Prélèvements faits dans une salle bionettoyée au repos.

## Commentaires

Les contrôles préconisés dans la norme NF S90-351 (avril 2013) sont à réaliser lors de la qualification initiale et de la requalification annuelle des zones à environnement maîtrisé (ZEM).

Dans le cadre d'une démarche qualité en lien avec la surveillance des installations de traitement de l'air, il est possible de réaliser en routine des prélèvements microbiologiques d'air et de surfaces dans les ZEM (bloc opératoire, secteur interventionnel...). Le groupe pluridisciplinaire en charge de la validation de ces contrôles doit avoir réalisé une analyse *a priori* des risques et doit être en mesure d'effectuer une analyse *a posteriori* des causes en cas de résultats non conformes.

## RÉFÉRENCES

6. Allegranzi B, Bischoff P, de Jonge S, Kubilay NZ, Zayed B, Gomes SM, *et al.* New WHO recommendations on preoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases*. 2016;16(12):e276-e87. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30398-X.

7. Allegranzi B, Zayed B, Bischoff P, Kubilay NZ, de Jonge S, de Vries F, *et al.* New WHO recommendations on intraoperative and postoperative measures for surgical site infection prevention: an

evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases*. 2016;16(12):e288-e303. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30402-9.

8. Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, Leas B, Stone EC, Kelz RR, *et al.* Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAMA surgery*. 2017. doi: 10.1001/jamasurg.2017.0904.

9. Ban KA, Minei JP, Laronga C, Harbrecht BG, Jensen EH, Fry DE, *et al.* American College of Surgeons and Surgical Infection Society: surgical site infection guidelines, 2016 Update. *Journal of the American College of Surgeons*. 2017;224(1):59-74. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2016.10.029.

78. Sax H, Bloemberg G, Hasse B, Sommerstein R, Kohler P, Achermann Y, *et al.* Prolonged outbreak of *Mycobacterium chimaera* infection after open-chest heart surgery. *Clin Infect Dis*. 2015;61(1):67-75. doi: 10.1093/cid/civ198.

79. van Ingen J, Kohl TA, Kranzer K, Hasse B, Keller PM, Katarzyna Szafrńska A, *et al.* Global outbreak of severe *Mycobacterium chimaera* disease after cardiac surgery: a molecular epidemiological study. *The Lancet Infectious Diseases*. 2017;17(10):1033-41. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30324-9.

108. Alijanipour P, Karam J, Llinás A, Vince KG, Zalavras C, Austin M, *et al.* Operative environment. *The Journal of Arthroplasty*. 2014;29(2 Suppl):49-64. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.031.

109. Lidwell OM, Lowbury EJ, Whyte W, Blowers R, Stanley SJ, Lowe D. Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: the relationship to sepsis rates. *J Hosp Infect*. 1983;4(2):111-31.

113. Birgand G, Toupet G, Rukly S, Antoniotti G, Deschamps MN, Lepelletier D, *et al.* Air contamination for predicting wound contamination in clean surgery: a large multicenter study. *American Journal of Infection Control*. 2015;43(5):516-21. doi: 10.1016/j.ajic.2015.01.026.

123. Devenish EA, Miles AA. Control of *Staphylococcus aureus* in an operating-theatre. *The Lancet*. 1939;233(6037):1088-94.

124. Berkelman RL, Martin D, Graham DR, Mowry J, Freisem R, Weber JA, *et al.* Streptococcal wound infections caused by a vaginal carrier. *JAMA*. 1982;247(19):2680-2.

125. McIntyre DM. An epidemic of *Streptococcus pyogenes* puerperal and postoperative sepsis with an unusual carrier site-the anus. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1968;101(3):308-14.

126. Schaffner W, Lefkowitz LB, Goodman JS, Koenig MG. Hospital outbreak of infections with group A streptococci traced to an asymptomatic anal carrier. *The New England Journal of Medicine*. 1969;280(22):1224-5. doi: 10.1056/NEJM196905292802209.

127. Stamm WE, Feeley JC, Facklam RR. Wound infections due to group A streptococcus traced to a vaginal carrier. *The Journal of Infectious Diseases*. 1978;138(3):287-92.

128. Lidwell OM, Elson RA, Lowbury EJ, Whyte W, Blowers R, Stanley SJ, *et al.* Ultraclean air and antibiotics for prevention of postoperative infection. A multicenter study of 8,052 joint replacement operations. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1987;58(1):4-13.

129. Bischoff P, Kubilay NZ, Allegranzi B, Egger M, Gastmeier P. Effect of laminar airflow ventilation on surgical site infections: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*. 2017;17(5):553-61. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30059-2.

130. Pada S, Perl TM. Operating room myths: what is the evidence for common practices. *Current Opinion in Infectious Diseases*. 2015;28(4):369-74. doi: 10.1097/QCO.000000000000177.

131. Cassier P, Hulin M, Regard A, Bénét T, Nicolle MC, Burillon C. Salles opératoires : attention à l'intégrité des sols. *Salles propres*. 2018;114:30-32. 2018;114:30-2.

132. Pasqualotto AC, Denning DW. Post-operative *aspergillosis*. Clin Microbiol Infect. 2006;12(11):1060-76. doi: 10.1111/j.1469-0691.2006.01512.x.
133. Leenders A, van Belkum A, Janssen S, de Marie S, Kluytmans J, Wielenga J, et al. Molecular epidemiology of apparent outbreak of invasive *aspergillosis* in a hematology ward. Journal of Clinical Microbiology. 1996;34(2):345-51.
134. Rath PM, Ansorg R. Value of environmental sampling and molecular typing of aspergilli to assess nosocomial sources of *aspergillosis*. J Hosp Infect. 1997;37(1):47-53.
135. Buffington J, Reporter R, Lasker BA, McNeil MM, Lanson JM, Ross LA, et al. Investigation of an epidemic of invasive *aspergillosis*: utility of molecular typing with the use of random amplified polymorphic DNA probes. The Pediatric infectious disease journal. 1994;13(5):386-93.
136. Edmiston CE, Seabrook GR, Cambria RA, Brown KR, Lewis BD, Sommers JR, et al. Molecular epidemiology of microbial contamination in the operating room environment: is there a risk for infection? Surgery. 2005;138(4):573-82. doi: 10.1016/j.surg.2005.06.045.
137. Wan G-H, Chung F-F, Tang C-S. Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. American Journal of Infection Control. 2011;39(4):302-8. doi: 10.1016/j.ajic.2010.07.006.
138. Stauning MT, Bediako-Bowan A, Andersen LP, Opintan JA, Labi AK, Kurtzhals JaL, et al. Traffic flow and microbial air contamination in operating rooms at a major teaching hospital in Ghana. Journal of Hospital Infection. 2018;99(3):263-70. doi: 10.1016/j.jhin.2017.12.010.
139. Hoffman PN, Williams J, Stacey A, Bennett AM, Ridgway GL, Dobson C, et al. Microbiological commissioning and monitoring of operating theatre suites. J Hosp Infect. 2002;52(1):1-28.
140. Sadrizadeh S, Tammelin A, Ekolind P, Holmberg S. Influence of staff number and internal constellation on surgical site infection in an operating room. Particology. 2014;13:42-51. doi: 10.1016/j.partic.2013.10.006.
141. Andersson AE, Bergh I, Karlsson J, Eriksson BI, Nilsson K. Traffic flow in the operating room: an explorative and descriptive study on air quality during orthopedic trauma implant surgery. American Journal of Infection Control. 2012;40(8):750-5. doi: 10.1016/j.ajic.2011.09.015.
142. Babkin Y, Raveh D, Lifschitz M, Itzchaki M, Wiener-Well Y, Kopuit P, et al. Incidence and risk factors for surgical infection after total knee replacement. Scand J Infect Dis. 2007;39(10):890-5. doi: 10.1080/00365540701387056. PubMed PMID: 17852911.
143. Pryor F, Messmer PR. The effect of traffic patterns in the OR on surgical site infections. AORN journal. 1998;68(4):649-60.
144. Wanta BT, Glasgow AE, Habermann EB, Kor DJ, Cima RR, Barbari EF, et al. Operating room traffic as a modifiable risk factor for surgical site infection. Surgical Infections. 2016;17(6):755-60. doi: 10.1089/sur.2016.123.
145. Beldi G, Bisch-Knaden S, Banz V, Mühlemann K, Candinas D. Impact of intraoperative behavior on surgical site infections. American Journal of Surgery. 2009;198(2):157-62. doi: 10.1016/j.amjsurg.2008.09.023.
146. Kurmann A, Peter M, Tschan F, Mühlemann K, Candinas D, Beldi G. Adverse effect of noise in the operating theatre on surgical-site infection. The British Journal of Surgery. 2011;98(7):1021-5. doi: 10.1002/bjs.7496.
147. Loison G, Troughton R, Raymond F, Lepelletier D, Lucet JC, Avril C, et al. Compliance with clothing regulations and traffic flow in the operating room: a multi-centre study of staff discipline during surgical procedures. J Hosp Infect. 2017;96(3):281-5. doi: 10.1016/j.jhin.2017.03.026.
148. Albrecht M, Gauthier RL, Belani K, Litchy M, Leaper D. Forced-air warming blowers: an evaluation of filtration adequacy and airborne contamination emissions in the operating room. American Journal of Infection Control. 2011;39(4):321-8. doi: 10.1016/j.ajic.2010.06.011.
149. Sandoval MF, Mongan PD, Dayton MR, Hogan CA. Safety and efficacy of resistive polymer versus forced air warming in total joint surgery. Patient Safety in Surgery. 2017;11:11. doi: 10.1186/s13037-017-0126-0.
150. Diaz-Guerra TM, Mellado E, Cuenca-Estrella M, Gaztelurrutia L, Navarro JIV, Tudela JLR. Genetic similarity among one *Aspergillus flavus* strain isolated from a patient who underwent heart surgery and two environmental strains obtained from the operating room. Journal of Clinical Microbiology. 2000;38(6):2419-22.
151. Dalstrom DJ, Venkatarayappa I, Manternach AL, Palcic MS, Heyse BA, Prayson MJ. Time-dependent contamination of opened sterile operating-room trays. The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume. 2008;90(5):1022-5. doi: 10.2106/JBJS.G.00689.
152. Friberg B, Friberg S, Burman LG. Correlation between surface and air counts of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation: an experimental study. J Hosp Infect. 1999;42(1):61-8. doi: 10.1053/jhin.1998.0542.
153. Paton S, Thompson K-A, Parks SR, Bennett AM. Reaerosolization of spores from flooring surfaces to assess the risk of dissemination and transmission of infections. Applied and Environmental Microbiology. 2015;81(15):4914-9. doi: 10.1128/AEM.00412-15.

### Air et surfaces et risque infectieux chez les patients immunodéprimés

Le risque environnemental fongique est essentiellement lié à l'aspergillose et la pneumocystose [22].

### Considérations générales sur la relation entre présence de micro-organismes dans l'air et sur les surfaces et IAS

Les micro-organismes pour lesquels il existe des preuves convaincantes de survie dans les réservoirs environnementaux sont *Clostridium difficile*, ERV, SARM et *Acinetobacter baumannii*, les norovirus, le virus de la grippe, les coronavirus et différentes espèces de *Candida* tels que rapportés par Hota et al. [105] ainsi que des champignons filamenteux [154].

Le lien entre contrôle microbiologique des surfaces et prévention des IAS reste difficile à mettre en évidence, du fait notamment de l'absence de comparabilité des méthodes, et du manque d'universalité des définitions, sans parler comme déjà cité supra du grand nombre de facteurs de confusion [155]. Pour certains auteurs, ce lien entre environnement et survenue d'IAS existe, même s'il n'est pas toujours direct [156], et si le sens de ce lien n'est pas bien établi [157-159].

De nombreux facteurs de confusion existent et rendent difficiles l'évaluation réelle du rôle de l'environnement ou des surfaces [4, 118, 158, 160-162]. Ainsi, la désinfection des surfaces est transitoire et même un entretien régulier ne garantit

pas la maîtrise d'un niveau bas de micro-organismes [4,163]. De plus, la désinfection n'est pas toujours efficace pour éliminer « la totalité des micro-organismes » [118,164].

Il est rappelé que l'hygiène des mains reste un des facteurs les plus importants dans la prévention des infections [43,159,163,165].

Selon Hota [105], l'estimation du niveau de preuve permettant d'établir un lien entre contamination de l'environnement inanimé (surfaces par exemple) et survenue d'IAS doit prendre en compte quatre facteurs : (1) le degré de contamination de l'environnement par des micro-organismes spécifiques ; (2) la temporalité (par exemple, si l'environnement est contaminé avant ou après la colonisation du patient) ; (3) l'évaluation des facteurs de confusion, tels que l'hygiène des mains et la qualité du nettoyage des surfaces ; et (4) si après vérification des autres actions menées pour maîtriser la diffusion, l'amélioration du nettoyage réduit le risque d'infection du patient.

La surveillance environnementale a un intérêt réel pour *Aspergillus*, chez les patients immunodéprimés tels que les greffés du poumon [110], même si ce champignon n'est pas totalement éliminé par l'entretien des locaux. Sa présence reste le reflet de la contamination de l'air, puisqu'il est facilement remis en suspension. Il faut de plus souligner la grande diversité génétique de *A. fumigatus* isolé chez les patients et dans l'environnement [166,167].

Bonnal *et al.* [110] recommandent une surveillance mycologique environnementale dans les services où se trouvent des patients à haut risque d'aspergillose.

Barbut *et al.* [36] affirment que la surveillance systématique a peu d'intérêt, par rapport à des contrôles ciblés et standardisés.

Pour *Staphylococcus aureus*, la pratique de prélèvements systématiques des patients et des soignants, montre que l'environnement intervient peu dans la transmission qu'il soit résistant ou non à la méticilline [168].

Des études supplémentaires sont nécessaires pour évaluer l'impact de l'entretien des locaux sur la prévention des IAS [155,158,160,163,169-171]. Il en est de même pour certains dispositifs tels que les téléphones mobiles, qui sont contaminés par des micro-organismes [172-175].

Alfa *et al.* [176] ont montré que pour être efficace et diminuer les IAS, la compliance liée à l'entretien des locaux devait être supérieure à 80 %.

La standardisation des prélèvements et la définition de seuils sont une problématique non spécifique aux surfaces des dispositifs médicaux [160,164], même si des guides [2] et des travaux comparant différentes méthodes [177] existent. Il faut également noter un écart entre l'utilisation optimale des désinfectants de surfaces (temps de contact

préconisé par le fabricant...) et l'utilisation réelle sur le terrain, qui diffèrent souvent [155].

Barbut *et al.* [36] concluent que si la maîtrise de l'environnement est indispensable en ES, il n'en demeure pas moins vrai que le rôle de l'environnement dans la survenue d'IAS est difficile à évaluer. La présence de micro-organismes dans l'environnement ne suffit pas à impliquer ce réservoir dans la survenue de l'infection [33,36].

Dans leur guide de 2003, les CDC jugent que les prélèvements réalisés dans le seul but de faire de l'assurance qualité ne sont pas justifiés [33].

#### RÉFÉRENCES

2. CCLin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: CCLin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
4. Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review. *Journal of Hospital Infection*. 2014;86(1):7-15. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.010.
22. Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ? Recommandations formalisées d'experts. *Hygiènes*. 2016;24(5):64 p.
33. Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, *et al.* Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.
36. Barbut F, Neyme D. Les difficultés d'interprétation des contrôles microbiologiques environnementaux. *Revue Francophone des Laboratoires*. 2006;2006(382):27-32.
43. Curtis LT. Prevention of hospital-acquired infections: review of non-pharmacological interventions. *Journal of Hospital Infection*. 2008;69(3):204-19. doi: 10.1016/j.jhin.2008.03.018.
105. Hota B. Contamination, disinfection, and cross-colonization: are hospital surfaces reservoirs for nosocomial infection? *Clin Infect Dis*. 2004;39(8):1182-9. doi: 10.1086/424667.
110. Bonnal C, Leleu C, Brugière O, Chochillon C, Porcher R, Boelle P-Y, *et al.* Relationship between fungal colonisation of the respiratory tract in lung transplant recipients and fungal contamination of the hospital environment. *PLoS One*. 2015;10(12). doi: 10.1371/journal.pone.0144044.
118. Otter JA, Yezli S, French GL. The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2011;32(07):687-99. doi: 10.1086/660363.
154. Dananché C, Gustin MP, Cassier P, Loeffert ST, Thibaudon M, Bénet T, *et al.* Evaluation of hirst-type spore trap to monitor environmental fungal load in hospital. *PLoS One*. 2017;12(5):e0177263. doi: 10.1371/journal.pone.0177263.
155. Han JH, Sullivan N, Leas BF, Pegues DA, Kaczmarek JL, Umscheid CA. Cleaning hospital room surfaces to prevent health care-associated infections: a technical brief. *Annals of Internal Medicine*. 2015;163(8):598. doi: 10.7326/M15-1192.
156. Ibfelt T, Frandsen T, Permin A, Andersen LP, Schultz AC. Test and validation of methods to sample and detect human virus from environmental surfaces using norovirus as a model virus. *Journal of Hospital Infection*. 2016;92(4):378-84. doi: 10.1016/j.jhin.2016.01.003.



157. Dancer SJ. Importance of the environment in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* acquisition: the case for hospital cleaning. *The Lancet infectious diseases*. 2008;8(2):101-13.
158. Goodman ER, Platt R, Bass R, Onderdonk AB, Yokoe DS, Huang SS. Impact of an environmental cleaning intervention on the presence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and vancomycin-resistant enterococci on surfaces in intensive care unit rooms. Infection control and hospital epidemiology: the official journal of the Society of Hospital Epidemiologists of America. 2008;29(7):593-9. doi: 10.1086/588566.
159. Hayden MK, Bonten MJM, Blom DW, Lyle EA, van de Vijver DAMC, Weinstein RA. Reduction in acquisition of vancomycin-resistant enterococcus after enforcement of routine environmental cleaning measures. *Clinical Infectious Diseases*. 2006;42(11):1552-60.
160. Dancer SJ. The role of environmental cleaning in the control of hospital-acquired infection. *Journal of Hospital Infection*. 2009;73(4):378-85. doi: 10.1016/j.jhin.2009.03.030.
161. Pereira SSP, Oliveira HMd, Turrini RNT, Lacerda RA. Disinfection with sodium hypochlorite in hospital environmental surfaces in the reduction of contamination and infection prevention: a systematic review. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. 2015;49(4):0681-8. doi: 10.1590/S0080-623420150000400020.
162. Weber DJ, Rutala WA, Miller MB, Huslage K, Sickbert-Bennett E. Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens: *Norovirus*, *Clostridium difficile*, and *Acinetobacter* species. *American Journal of Infection Control*. 2010;38(5):S25-S33. doi: 10.1016/j.ajic.2010.04.196.
163. Dettenkofer M, Spencer RC. Importance of environmental decontamination—a critical view. *Journal of Hospital Infection*. 2007;65:55-7.
164. Galvin S, Dolan A, Cahill O, Daniels S, Humphreys H. Microbial monitoring of the hospital environment: why and how? *Journal of Hospital Infection*. 2012;82(3):143-51. doi: 10.1016/j.jhin.2012.06.015.
165. Otter JA, Yezli S, Salkeld JAG, French GL. Evidence that contaminated surfaces contribute to the transmission of hospital pathogens and an overview of strategies to address contaminated surfaces in hospital settings. *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5, Supplement):S6-S11. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.004.
166. Menotti J, Waller J, Meunier O, Letscher-Bru V, Herbrecht R, Candolfi E. Epidemiological study of invasive pulmonary aspergillosis in a haematology unit by molecular typing of environmental and patient isolates of *Aspergillus fumigatus*. *Journal of Hospital Infection*. 2005;60(1):61-8. doi: 10.1016/j.jhin.2004.10.009.
167. Loeffert ST, Melloul E, Gustin MP, Hénaff L, Guillot C, Dupont D, et al. Investigation of the relationships between clinical and environmental isolates of *Aspergillus fumigatus* by multiple-locus variable number tandem repeat analysis during major demolition work in a french hospital. *Clin Infect Dis*. 2018. doi: 10.1093/cid/ciy498.
168. Price JR, Cole K, Bexley A, Kostiou V, Eyre DW, Golubchik T, et al. Transmission of *Staphylococcus aureus* between health-care workers, the environment, and patients in an intensive care unit: a longitudinal cohort study based on whole-genome sequencing. *The Lancet Infectious Diseases*. 2017;17(2):207-14. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30413-3.
169. Faires MC, Pearl DL, Ciccotelli WA, Straus K, Zinken G, Berke O, et al. A prospective study to examine the epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Clostridium difficile* contamination in the general environment of three community hospitals in southern Ontario, Canada. *BMC Infectious Diseases*. 2012;12:290. doi: 10.1186/1471-2334-12-290.
170. Donskey CJ. Does improving surface cleaning and disinfection reduce health care-associated infections? *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5):S12-S9. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.010.
171. De Angelis G, Cataldo MA, De Waure C, Venturiello S, La Torre G, Cauda R, et al. Infection control and prevention measures to reduce the spread of vancomycin-resistant enterococci in hospitalized patients: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2014;69(5):1185-92. doi: 10.1093/jac/dkt525.
172. Morvai J, Szabó R. The role of mobile communication devices in the spread of infections. *Orvosi Hetilap*. 2015;156(20):802-7. doi: 10.1556/650.2015.30147.
173. Ulger F, Dilek A, Esen S, Sunbul M, Leblebicioglu H. Are healthcare workers' mobile phones a potential source of nosocomial infections? Review of the literature. *Journal of Infection in Developing Countries*. 2015;9(10):1046-53.
174. Société française d'hygiène hospitalière. Limiter le risque infectieux associé aux claviers et ordinateurs en secteur de soins. *Hygiènes*. 2016;24(6):301-7.
175. Pillet S, Berthelot P, Gagneux-Brunon A, Mory O, Gay C, Viallon A, et al. Contamination of healthcare workers' mobile phones by epidemic viruses. *Clin Microbiol Infect*. 2016;22(5):456.e1-6. doi: 10.1016/j.cmi.2015.12.008.
176. Alfa MJ, Lo E, Olson N, MacRae M, Buelow-Smith L. Use of a daily disinfectant cleaner instead of a daily cleaner reduced hospital-acquired infection rates. *American Journal of Infection Control*. 2015;43(2):141-6. doi: 10.1016/j.ajic.2014.10.016.
177. Méheust D, Le Cann P, Reboux G, Millon L, Gangneux JP. Indoor fungal contamination: health risks and measurement methods in hospitals, homes and workplaces. *Critical Reviews in Microbiology*. 2014;40(3):248-60. doi: 10.3109/1040841X.2013.777687.

### Air et surfaces et *Aspergillus*

En cas d'épidémies à champignons, l'identification de la source environnementale est décrite comme essentielle. Dans ce contexte, les prélèvements d'air et de surface ont toute leur place pour concourir à la maîtrise de l'épidémie [82].

Dans le cas d'une aspergillose qualifiée de nosocomiale [178,179], l'acquisition d'*Aspergillus* peut être communautaire, le diagnostic étant ultérieurement réalisé dans une unité de soins, ou nosocomiale *stricto sensu*. Le réservoir de ce champignon est ubiquitaire (végétaux, condiments secs, cartons...), et sa transmission aéroportée [180].

L'eau peut également être une source de transmission d'aérosols de spores d'*Aspergillus* liée à l'utilisation des douches [90]. Les stratégies récentes d'utilisation large de prophylaxies antifongiques actives sur *Aspergillus* [181,182] font qu'il est actuellement mal aisé d'estimer l'effet propre du traitement de l'air.

Cependant, pour limiter l'exposition des patients, notamment ceux bénéficiant d'une greffe de cellules-souches hématopoïétiques (CSH) allogéniques, aux champignons filamenteux présents dans l'air, il est recommandé de les placer dans un « environnement protégé » [22,183]. Cet environnement comprend, entre autres : une filtration

HEPA, une pression positive et une ventilation adaptée (taux de renouvellement d'air adéquat). D'autres patients à haut risque d'infection fongique tels que les greffés d'organes solides ou les grands brûlés peuvent également bénéficier d'un « environnement protégé ». Il s'agit plus d'un consensus d'experts que de recommandations basées sur un haut niveau de preuves scientifiques [22,183].

Les données de la littérature rapportent alternativement une corrélation entre l'incidence des cas d'aspergillose invasive (AI) et les niveaux de concentration fongique dans l'air au cours de la surveillance, ou bien une absence de lien statistique, notamment dans des secteurs où l'incidence de l'AI est faible comme en néonatalogie. Alberti *et al.* [184], ont réalisé une analyse en série chronologique de 64 cas d'aspergilloses considérés comme nosocomiaux et 12 900 prélèvements d'air ou de surfaces dans 3 services d'hématologie avec ZEM. Ils ont montré des liens significatifs et proportionnels entre l'incidence des cas et la contamination de l'air et des surfaces par *Aspergillus* ou par d'autres champignons filamenteux dans les trois services étudiés, en particulier dans les parties communes des services. Cette corrélation n'est plus significative si les valeurs  $> 2$  UFC/m<sup>3</sup> sont enlevées de l'analyse, ce qui pourrait signifier que la valeur seuil de risque se situe à 2 UFC/m<sup>3</sup>. Dans une étude effectuée sur dix ans, Falvey *et al.* [185] rapportent 48 augmentations transitoires de l'aérobiocontamination et un cas d'aspergillose pouvant y être relié. L'augmentation de la concentration en *Aspergillus* dans les couloirs d'un service semble corrélée à la survenue des cas d'aspergillose dans une étude réalisée pendant quatorze mois, visant à analyser le contexte d'une épidémie d'aspergilloses invasives pendant des travaux de rénovation d'un hôpital [186].

Aucune corrélation entre l'incidence d'AI et le suivi de la contamination environnementale n'a en revanche pu être démontrée dans 2 autres études : Rupp *et al.* [187], en unité de greffe de CSH ; Mahieu *et al.* [188], en néonatalogie. En revanche, le fait de soustraire les patients à risque à une exposition réduit statistiquement le risque d'aspergillose.

Certains auteurs [2,189] et la norme NF S90-351 ont fait des propositions de standardisation de la surveillance fongique de l'environnement. Cette surveillance doit s'intégrer dans une démarche globale de prévention du risque fongique pour les patients immunodéprimés [22,190,191]. En routine, elle permet à la fois un suivi de l'efficacité du traitement de l'air, du respect des pratiques et des circuits (tenue, décartonnage, bionettoyage...).

Enfin, les recommandations relatives à la prévention des risques fongiques liés aux travaux (construction, rénovation...) en ES préconisent la mise en place de mesures de prévention (confinement, renforcement du bionet-

toyage...) et l'évaluation de l'efficacité de ces mesures, entre autres, via des contrôles visuels et mycologiques de l'air et des surfaces [14]. Par ailleurs, les prélèvements d'environnement peuvent être très contributifs ou apporter un éclairage concernant les sources d'*Aspergillus*, y compris la diffusion des souches résistantes aux anti-infectieux azolés [35,167,183,192,193].

## Recommandations R12

### Air et surfaces, *Aspergillus*

**En routine** : dans les secteurs à environnement maîtrisé recevant des patients à risque élevé d'infection fongique, il est recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces pour rechercher les champignons filamenteux pathogènes opportunistes dont *Aspergillus*. (B-3)

**Dès le premier cas d'infection fongique nosocomiale à champignons filamenteux** : dans les secteurs à environnement maîtrisé recevant des patients à risque élevé d'infection fongique, il est fortement recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces pour rechercher le ou les champignon(s) filamenteux en cause. (A-2)

**Lors de travaux pouvant impacter les secteurs à environnement maîtrisé** recevant des patients à risque élevé d'infection fongique, il est recommandé de réaliser des prélèvements d'air et de surfaces dans le cadre de la surveillance des mesures de confinement pour rechercher les champignons filamenteux pathogènes opportunistes dont *Aspergillus*. (B-2)

## Commentaires

Ces recommandations s'appliquent aux patients à risque élevé, tels que définis dans le guide de la SF2H de 2016 *Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ?* [22].

Ces recommandations s'étendent à l'ensemble des champignons filamenteux potentiellement pathogènes.

## RÉFÉRENCES

- CClin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: CClin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
- Société française d'hygiène hospitalière, Société française de mycologie médicale. Risque infectieux fongique et travaux en établissements de santé. Identification du risque et mise en place de mesures de gestion. Hygiènes. 19. Lyon: Société française d'hygiène hospitalière; 2011. p. 1-52.
- Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ?

- Recommandations formalisées d'experts. Hygiènes. 2016;24(5):64 p.
35. Warris A, Gaustad P, Meis JFGM, Voss A, Verweij PE, Abrahamsen TG. Recovery of filamentous fungi from water in a paediatric bone marrow transplantation unit. *Journal of Hospital Infection*. 2001;47(2):143-8. doi: 10.1053/jhin.2000.0876.
82. Warris A, Klaassen CHW, Meis JFGM, De Ruyter MT, De Valk HA, Abrahamsen TG, *et al.* Molecular epidemiology of *Aspergillus fumigatus* isolates recovered from water, air, and patients shows two clusters of genetically distinct strains. *Journal of Clinical Microbiology*. 2003;41(9):4101-6.
90. Anaissie EJ, Stratton SL, Dignani MC, Lee C-k, Summerbell RC, Rex JH, *et al.* Pathogenic molds (including *Aspergillus* species) in hospital water distribution systems: a 3-year prospective study and clinical implications for patients with hematologic malignancies. *Blood*. 2003;101(7):2542-6. doi: 10.1182/blood-2002-02-0530.
167. Loeffert ST, Melloul E, Gustin MP, Hénaff L, Guillot C, Dupont D, *et al.* Investigation of the relationships between clinical and environmental isolates of *Aspergillus fumigatus* by multiple-locus variable number tandem repeat analysis during major demolition work in a french hospital. *Clin Infect Dis*. 2018. doi: 10.1093/cid/ciy498.
178. Nicolle M-C, Benet T, Vanhems P. *Aspergillosis*: nosocomial or community-acquired? *Medical Mycology*. 2011;49(S1):S24-S9. doi: 10.3109/13693786.2010.509335.
179. Bénét T, Voirin N, Nicolle MC, Picot S, Michallet M, Vanhems P. Estimation of the incubation period of invasive *aspergillosis* by survival models in acute myeloid leukemia patients. *Medical Mycology*. 2013;51(2):214-8. doi: 10.3109/13693786.2012.687462.
180. Suleyman G, Alangaden GJ. Nosocomial fungal infections: epidemiology, infection control, and prevention. *Infectious Disease Clinics of North America*. 2016;30(4):1023-52. doi: 10.1016/j.idc.2016.07.008.
181. Cornely OA, Maertens J, Winston DJ, Perfect J, Ullmann AJ, Walsh TJ, *et al.* Posaconazole vs. fluconazole or itraconazole prophylaxis in patients with neutropenia. *The New England Journal of Medicine*. 2007;356(4):348-59. doi: 10.1056/NEJMoa061094.
182. Canadian Agency for Drugs Technologies in Health. Posaconazole for the treatment or prophylaxis of *aspergillosis* or candidiasis: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2016.
183. Patterson TF, Thompson GR, Denning DW, Fishman JA, Hadley S, Herbrecht R, *et al.* Practice guidelines for the diagnosis and management of *Aspergillosis*: 2016 Update by the infectious diseases society of america. *Clin Infect Dis*. 2016;63(4):e1-e60. doi: 10.1093/cid/ciw326.
184. Alberti C, Bouakline A, Ribaud P, Lacroix C, Rousselot P, Leblanc T, *et al.* Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of invasive *aspergillosis* in haematology patients. *J Hosp Infect*. 2001;48(3):198-206. doi: 10.1053/jhin.2001.0998.
185. Falvey DG, Streifel AJ. Ten-year air sample analysis of *Aspergillus* prevalence in a university hospital. *J Hosp Infect*. 2007;67(1):35-41. doi: 10.1016/j.jhin.2007.06.008.
186. Pini G, Faggi E, Donato R, Sacco C, Fanci R. Invasive pulmonary *aspergillosis* in neutropenic patients and the influence of hospital renovation. *Mycoses*. 2008;51(2):117-22. doi: 10.1111/j.1439-0507.2007.01453.x.
187. Rupp ME, Iwen PC, Tyner LK, Marion N, Reed E, Anderson JR. Routine sampling of air for fungi does not predict risk of invasive *aspergillosis* in immunocompromised patients. *J Hosp Infect*. 2008;68(3):270-1. doi: 10.1016/j.jhin.2007.11.017.
188. Mahieu LM, De Dooy JJ, Van Laer FA, Jansens H, Ieven MM. A prospective study on factors influencing *Aspergillus* spore load in the air during renovation works in a neonatal intensive care unit. *J Hosp Infect*. 2000;45(3):191-7. doi: 10.1053/jhin.2000.0773.
189. Gangneux JP, Bousseau A, Cornillet A, Kauffmann-Lacroix C. Maîtrise du risque fongique environnemental dans les établissements de santé. *Journal de Mycologie Médicale*. 2006;16(4):204-11. doi: 10.1016/j.mycmed.2006.10.002.
190. Gangneux J-P, Bretagne S, Cordonnier C, Datry A, Derouin F, Grillot R, *et al.* Prevention of nosocomial fungal infection: the French approach. *Clin Infect Dis*. 2002;35(3):343-6. doi: 10.1086/341318.
191. Hajjeh RA, Warnock DW. Counterpoint: invasive *aspergillosis* and the environment—rethinking our approach to prevention. *Clin Infect Dis*. 2001;33(9):1549-52. doi: 10.1086/322970.
192. van der Linden JWM, Camps SMT, Kampinga GA, Arends JPA, Debets-Ossenkopp YJ, Haas PJA, *et al.* *Aspergillosis* due to voriconazole highly resistant *Aspergillus fumigatus* and recovery of genetically related resistant isolates from domiciles. *Clin Infect Dis*. 2013;57(4):513-20. doi: 10.1093/cid/cit320.
193. Loeffert ST, Hénaff L, Dupont D, Bienvenu AL, Dananché C, Cassier P, *et al.* Prospective survey of azole drug resistance among environmental and clinical isolates of *Aspergillus fumigatus* in a French university hospital during major demolition works. *Journal de Mycologie Médicale*. 2018;28(3):469-72. doi: 10.1016/j.mycmed.2018.05.007.

### Air et *Pneumocystis*

L'acquisition nosocomiale de *Pneumocystis jirovecii* est possible et sa transmission croisée suggérée. Les résultats de la revue de littérature de Yiannakis *et al.* [194] vont dans ce sens. Ces auteurs ont analysé 29 articles, publiés entre 1982 et 2013 rapportant des épidémies de *P. jirovecii* (*cf. infra*). Il s'agissait majoritairement de patients ayant bénéficié d'une greffe d'organe solide (83 % des articles), essentiellement la transplantation rénale. Yiannakis *et al.* [194] ont également synthétisé différentes recommandations de prévention de la transmission croisée.

Les recommandations internationales proposent différentes mesures :

- Recommandation américaine des CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*), 2007 [195] : éviter de placer un patient atteint de pneumocystose dans la même chambre qu'un patient immunodéprimé.
- Recommandations australiennes du NHMRC (*National Health and Medical Research Council*), 2010 [196] : mentionnent que les modalités de la transmission sont incertaines. Le NHMRC recommande l'application des précautions standard.
- Recommandations britanniques du BHIVA (*British HIV Association*), 2011 [197] : mentionnent que les preuves d'acquisition nosocomiale existent mais sont limitées. Il n'y a pas de recommandation concernant la mise en place de précautions contact (« isolation »).
- Recommandations de la SF2H *Prévention de la transmission croisée par voie respiratoire: Air ou Gouttelettes* [198] :

Certains épisodes de transmission croisée de *Pneumocystis jirovecii* à l'hôpital ont été décrits chez des patients immunodéprimés. Ce risque justifie que les patients présentant une pneumocystose active soient hospitalisés en chambre individuelle [198].

- Les recommandations de 2016 de l'ECIL (*European Conference on Infections in Leukaemia*) [199] concernant la prévention de la pneumocystose chez les patients d'hématologie n'abordent que les aspects pharmacologiques (traitement antifongique).

Ainsi, les recommandations internationales n'abordent pas les contrôles microbiologiques et se concentrent sur la prévention de la transmission croisée. Dans le cadre de recherches, certains auteurs ont pu retrouver en PCR *Pneumocystis* dans l'environnement sans pouvoir établir de lien de causalité avec une infection. La recherche de *Pneumocystis* dans l'environnement n'est pas standardisée, car il n'est pas cultivable, et nécessite des moyens (appareils de prélèvement et techniques de biologie moléculaire) peu disponibles en routine.

### Recommandations R13

#### Air et surfaces, *Pneumocystis*

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle d'air et de surfaces pour la recherche de *Pneumocystis*. (E-3)

**En situation épidémique :** il est recommandé de ne pas réaliser de contrôle d'air ni de surfaces pour la recherche de *Pneumocystis*. (D-3)

#### Commentaire

La recherche de *Pneumocystis* est complexe et relève de laboratoires spécialisés d'autant qu'il n'existe pas de norme de recherche ni de technique validée à ce jour.

#### RÉFÉRENCES

194. Yiannakis EP, Boswell TC. Systematic review of outbreaks of *Pneumocystis jirovecii* pneumonia: evidence that *P. jirovecii* is a transmissible organism and the implications for healthcare infection control. *J Hosp Infect.* 2016;93(1):1-8. doi: 10.1016/j.jhin.2016.01.018.
195. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L. 2007 Guideline for isolation precautions: preventing transmission of infectious agents in health care settings. *American Journal of Infection Control.* 2007;35(10 Suppl 2):S65-164. doi: 10.1016/j.ajic.2007.10.007.
196. National Health and Medical Research Council (NHMRC). Australian guidelines for the prevention and control of infection in healthcare. Canberra: NHMRC; 2010.
197. Nelson M, Dockrell D, Edwards S, Subcommittee BG, Angus B, Barton S, et al. British HIV association and british infection

association guidelines for the treatment of opportunistic infection in HIV-seropositive individuals 2011. *HIV medicine.* 2011;12 Suppl 2:1-140. doi: 10.1111/j.1468-1293.2011.00944\_1.x.

198. Société française d'hygiène hospitalière. Prévention de la transmission croisée par voie respiratoire: air ou gouttelettes. *Recommandations pour la pratique clinique. Hygiènes.* 2013;21(1):53 p.

199. Maertens J, Cesaro S, Maschmeyer G, Einsele H, Donnelly JP, Alanio A, et al. ECIL guidelines for preventing *Pneumocystis jirovecii* pneumonia in patients with haematological malignancies and stem cell transplant recipients. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* 2016;71(9):2397-404. doi: 10.1093/jac/dkw157.

#### Air et surfaces, virus

La présence de virus dans l'air est liée à la présence humaine et n'est que transitoire.

La transmission aéroportée, tant communautaire que nosocomiale, de certains virus est bien documentée; c'est par exemple le cas des virus grippaux. Certains virus dont la transmission préférentielle est orofécale peuvent, dans certains cas, se transmettre par aérosols. Ainsi, en communauté, la transmission des virus coxsackievirus-A type-21 par aérosols a été signalée par Couch *et al.*, dès les années 1970, dans leur étude menée sur des volontaires [200].

L'étude de Tseng *et al.* [201], a examiné la possibilité d'une transmission par aérosol de virus, chez des enfants de moins de 18 ans, aux urgences et à l'hôpital de jour.

Filtration et *Polymerase Chain Reaction* (PCR) quantitative ont été utilisées pour recueillir les aérosols viraux. Les virus suivants ont été recherchés: virus de la grippe A (VHA), adénovirus humain (HAdV); entérovirus. Sur les 33 échantillons d'aérosols prélevés aux urgences, 8 (24 %) étaient positifs au VHA, 12 (36 %) à l'HAdV et 5 (15 %) à l'entérovirus. Le HAdV a été détecté à partir de l'aérosol de 26 échantillons prélevés à l'hôpital de jour, mais le VHA et les entérovirus n'ont pas été détectés. Les auteurs concluaient que la surveillance environnementale des virus aéroportés pourrait fournir un indicateur précoce de la présence de virus pathogènes dans l'air des hôpitaux.

L'étude de Bonifait *et al.* [202], visait à détecter et à quantifier les aérosols de norovirus lors d'épidémies survenues dans les ES. Les effets *in vitro* de l'aérosolisation et du prélèvement d'échantillons d'air ont été étudiés sur un norovirus murin. Quarante-huit échantillons d'air ont été prélevés lors d'épidémies de norovirus dans 8 ES. Les échantillons ont été prélevés à 1 m de chaque patient, devant la chambre du patient et au poste de soins infirmiers. La résistance de norovirus au stress d'aérosolisation a également été testée. Des génomes de norovirus ont été détectés dans 6 centres de santé sur 8. Les concentrations variaient de  $1,35 \times 10^1$  à  $2,35 \times 10^3$  génomes/m<sup>3</sup> dans 47 % des échantillons d'air. Le MNV-1 a préservé son infectiosité et son intégrité au cours des études *in vitro* sur les aérosols. Les auteurs concluaient:



« Les génomes de norovirus sont fréquemment détectés dans l'air des établissements de santé lors d'épidémies, même l'extérieur des chambres des patients... ».

### Recommandations R14

#### Air et surfaces, virus

**En routine :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle microbiologique de l'air ou des surfaces pour la recherche de virus. (E-3)

**En situation épidémique :** il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle microbiologique de l'air ou des surfaces pour la recherche de virus. (E-3)

#### Commentaire

À l'hôpital, la mise en évidence de virus dans l'air est une activité de recherche et n'est pas réalisable en routine. Baurès *et al.* [27] ont exploré la présence, par biologie moléculaire, de 3 virus dans l'air de 2 hôpitaux dans 7 types de

local : virus de la grippe, adénovirus et virus respiratoire syncytial. Malgré la réalisation d'une campagne de prélèvement en période épidémique, les virus n'ont été que très rarement retrouvés. La recherche de virus dans l'air nécessite des méthodes particulières de recueil permettant de les capturer en milieu aqueux sur des volumes importants, en limitant le risque d'altération et permettant l'analyse ultérieure par biologie moléculaire.

#### RÉFÉRENCES

27. Baurès E, Blanchard O, Mercier F, Surget E, le Cann P, Rivier A, *et al.* Indoor air quality in two french hospitals: measurement of chemical and microbiological contaminants. *The Science of the Total Environment*. 2018;642:168-79. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.047.
200. Couch RB, Douglas RG, Lindgren KM, Gerone PJ, Knight V. Airborne transmission of respiratory infection with coxsackievirus A type 21. *American Journal of Epidemiology*. 1970;91(1):78-86. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a121115.
201. Tseng C-C, Chang L-Y, Li C-S. Detection of airborne viruses in a pediatrics department measured using real-time qPCR coupled to an air-sampling filter method. *Journal of Environmental Health*. 2010;73(4):22-8.
202. Bonifait L, Charlebois R, Vimont A, Turgeon N, Veillette M, Longtin Y, *et al.* Detection and quantification of airborne norovirus during outbreaks in healthcare facilities. *Clin Infect Dis*. 2015;61(3):299-304. doi: 10.1093/cid/civ321.

## La réalisation de contrôles microbiologiques de l'environnement peut-elle participer à la maîtrise d'une épidémie ?

### Considérations générales sur l'environnement au cours des épidémies

Le guide des CDC de 2004 [33] rappelle que le lien entre environnement et infections est difficile à établir et ne recommande pas les prélèvements en routine mais dans le cadre d'une épidémie.

Le guide écossais de 2014 [55] souligne que le résultat des analyses n'est valable qu'à un instant T. Ceci figure également dans plusieurs articles [44,84,88] ou revues de la littérature [39,203]. Dans leur revue systématique, French *et al.* ont cherché à identifier des mesures de contrôle d'épidémies à entérobactéries productrices de carbapénémases. Les prélèvements d'environnement n'ont été utilisés pour rechercher un réservoir environnemental dans le but de maîtriser l'épidémie que dans moins d'un tiers des cas [204].

La surveillance microbiologique de l'environnement est parfois considérée comme chère et chronophage quand il s'agit de situation non épidémique [95,203]. Dans tous les cas, une évaluation du risque doit être réalisée au préalable [32]. En effet, l'environnement apparaît régulièrement contaminé lors d'épidémies, mais il y a peu d'études qui mettent en évidence une transmission directe du micro-

organisme de l'environnement au patient [4]. Toutefois, Brulet a montré la correspondance entre souches environnementale et clinique pour un cas mortel de légionellose nosocomiale [205].

Au total, les prélèvements d'environnement peuvent être utiles en cas d'épidémie, particulièrement quand elle n'est pas maîtrisée [84,105,107,206].

#### RÉFÉRENCES

4. Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review. *Journal of Hospital Infection*. 2014;86(1):7-15. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.010.
32. HPSC Scientific Advisory Committee. Guidelines for the prevention and control of infection from water systems in healthcare facilities. 2014.
33. Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, *et al.* Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.
39. Ferranti G, Marchesi I, Favale M, Borella P, Bargellini A. Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: a review. *J Med Microbiol*. 2014;63:1247-59. doi: 10.1099/jmm.0.075713-0.

44. Kanamori H, Weber DJ, Rutala WA. Healthcare outbreaks associated with a water reservoir and infection prevention strategies. *Clinical Infectious Diseases*. 2016;62(11):1423-35. doi: 10.1093/cid/ciw122.
55. Health Protection S. HFS, HPS and *Pseudomonas aeruginosa* and Water (Scotland) Group. Guidance for neonatal units (NNUs) (levels 1, 2 & 3), adult and paediatric intensive care units (ICUs) in Scotland to minimise the risk of *Pseudomonas aeruginosa* infection from water. 2014.
84. Tortorano AM, Richardson M, Roilides E, van Diepeningen A, Caira M, Munoz P, et al. ESCMID and ECMM joint guidelines on diagnosis and management of hyalohyphomycosis: *Fusarium* spp., *Scedosporium* spp. and others. *Clinical Microbiology and Infection*. 2014;20:27-46. doi: 10.1111/1469-0691.12465.
88. Litvinov N, da Silva MTN, van der Heijden IM, Graça MG, Marques de Oliveira L, Fu L, et al. An outbreak of invasive fusariosis in a children's cancer hospital. *Clinical Microbiology and Infection*. 2015;21(3):268.e1-e7. doi: 10.1016/j.cmi.2014.09.004.
95. Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malwitz DM, et al. Guidelines for infection control in dental health-care settings—2003. *MMWR Recommendations and reports: morbidity and mortality weekly report recommendations and reports*. 2003;52(RR-17):1-61.
105. Hota B. Contamination, disinfection, and cross-colonization: are hospital surfaces reservoirs for nosocomial infection? *Clin Infect Dis*. 2004;39(8):1182-9. doi: 10.1086/424667.
107. Tacconelli E, Cataldo MA, Dancer SJ, De Angelis G, Falcone M, Frank U, et al. ESCMID guidelines for the management of the infection control measures to reduce transmission of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in hospitalized patients. *Clinical Microbiology and Infection*. 2014;20(Supplement 1):1-55. doi: 10.1111/1469-0691.12427.
203. Otter JA, Mutters NT, Tacconelli E, Gikas A, Holmes AH. Controversies in guidelines for the control of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in EU countries. *Clinical Microbiology and Infection*. 2015;21(12):1057-66. doi: 10.1016/j.cmi.2015.09.021.
204. French CE, Coope C, Conway L, Higgins JPT, McCulloch J, Okoli G, et al. Control of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* outbreaks in acute settings: an evidence review. *Journal of Hospital Infection*. 2017;95(1):3-45. doi: 10.1016/j.jhin.2016.10.006.
205. Brûlet A, Nicolle MC, Giard M, Nicolini FE, Michallet M, Jarraud S, et al. Fatal nosocomial *Legionella pneumophila* infection due to exposure to contaminated water from a washbasin in a hematology unit. *infection control & hospital epidemiology*. 2008;29(11):1091-3. doi: 10.1086/591739.
206. Boyce JM. Environmental contamination makes an important contribution to hospital infection. *Journal of Hospital Infection*. 2007;65:50-4.

### BMR et autres micro-organismes à potentiel épidémique

Kanamori *et al.* [207] se sont intéressés aux surfaces de dispositifs médicaux (DM) et à leur rôle notamment dans des épidémies à *Staphylococcus aureus* résistant à la métilcilline (SARM), *C. difficile* et *Enterococcus* résistant à la Vancomycine (ERV). Ils concluent que les DM sont le support de micro-organismes et que, pour pouvoir les prendre en compte, il faudrait standardiser les méthodes de prélèvements et définir des seuils de contamination.

L'étude de Dancer [157] est une revue de la littérature dont l'objectif était d'estimer la relation entre le nettoyage de l'environnement et la maîtrise de la diffusion des SARM. Cette revue a mis en évidence un lien entre le nettoyage de l'environnement et la maîtrise de la diffusion des SARM. En revanche aucun lien entre propreté visuelle et taux de bactériémie à SARM n'a été mis en évidence.

L'étude de Williams *et al.* [18], non randomisée et de faible puissance, a tenté de répondre directement à la question de l'utilité des contrôles microbiologiques d'environnement. L'objectif était de déterminer si une politique de prélèvement et de fermeture de chambre était plus efficace que le nettoyage et l'inspection visuelle de la chambre dans la prévention de la transmission d'ERV au patient occupant ensuite la chambre. Les chambres des patients consécutifs porteurs d'ERV étaient alternativement prises en charge selon le protocole I (nettoyage et inspection visuelle) ou le protocole II (nettoyage, prélèvement et fermeture de la chambre, en attendant le résultat). Tous les patients suivants admis étaient dépistés par écouvillonnage rectal afin de rechercher la présence d'ERV dans les 24 heures suivant l'admission, 3 à 5 jours après l'admission et jusqu'à la sortie (de la chambre ou du service).

La proportion de patients ayant acquis la même souche d'ERV a été comparée dans les deux groupes. La différence de risque d'acquisition d'ERV était non significative, avec les résultats suivants : protocole I : 1/19 vs Protocole II : 0/12 ; ( $p = 0,99$ ). On notait au moins un prélèvement d'environnement positif dans 57 % (8/14) des chambres bénéficiant du protocole II.

En revanche, l'étude randomisée croisée de Wilson *et al.* [208] n'a porté que sur l'entretien renforcé de l'environnement dans les réanimations de deux établissements et non pas sur le lien entre contrôle d'environnement et IAS. Les auteurs ont alterné trois phases, entretiens standards, entretiens renforcés avec entre ces deux périodes une semaine de « repos ». La procédure renforcée consistait, en plus de celle standard, en deux passages supplémentaires par des agents formés à l'hygiène hospitalière, qui nettoyaient à nouveau l'environnement proche du patient à l'aide d'une microfibre imprégnée d'argent. Les micro-organismes surveillés étaient des bactéries multirésistantes telles que SARM, ERV, entérobactéries productrices de bêta-lactamase à spectre étendu (BLSE), *C. difficile*, *Acinetobacter*. L'efficacité du nettoyage était évaluée hebdomadairement grâce à l'ATP bioluminescence et à des prélèvements sur gélose. Des prélèvements des mains des professionnels étaient également effectués. Les résultats de cette étude ont montré que dans le cas de la procédure renforcée, il y avait une réduction du nombre total de colonies aérobies, particulièrement autour du lit du patient et une diminution du manuyage par les professionnels de santé, mais pas de diminution de l'acquisition de SARM [208].

L'étude d'Anderson *et al.* [5] est une étude randomisée multicentrique, en cluster croisé, menée dans 9 établissements du sud-est américain. Quatre stratégies différentes d'entretien d'une chambre de patient porteur de bactéries multirésistantes ou de *Clostridium difficile* au départ de celui-ci ont été comparées :

- la première dite de référence était : utilisation d'ammoniures quaternaires, ou de javel en présence de *C. difficile* ;
- la deuxième correspondait à la stratégie de référence avec en plus utilisation de lampe UV-C ;
- la troisième stratégie était : utilisation d'eau de javel ;
- la quatrième consistait en une utilisation de javel associée à l'utilisation de lampe UV-C.

Le patient suivant admis dans la chambre cible étant considéré comme exposé. Toutes les stratégies ont été utilisées dans chaque hôpital au cours de quatre périodes consécutives de sept mois. L'assignation des séquences de stratégies était aléatoire. Le critère de jugement était l'incidence des infections/colonisations à tous les micro-organismes cibles chez les patients exposés à SARM, ERV, *A. baumannii* et l'incidence des infections à *C. difficile* chez les patients exposés.

Les résultats étaient les suivants pour l'incidence des infections/colonisations à BMR :

*Référence* : 51,3 cas pour 10 000 jours d'exposition (115 patients avec critère de jugement évalué pour 22 426 jours d'exposition). *Référence + UV* : 33,9 pour 10 000 jours d'exposition (76 patients), (RR = 0,70 ; IC95 [0,50-0,98] ; p = 0,036). *Eau de Javel* : 41,6 pour 10 000 jours d'exposition (101 patients), (RR = 0,85 ; IC95 [0,69-1,04] ; p = 0,116). *Eau de Javel + UV* : 45,6 pour 10 000 jours d'exposition (131 patients), (RR = 0,91 ; IC95 [0,76-1,09] ; p = 0,303).

Les résultats étaient les suivants pour *C. difficile* : *eau de javel*, 31,6 pour 10 000 jours d'exposition (36 patients). *Javel + UV* : 30,4 pour 10 000 jours d'exposition (38 patients), (RR = 1,0 ; IC95 [0,57-1,75] ; p = 0,0997).

Anderson *et al.* [5] ont donc montré l'efficacité d'une désinfection renforcée avec l'utilisation d'UV-C (pour SARM, ERV, *A. baumannii* et *C. difficile*). Ils ont aussi confirmé que la contamination de l'environnement hospitalier est un facteur de risque d'acquisition de micro-organismes multirésistants modifiable par certaines stratégies de désinfection de l'environnement. Toutefois l'amélioration de l'entretien des chambres n'a pas abouti à une diminution significative des taux d'infection à *C. difficile*. Ceci renforce l'idée que l'environnement ne joue peut-être pas un rôle aussi important que suspecté jusque-là dans la transmission de cette bactérie [18,206,209-212]. De plus, Anderson *et al.* [5] concluent que le risque peut être modifié par un entretien poussé de l'environnement et rappellent que l'acquisition et l'infection par des bactéries multirésistantes en ES sont un processus

complexe et plurifactoriel. Cette approche plurifactorielle de la causalité est également évoquée par Boyce [206] et par Dancer [160].

Selon la recommandation 19 de la HIS [66] : les prélèvements d'environnement devraient être envisagés lorsque le mécanisme de transmission des BGN multirésistants est inexpliqué, ou en cas d'épidémie, lorsque l'existence d'une source commune est possible. Recommandation forte. Niveau de preuve 2 (étude d'observation).

Dans leur revue systématique sur la prise en charge des infections et sur le contrôle des mesures de prévention pour réduire la transmission des BGN multirésistants, Tacconelli *et al.* [107] constatent que les prélèvements d'environnement sont très utilisés pour maîtriser une épidémie, mais que leur efficacité reste contestée d'autant qu'il n'y a pas de standardisation des méthodes de prélèvements et d'analyse de ces échantillons. Ce constat est également retrouvé chez Kanamori *et al.* [44] et Han *et al.* [155]. Tacconelli *et al.* [107] considèrent que la qualité des études scientifiques reliant prélèvements d'environnement et réduction de la diffusion des bactéries en période épidémique, est au mieux modérée et ne constitue alors qu'une recommandation « conditionnelle » pour les surfaces en contact avec des patients porteurs de EBLSE, d'*A. baumannii* multirésistants, ou encore de *S. maltophilia*. La recommandation est « faible » en cas de *K. pneumoniae* ou de *P. aeruginosa* multirésistants, voire « très faible » pour *B. cepacia*.

## Recommandations R15

### Air et surfaces, BMR et autres micro-organismes à potentiel épidémique

**En routine** : il est fortement recommandé de ne pas réaliser de contrôle microbiologique de surfaces pour la recherche de ces bactéries. (E-3)

**En situation d'épidémie à BMR, *C. difficile* ou autres bactéries à potentiel épidémique** : il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de surfaces ciblées pour la recherche de ces bactéries. (C-3)

### Commentaire

Ces contrôles microbiologiques de surfaces doivent s'accompagner d'une évaluation des pratiques d'entretien des surfaces.

Dans la recommandation, la notion de bactéries à potentiel épidémique peut être étendue à celle de « micro-organisme »

## RÉFÉRENCES

5. Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF, *et al.* Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the benefits of enhanced terminal room disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *The Lancet*. 2017;389(10071):805-14.
18. Williams VR, Callery S, Vearncombe M, Simor AE. Utility of environmental sampling for the prevention of transmission of vancomycin resistant enterococci (VRE) in hospitals. *The Canadian Journal of Infection Control: the official journal of the community & hospital infection control association-Canada / Revue canadienne de prévention des infections*. 2009;24(2):119-24.
44. Kanamori H, Weber DJ, Rutala WA. Healthcare outbreaks associated with a water reservoir and infection prevention strategies. *Clinical Infectious Diseases*. 2016;62(11):1423-35. doi: 10.1093/cid/ciw122.
66. Wilson APR, Livermore DM, Otter JA, Warren RE, Jenks P, Enoch DA, *et al.* Prevention and control of multi-drug-resistant Gram-negative bacteria: recommendations from a joint working party. *Journal of Hospital Infection*. 2016;92(Supplement 1):S1-S44. doi: 10.1016/j.jhin.2015.08.007.
107. Tacconelli E, Cataldo MA, Dancer SJ, De Angelis G, Falcone M, Frank U, *et al.* ESCMID guidelines for the management of the infection control measures to reduce transmission of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in hospitalized patients. *Clinical Microbiology and Infection*. 2014;20(Supplement 1):1-55. doi: 10.1111/1469-0691.12427.
155. Han JH, Sullivan N, Leas BF, Pegues DA, Kaczmarek JL, Umscheid CA. Cleaning hospital room surfaces to prevent health care-associated infections: a technical brief. *Annals of Internal Medicine*. 2015;163(8):598. doi: 10.7326/M15-1192.
157. Dancer SJ. Importance of the environment in meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* acquisition: the case for hospital cleaning. *The Lancet infectious diseases*. 2008;8(2):101-13.
160. Dancer SJ. The role of environmental cleaning in the control of hospital-acquired infection. *Journal of Hospital Infection*. 2009;73(4):378-85. doi: 10.1016/j.jhin.2009.03.030.
206. Boyce JM. Environmental contamination makes an important contribution to hospital infection. *Journal of Hospital Infection*. 2007;65:50-4.
207. Kanamori H, Parobek CM, Juliano JJ, van Duin D, Cairns BA, Weber DJ, *et al.* A Prolonged Outbreak of KPC-3-Producing *Enterobacter cloacae* and *Klebsiella pneumoniae* driven by multiple mechanisms of resistance transmission at a large academic burn center. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2017;61(2). doi: 10.1128/AAC.01516-16.
208. Wilson APR, Smyth D, Moore G, Singleton J, Jackson R, Gant V, *et al.* The impact of enhanced cleaning within the intensive care unit on contamination of the near-patient environment with hospital pathogens: a randomized crossover study in critical care units in two hospitals. *Critical Care Medicine*. 2011;39(4):651-8. doi: 10.1097/CCM.0b013e318206bc66.
209. Rutala WA, Weber DJ. Monitoring and improving the effectiveness of surface cleaning and disinfection. *American Journal of Infection Control*. 2016;44(5):e69-e76. doi: 10.1016/j.ajic.2015.10.039.
210. Weber DJ, Anderson DJ, Sexton DJ, Rutala WA. Role of the environment in the transmission of *Clostridium difficile* in health care facilities. *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5):S105-S110. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.009.
211. Weber DJ, Anderson D, Rutala WA. The role of the surface environment in healthcare-associated infections. *Current Opinion in Infectious Diseases*. 2013;26(4):338-44. doi: 10.1097/QCO.0b013e3283630f04.
212. Weber DJ, Rutala WA. Self-disinfecting surfaces: review of current methodologies and future prospects. *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5, Supplement):S31-S55. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.005.

## Surfaces et épidémies

Cf. argumentaires relatifs aux paragraphes *Quelle est la contribution des contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces à la prévention des IAS ?* p. 40 et *La réalisation de contrôles microbiologiques de l'environnement peut-elle participer à la maîtrise d'une épidémie ?* p. 51.

## Recommandation R16

## Surfaces, épidémies

**En situation d'épidémie non contrôlée : il est possible de réaliser ou de ne pas réaliser des contrôles microbiologiques de surface dans le cadre de recherche ciblée. (C-3)**

## Commentaires

Néant.

## Investigation d'une épidémie

Une fois une épidémie confirmée, plusieurs articles de la littérature proposent des méthodologies d'investigations que nous résumons ici en deux sous-chapitres [14,213-216].

## Une enquête épidémiologique centrée sur les patients

Permettant :

- d'identifier le cas index,
- de rechercher de manière exhaustive d'autres cas,
- et de cartographier la localisation spatiale des cas, à des fins descriptives mais aussi donnant l'opportunité de suspecter un dysfonctionnement des systèmes de traitement de l'air et/ou d'identifier une source localisée possiblement en rapport avec des travaux.

## Une enquête étiologique microbiologique

Permettant :

- de typer les micro-organismes responsables de l'infection, particulièrement les micro-organismes à haut pouvoir de survie dans l'environnement tels qu'*Acinetobacter baumannii*, *Clostridium difficile*, et éventuellement *Aspergillus fumigatus*, *Pneumocystis jirovecii*, *Fusarium*, les mucorales etc.



- et d'identifier la source potentielle de l'infection par un plan d'échantillonnage qui dépendra des modalités présumées de transmission.

#### RÉFÉRENCES

14. Société française d'hygiène hospitalière, Société française de mycologie médicale. Risque infectieux fongique et travaux en établissements de santé. Identification du risque et mise en place de mesures de gestion. Hygiènes. 19. Lyon: Société française d'hygiène hospitalière; 2011. p. 1-52.
213. Repetto EC, Giacomazzi CG, Castelli F. Hospital-related outbreaks due to rare fungal pathogens: a review of the literature

from 1990 to June 2011. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases: Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology*. 2012;31(11):2897-904. doi: 10.1007/s10096-012-1661-3.

214. Gachie JP. Investigation d'un épisode épidémique. *Hygiènes*. VIII(6):440-4.

215. Antoniadou A. Outbreaks of zygomycosis in hospitals. *Clin Microbiol Infect*. 2009;15 Suppl 5:55-9. doi: 10.1111/j.1469-0691.2009.02982.x.

216. Jarvis WR. Outbreak investigation. *In*: Mayhall CG, editor. *Hospital epidemiology and infection control*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2012.

## Peut-on définir une fréquence argumentée pour les prélèvements de routine ?

### Considérations générales sur la fréquence des prélèvements d'environnement

On trouve peu de fréquences argumentées dans la littérature. Pour proposer une fréquence, il faut disposer d'études comparatives de fréquences, en routine, avec un critère de jugement. Le choix dudit critère est difficile : critère d'efficacité (clinique si possible), critère d'efficience (combinant l'efficacité au coût, y compris le temps nécessaire à la réalisation des prélèvements...).

Dans le *Guide de surveillance de l'environnement des unités de préparation des médicaments radio pharmaceutiques de la Société française de radio pharmacie*, Bruel et al. [217] notent qu'il n'y a pas de texte réglementaire, ni d'obligation en matière de périodicité de prélèvements. Malgré cela ils proposent une fréquence pour les contrôles en radio pharmacie.

#### RÉFÉRENCES

217. Bruel D, Duez C, Ebel-Lao S, Garrigue H, Le Meur C. Guide de surveillance de l'environnement des unités de préparation des médicaments radiopharmaceutiques de la Société française de radiopharmacie. *Le Pharmacien Hospitalier*. 2011;46(1):45-52. doi: 10.1016/j.phhp.2011.01.009.

### Eau, fréquence argumentée pour les prélèvements

Quelques auteurs [30] ou certaines recommandations mentionnent des fréquences à titre indicatif et ne sont pas étayées par des études scientifiques [1,217,218].

Le ministère de la Santé français, dans son guide *Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé de 2002*, précise que les fréquences de prélèvements sont définies en fonction d'objectifs précis pour des zones définies : en pratique en établissant avec le Clin un plan d'échantillonnage pour le cadre réglementaire ou la démarche qualité, ou de façon ponctuelle en cas d'épi-

démie, ou encore avant et après des travaux, voire dans un aspect pédagogique. Mais il n'y a pas d'éléments bibliographiques spécifiques [1].

Il est rappelé dans ce document qu'aucune fréquence réglementaire n'est fixée pour l'eau du réseau de l'ES destinée à la consommation humaine, mais qu'une fréquence minimale annuelle d'un contrôle bactériologique par tranches de 100 lits et par an est proposée pour l'ensemble des points d'usage de l'établissement, avec un minimum de 4 par an pour les établissements de moins de 400 lits. De même, une fréquence d'une fois par trimestre est recommandée pour les points considérés comme critiques pour les eaux pour soins standard, une fois par an pour les eaux des fontaines réfrigérantes et les machines à glaçon alimentaire, une fois par trimestre pour les eaux bactériologiquement maîtrisées (sauf si des filtres à usage unique sont utilisés pour son obtention et que cette pratique a été validée).

Ceci est repris en 2005 dans le guide *L'eau dans les établissements de santé*, où il est précisé qu'aucune fréquence de contrôle n'est fixée par la réglementation à l'exception de celle pour les légionelles (hors champ de ce travail) [21].

Le guide anglais sur la prévention et le contrôle des IAS liées à l'eau propose d'établir une fréquence de prélèvement en fonction d'audit et d'évaluation du risque pour les eaux, à l'exception des eaux chaudes (légionelles) [32].

#### Recommandation R17

#### Eau, fréquence des contrôles

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbiologiques de l'eau en raison de l'absence de données publiées.

## Commentaire

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement de santé, procéder à sa propre analyse de risques en groupe pluridisciplinaire pour définir la fréquence des contrôles microbiologiques de l'eau.

### RÉFÉRENCES

1. Direction générale de la santé. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins Comité technique national des infections nosocomiales. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé - Air eaux et surfaces. Direction générale de la Santé; 2002.
21. Ministère de la Santé et des Solidarités. L'eau dans les établissements de santé - Guide technique: ministère de la Santé et des Solidarités; 2005. 115 p.
30. Squinazi F. Eau du réseau dans les établissements de santé: maîtrise des risques infectieux hydriques. Médecine et Maladies Infectieuses. 2000;30:431.
32. HPSC Scientific Advisory Committee. Guidelines for the prevention and control of infection from water systems in healthcare facilities. 2014.
217. Bruel D, Duez C, Ebel-Lao S, Garrigue H, Le Meur C. Guide de surveillance de l'environnement des unités de préparation des médicaments radiopharmaceutiques de la Société française de radiopharmacie. Le Pharmacien Hospitalier. 2011;46(1):45-52. doi: 10.1016/j.phhp.2011.01.009.
218. Société française de pharmacie clinique. Référentiel de pharmacie hospitalière. Version 2010. Grenoble/Saint Denis: Société française de pharmacie clinique. Haute Autorité de santé; 2011.

## Eau et unités dentaires, fréquence des contrôles

À propos de la fréquence de surveillance de l'eau des unités dentaires, aucune recommandation n'est donnée [25,95].

### Recommandation R18

#### Eau, fréquence des contrôles, unités dentaires

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbiologiques de l'eau des unités dentaires en raison de l'absence de données publiées.

### Commentaire

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement, procéder à sa propre analyse de risques en groupe pluridisciplinaire.

### RÉFÉRENCES

25. Ministère de la Santé et des Solidarités DGS. Guide de prévention des infections liées aux soins en chirurgie dentaire et en stomatologie. Paris: 2006.
95. Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ,

Malvitz DM, et al. Guidelines for infection control in dental health-care settings—2003. MMWR Recommendations and reports: morbidity and mortality weekly report recommendations and reports. 2003;52(RR-17):1-61.

## Eau et pharmacie hospitalière, fréquence des prélèvements

Les eaux relevant de la pharmacopée européenne (eau purifiée, eau PPI, eau pour dilution des solutions concentrées pour hémodialyse) sont exclues de ce guide.

Les eaux pour soins standard et bactériologiquement maîtrisées ne relèvent pas de la pharmacopée européenne.

Dans le référentiel de la pharmacie hospitalière de l'HAS [218], il est écrit que « *la surveillance physicochimique et microbiologique de la qualité de l'eau est définie (fréquence des prélèvements, lieux de prélèvements et contrôles à réaliser) en collaboration avec le Clin* ». Il s'agit là d'une démarche d'assurance qualité.

Ce document ne comporte pas d'élément bibliographique pour répondre aux questions posées.

Dans le guide de surveillance de l'environnement des unités de préparation des médicaments radio pharmaceutiques de la Société française de radio pharmacie, Bruel et al. [217] évoquent les référentiels non opposables, émanant notamment de CCLin.

### Recommandation R19

#### Eau, fréquence des contrôles pharmacie hospitalière

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbiologiques de l'eau en pharmacie hospitalière en raison de l'absence de données publiées.

### Commentaire

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement, procéder à sa propre analyse de risques en groupe pluridisciplinaire.

### RÉFÉRENCES

217. Bruel D, Duez C, Ebel-Lao S, Garrigue H, Le Meur C. Guide de surveillance de l'environnement des unités de préparation des médicaments radiopharmaceutiques de la Société française de radiopharmacie. Le Pharmacien Hospitalier. 2011;46(1):45-52. doi: 10.1016/j.phhp.2011.01.009.
218. Société française de pharmacie clinique. Référentiel de pharmacie hospitalière. Version 2010. Grenoble/Saint Denis: Société française de pharmacie clinique. Haute Autorité de santé; 2011.

### Air et surfaces, fréquence argumentée pour les prélèvements

Aucune donnée argumentée n'est disponible dans la littérature.

Dans le guide *Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé* [1], concernant les prélèvements de surfaces, il est mentionné, qu'il « *est essentiel d'éviter une inflation d'analyses inutiles* ». Par conséquent ces prélèvements ne doivent pas être réalisés en routine en dehors du cadre spécifique d'une démarche qualité.

### Recommandation R20

#### Air et surfaces, fréquence des contrôles

**En routine :** il n'est pas possible de proposer une fréquence argumentée pour les contrôles microbiologiques de l'air et des surfaces en raison de l'absence de données publiées.

#### Commentaire

Dans le cadre d'une démarche qualité structurée de l'établissement, procéder à sa propre analyse de risques en groupe pluridisciplinaire.

#### RÉFÉRENCES

1. Direction générale de la santé. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins Comité technique national des infections nosocomiales. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé - Air eaux et surfaces. Direction générale de la Santé; 2002.



## Conclusions

Les contrôles microbiologiques d'environnement en établissements de santé réalisés en routine peuvent participer à la prévention des infections associées aux soins à condition qu'ils s'intègrent dans une démarche de type PDCA.

Cette démarche pourra répondre aux exigences de la certification des établissements de santé pour certains éléments d'investigation obligatoires et situations à risque dans les thématiques « Gestion du risque infectieux » et « Gestion de l'air » (Manuel de certification HAS V2014, Version février 2018).

Ainsi, avant de mettre en place des contrôles de l'environnement en routine, il est indispensable de réfléchir à une stratégie de surveillance adaptée à l'établissement de santé concerné et à l'analyse de risque effectuée préalablement. Cette réflexion est capitale pour contenir le budget alloué à cette surveillance tout en obtenant des données exploitables et utiles à la démarche d'assurance qualité. En effet, en dehors des contrôles réglementaires, la démarche concernera essentiellement les zones à environnement maîtrisé où il existe un risque infectieux associé à l'environnement ; du fait du type de patients hébergés (secteurs protégés) ou des actes réalisés (bloc opératoire, salle de radiologie interventionnelle) ou un risque de contamination à partir de l'environnement des produits préparés ou des dispositifs médicaux (certaines zones des pharmacies, de laboratoires [médecine nucléaire], des lactariums, stérilisation...).

Cette démarche d'assurance qualité concernant la maîtrise de l'environnement hospitalier passe par des contrôles de processus qui permettent de s'assurer du bon fonctionnement technique des installations, de la qualité du bionettoyage et du respect de comportements adaptés.

La définition d'une stratégie des contrôles de l'environnement en routine en établissement de santé implique des prérequis :

- une connaissance de l'établissement (systèmes de traitement d'air, réseaux d'eau sanitaire, zones et activités à risque...) mais également des modes d'exposition des patients (aérosolisation, contacts cutanéomuqueux, manuportage...) et des facteurs de risques individuels des patients (immunodéprimés, brûlés...),
- une analyse de risques qui prend en compte notamment les sources de dangers (contraintes architecturales, pertinence des matériaux, défauts de conception, de réalisation, de maintenance, réalisation de travaux, comportement des utilisateurs, dysfonctionnements possibles des installations techniques...), la nature des dangers (réservoirs potentiels de micro-organismes en lien avec les sources de danger) ainsi que leur ampleur,
- un plan d'échantillonnage élaboré en tenant compte des points critiques identifiés,
- des objectifs de résultat précis pour chaque prélèvement, avec des niveaux de maîtrise (cible, alerte et action) définis et permettant l'interprétation des résultats,
- une méthodologie rigoureuse et standardisée depuis les modalités de prélèvement jusqu'à l'interprétation des résultats en passant par les techniques d'analyse [2],
- une conduite à tenir en cas de non-conformité par rapport aux objectifs fixés, avec une analyse de cause structurée, adaptée à chaque type de contrôle environnemental, qui permette de rechercher les causes racines des non-conformités répétitives.

Concernant les bactéries à Gram négatif multirésistantes, les preuves du bénéfice des prélèvements d'environnement sont limitées, et comme mentionné dans l'article de

Wilson *et al.* [66], il est évident que « *le prélèvement, en lui-même, ne limitera pas la transmission de ces bactéries multi-résistantes* ». Il faut de plus, prendre en compte le coût et le temps associés à ces prélèvements [33].

Au total, le plan de maîtrise des risques infectieux liés à l'environnement sera élaboré après avoir effectué une analyse de risque conduisant à une classification des divers locaux.

Ce diagnostic pluriprofessionnel prendra en compte : la réglementation, les activités, la vulnérabilité des patients, les installations existantes, les résultats des prélèvements antérieurs, les maintenances préventives. Le plan de prévention devra définir, pour chaque type de contrôle environnemental, les points critiques (plan d'échantillonnage) à surveiller.

En apportant des éléments contribuant à la connaissance de l'écologie environnementale de l'établissement de santé, les contrôles de l'environnement en routine permettent d'identifier des risques potentiels ou des défaillances techniques (sources de contamination) et leurs résultats sont à analyser en fonction des zones concernées,

des activités et des personnes exposées. Ils permettent aussi de suivre la démarche qualité en tant qu'indicateurs de résultats à condition que ces points de contrôle soient judicieusement choisis et constants.

Dans le contexte d'alerte épidémique ou de situation à risque épidémique, les prélèvements environnementaux peuvent contribuer, selon les germes, au contrôle et à l'application de mesures de prévention appropriées.

#### RÉFÉRENCES

2. CCLin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: CCLin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
33. Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, *et al.* Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.
66. Wilson APR, Livermore DM, Otter JA, Warren RE, Jenks P, Enoch DA, *et al.* Prevention and control of multi-drug-resistant Gram-negative bacteria: recommendations from a joint working party. *Journal of Hospital Infection.* 2016;92(Supplement 1):S1-S44. doi: 10.1016/j.jhin.2015.08.007.







# Annexe I

## Critères de causalité

### Postulats de Koch

Il s'agit des règles en faveur de la causalité dans le cadre d'une association entre un micro-organisme et une pathologie. Elles ont été initialement formulées pour établir l'étiologie de la tuberculose (1884), puis redéfinies et publiées par Koch en 1890 :

- le micro-organisme doit être retrouvé chez tous les hôtes affectés par la maladie ;
- le micro-organisme doit être isolé à partir de l'hôte malade et cultivé en dehors de lui dans un milieu adéquat ;
- le micro-organisme ainsi cultivé doit provoquer la maladie chez un animal sain ;
- le micro-organisme doit pouvoir être ré-isolé à partir de cet animal rendu malade par l'inoculation [219].

Même si ces postulats restent valables pour les pathogènes stricts, une mise à jour a été nécessaire en raison de l'existence d'infections causées par des pathogènes opportunistes, de l'évolution des connaissances (rôle des micro-organismes dans la survenue des cancers, par exemple) et des progrès de la biologie moléculaire. Ainsi, « [...] le séquençage à haut débit a ouvert des portes qui rendent caduque la vision de Koch [...] » [220].

#### RÉFÉRENCES

219. Debru C, Le Moal M. La causalité dans les sciences biologiques et médicales. Faut-il connaître les causes pour comprendre et intervenir ? sciences Ad, editor. Les Ulis: EDP Sciences; 2017. 128 p.
220. Kaiser L, Calandra T. Infectiologie et postulats de Koch Rev Med Suisse. 2015;11:847-8.

### Critères de Bradford Hill

Dès 1740, David Hume, dans son ouvrage *A treatise of human nature, Traité de la nature humaine* (Livre I: l'entendement) propose des règles pour juger des relations de cause à effet [221-223].

En 1843 John Stuart Mill mentionne quelques « critères » de causalité dans son ouvrage *A System of Logic* [224,225].

En 1965, Austin Bradford Hill (Sir) les adapte et formule une série de critères [20].

Ces critères sont, par ordre d'importance :

- la temporalité,
- la force de l'association,
- la relation dose-effet,
- la plausibilité biologique,
- la répétabilité,
- la spécificité de l'association,
- la possibilité de vérification expérimentale,
- la cohérence,
- l'analogie.

D'autres épidémiologistes ont mené des travaux sur la causalité, en particulier Mervyn Susser [226]. Signalons enfin, que la méthode GRADE s'intéresse aussi aux critères de Bradford-Hill [227].

#### RÉFÉRENCES

20. Hill AB. The environment and disease: association or causation? Proc R Soc Med. 1965;58:295-300. PubMed PMID: 14283879; PubMed Central PMCID: PMCPMC1898525.
221. Hume D. Traité de la nature humaine. Paris: Flammarion; 1991.
222. Hume D, Baranger P, Saltel P. L'entendement Livre I et appendice trad. par Philippe Baranger et Philippe Saltel présentation, notes, index par Philippe Saltel. Paris: Flammarion; 1995. 433 p.
223. Hume D, Selby-Bigge LA. A Treatise of human nature reprinted from the original edition in three volumes, and edited, with an analytical index, by L.A. Selby-Bigge. Oxford: Clarendon press; 1896. XXIII-709 p.
224. Mill JS. A system of logic. 1843.
225. Mill JS. Système de logique déductive et inductive: exposé des principes de la preuve et des méthodes de recherche scientifique ([Reprod. en fac-sim.]) / John Stuart Mill; trad. sur la 6<sup>e</sup> éd. anglaise par Louis Peisse; [introd. à l'éd. de 1988 par Marc Dominicy]. Liège: P. Mardaga; 1866.
226. Susser M. Causal thinking in the health sciences: concepts and strategies of epidemiology: Oxford University Press; 1973. 208 p.
227. Schunemann H, Hill S, Guyatt G, Akl EA, Ahmed F. The Grade approach and Bradford Hill's criteria for causation. J Epidemiol Community Health. 2011;65(5):392-5. doi: 10.1136/jech.2010.119933. PubMed PMID: 20947872.

## Annexe II

# Contrôles microbiologiques de l'environnement et assurance qualité (AQ)

L'AQ apparaît dans le sommaire du guide de 2016 du Cclin Sud-Ouest [2] relatif à la surveillance microbiologique de l'environnement :

- rappel sur la démarche d'assurance qualité, page 13
- accréditation des laboratoires d'analyses environnementales, page 14
- cycle de vie d'une accréditation, page 16.

Quant à la qualification/requalification, elles y figurent aussi :

- tableau 15, figure 12
- pages 8, 21, 22...

### RÉFÉRENCES

2. Cclin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: Cclin Sud-Ouest; 2016. 125 p.

## Annexe III

# NFS 90-351 (Version du 6 avril 2013)

La norme *Établissements de santé - Zones à environnement maîtrisé - Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée* [228] précise les exigences de sécurité sanitaire pour la conception, la construction, l'exploitation, la maintenance, le contrôle et l'utilisation des installations de traitement et de maîtrise de la qualité de l'air dans les établissements de santé.

Pour mémoire (extrait de la norme elle-même) :

- Destinée à *servir de base dans les relations* entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux
- Par nature **d'application volontaire**, seule une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme
- Document élaboré par consensus au sein d'un organisme de normalisation
- Formes verbales « doit et doivent » utilisées pour exprimer une ou des *exigences à respecter pour se conformer à la norme*
- Expressions « il convient et il est recommandé » utilisées pour exprimer une *possibilité préférée mais non exigée* pour se conformer à la norme
- Formes verbales « peut et peuvent » utilisées pour exprimer *une suggestion ou un conseil* utiles mais non obligatoires, ou une autorisation

Ainsi restent des propositions :

- « Le Tableau 12 (Proposition de classes de risques en fonction de l'activité) propose à titre d'exemple une correspondance de classe de risque en fonction des types d'activité identifiés dans les établissements de santé. Ce tableau n'est pas exhaustif et ne se substitue pas à une analyse de risque et à la prise en compte des recommandations des sociétés savantes ».
- « Dans les établissements de santé, les exigences de maîtrise de la contamination diffèrent selon l'activité concernée. Des valeurs-guides concernant le niveau de performance sont proposées en fonction de la classe de risque définie par l'utilisateur dans les Tableaux 16 et 17 (Valeurs-guides de performance en fonction du niveau de risque) ».

#### RÉFÉRENCES

228. AFNOR. Norme NF S90-351. Établissements de santé - Zones à environnement maîtrisé - Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée: AFNOR; 2013. 68 p.

# Annexe IV

## Réglementations, normes et recommandations

Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive, mais uniquement des éléments ayant été consultés (cités ou non dans ce document) lors de la rédaction de ce travail.

### Réglementations et normes françaises

#### Réglementations

[1,15,21,25,31,67,229-231]

#### IAS

231. Ministère de l'Emploi et de la Solidarité- Comité technique des infections nosocomiales. 100 recommandations pour la surveillance et la prévention des infections nosocomiales. 2<sup>e</sup> édition. Ministère de l'emploi et de la solidarité 1999. 121 p.

25. Ministère de la Santé et des Solidarités DGS. Guide de prévention des infections liées aux soins en chirurgie dentaire et en stomatologie. Paris: 2006.

31. Haut Conseil de la santé publique. Société française d'hygiène hospitalière. Surveiller et prévenir les infections associées aux soins. 2010. 175 p.

67. Direction générale de la santé. Instruction DGOS/PF2/DGS/RI1 no 2014-08 du 14 janvier 2014 relative aux recommandations pour la prévention de la transmission croisée des bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes. France: ministère des Affaires sociales et de la Santé; 2014. 77 p.

#### PHARMACOPÉE

229. Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. Pharmacopée française, 11<sup>e</sup> édition. 2016.

#### ENVIRONNEMENT

1. Direction générale de la santé. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins Comité technique national des infections nosocomiales. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé - Air eaux et surfaces. Direction générale de la Santé; 2002.

#### EAUX

230. République française. Décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles. JO du 22 décembre 2001.

21. Ministère de la Santé et des Solidarités. L'eau dans les établissements de santé - Guide technique: ministère de la Santé et des Solidarités; 2005. 115 p.

#### ENDOSCOPIE

15. Ministère des Solidarités et de la Santé. Instruction N° DGOS/PF2/DGS/VVS1/PP3/2018/195 du 2 août 2018 relative à l'actualisation du traitement des endoscopes souples thermosensibles à canaux de type duodénolescope au sein des structures de soins. 2018.

#### Normes, guides, recommandations

[2,14,15,21,22,25,31,33,121,174,195,198,217,218, 228,231-233]

#### NORMES

233. AFNOR. Norme NF EN ISO 16266 - Qualité de l'eau - Détection et dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* - Méthode par filtration sur membrane: AFNOR; 2008.

228. AFNOR. Norme NF S90-351. Établissements de santé - Zones à environnement maîtrisé - Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée: AFNOR; 2013. 68 p.

232. ASPEC. Salle blanche et salle propre: guide technique.

#### GUIDES, RECOMMANDATIONS

14. Société française d'hygiène hospitalière, Société française de mycologie médicale. Risque infectieux fongique et travaux en établissements de santé. Identification du risque et mise en place de mesures de gestion. Hygiènes. 19. Lyon: Société française d'hygiène hospitalière; 2011. p. 1-52.

198. Société française d'hygiène hospitalière. Prévention de la transmission croisée par voie respiratoire: air ou gouttelettes. Recommandations pour la pratique clinique. Hygiènes. 2013;21(1):53 p.

121. Société française d'hygiène hospitalière. Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels. Hygiènes. 2015;23(2):58 p.

22. Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés? Recommandations formalisées d'experts. Hygiènes. 2016;24(5):64 p.

174. Société française d'hygiène hospitalière. Limiter le risque infectieux associé aux claviers et ordinateurs en secteur de soins. Hygiènes. 2016;24(6):301-7.

et ordinateurs en secteur de soins. Hygiènes. 2016;24(6):301-7.

195. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L. 2007 Guideline for isolation precautions: preventing transmission of infectious agents in health care settings. American Journal of Infection Control. 2007;35(10 Suppl 2):S65-164. doi: 10.1016/j.ajic.2007.10.007.

217. Bruel D, Duez C, Ebel-Lao S, Garrigue H, Le Meur C. Guide de surveillance de l'environnement des unités de préparation des médicaments radiopharmaceutiques de la Société française de radiopharmacie. Le Pharmacien Hospitalier. 2011;46(1):45-52. doi: 10.1016/j.phhp.2011.01.009.

2. Cclin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé: Cclin Sud-Ouest; 2016. 125 p.

218. Société française de pharmacie clinique. Référentiel de pharmacie hospitalière. Version 2010. Grenoble/Saint Denis: Société française de pharmacie clinique. Haute Autorité de santé; 2011.

## Recommandations étrangères, guides

### IAS

[6-10,13,84,95,107,182,183,196,197,203,234, 235]

95. Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malvitz DM, *et al.* Guidelines for infection control in dental health-care settings—2003. *MMWR Recommendations and reports: morbidity and mortality weekly report recommendations and reports.* 2003;52(RR-17):1-61.

33. Sehulster LM, Chinn RY, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, *et al.* Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.

195. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L. 2007 Guideline for isolation precautions: preventing transmission of infectious agents in health care settings. *American Journal of Infection Control.* 2007;35(10 Suppl 2):S65-164. doi: 10.1016/j.ajic.2007.10.007.

196. National Health and Medical Research Council (NHMRC). Australian guidelines for the prevention and control of infection in healthcare. Canberra: NHMRC; 2010.

197. Nelson M, Dockrell D, Edwards S, Subcommittee BG, Angus B, Barton S, *et al.* British HIV association and british infection association guidelines for the treatment of opportunistic infection in HIV-seropositive individuals 2011. *HIV medicine.* 2011;12 Suppl 2:1-140. doi: 10.1111/j.1468-1293.2011.00944\_1.x.

13. Infection Control & Hospital Epidemiology. Special topic issue: the role of the environment in infection prevention. *Infection Control & Hospital Epidemiology.* 2013;34(5):449-542.

84. Tortorano AM, Richardson M, Roilides E, van Diepeningen A, Caira M, Munoz P, *et al.* ESCMID and ECMM joint guidelines on diagnosis and management of hyalohyphomycosis: *Fusarium* spp., *Scedosporium* spp. and others. *Clinical Microbiology and Infection.* 2014;20:27-46. doi: 10.1111/1469-0691.12465.

234. Arendrup MC, Boekhout T, Akova M, Meis JF, Cornely OA, Lortholary O, *et al.* ESCMID and ECMM joint clinical guidelines for the diagnosis and management of rare invasive yeast infections. *Clinical Microbiology and Infection.* 2014;20:76-98. doi: 10.1111/1469-0691.12360.

235. Loveday HP, Wilson JA, Pratt RJ, Golsorkhi M, Tingle A, Bak A, *et al.* epic3: national evidence-based guidelines for preventing healthcare-associated infections in NHS hospitals in England. *Journal of Hospital Infection.* 2014;86:S1-S70.

107. Tacconelli E, Cataldo MA, Dancer SJ, De Angelis G, Falcone M, Frank U, *et al.* ESCMID guidelines for the management of the infection control measures to reduce transmission of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in hospitalized patients. *Clinical Microbiology and Infection.* 2014;20(Supplement 1):1-55. doi: 10.1111/1469-0691.12427.

203. Otter JA, Mutters NT, Tacconelli E, Gikas A, Holmes AH. Controversies in guidelines for the control of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in EU countries. *Clinical Microbiology and Infection.* 2015;21(12):1057-66. doi: 10.1016/j.cmi.2015.09.021.

6. Allegranzi B, Bischoff P, de Jonge S, Kubilay NZ, Zayed B, Gomes SM, *et al.* New WHO recommendations on preoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases.* 2016;16(12):e276-e87. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30398-X.

7. Allegranzi B, Zayed B, Bischoff P, Kubilay NZ, de Jonge S, de Vries F, *et al.* New WHO recommendations on intraoperative and

postoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases.* 2016;16(12):e288-e303. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30402-9.

182. Canadian Agency for Drugs Technologies in Health. Posaconazole for the treatment or prophylaxis of *aspergillosis* or candidiasis: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2016.

183. Patterson TF, Thompson GR, Denning DW, Fishman JA, Hadley S, Herbrecht R, *et al.* Practice guidelines for the diagnosis and management of *Aspergillosis*: 2016 Update by the infectious diseases society of america. *Clin Infect Dis.* 2016;63(4):e1-e60. doi: 10.1093/cid/ciw326.

9. Ban KA, Minei JP, Laronga C, Harbrecht BG, Jensen EH, Fry DE, *et al.* American College of Surgeons and Surgical Infection Society: surgical site infection guidelines, 2016 Update. *Journal of the American College of Surgeons.* 2017;224(1):59-74. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2016.10.029.

8. Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, Leas B, Stone EC, Kelz RR, *et al.* Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAMA surgery.* 2017. doi: 10.1001/jamasurg.2017.0904.

10. World Health Organization (WHO). Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities. Geneva: WHO World Health Organization; 2017. 74 p.

### EAUX

[10,16,32,92]

10. World Health Organization (WHO). Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities. Geneva: WHO World Health Organization; 2017. 74 p.

16. Conseil de l'Europe. EDQM. Direction européenne de la qualité du médicament. Pharmacopée européenne, 9<sup>e</sup> édition. 2017.

32. HPSC Scientific Advisory Committee. Guidelines for the prevention and control of infection from water systems in healthcare facilities. 2014.

92. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality. 4<sup>th</sup> ed. Geneva: World Health Organization; 2011. 541 p.

### AIR, SURFACES

[139,199,236]

139. Hoffman PN, Williams J, Stacey A, Bennett AM, Ridgway GL, Dobson C, *et al.* Microbiological commissioning and monitoring of operating theatre suites. *J Hosp Infect.* 2002;52(1):1-28.

199. Maertens J, Cesaro S, Maschmeyer G, Einsele H, Donnelly JP, Alanio A, *et al.* ECIL guidelines for preventing *Pneumocystis jirovecii* pneumonia in patients with haematological malignancies and stem cell transplant recipients. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* 2016;71(9):2397-404. doi: 10.1093/jac/dkw157.

236. Chang CC, Ananda-Rajah M, Belcastro A, McMullan B, Reid A, Dempsey K, *et al.* Consensus guidelines for implementation of quality processes to prevent invasive fungal disease and enhanced surveillance measures during hospital building works, 2014. *Internal Medicine Journal.* 2014;44(12b):1389-97. doi: 10.1111/imj.12601.

## Annexe V

# Éléments de stratégie de recherche de la littérature

### Bases consultées

#### En anglais

- PubMed  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
- ScienceDirect  
<https://www.sciencedirect.com/>
- Scopus  
<https://www.scopus.com/home.uri>
- Google scholar  
<https://scholar.google.fr/>
- Cochrane library  
<https://www.cochranelibrary.com/>
- Clinicaltrials.gov  
<https://clinicaltrials.gov/>
- OpenGrey et Greynet  
<http://www.opengrey.eu/>  
<http://www.greynet.org/opengreyrepository.html>

#### En français :

- Istex (INIST, CNRS)  
<https://www.istex.fr/>
- Bibliothèque interuniversitaire de Santé  
<http://www.biusante.parisdescartes.fr/chercher/articles/index.php>
- BDSP  
<http://www.bdsp.ehesp.fr/>
- Nosobase  
<http://nosobase.chu-lyon.fr/>

### Mots-clés associés

environment\* ; air ; airborne ; water ; waterborne ; surfaces ; cleaning ; disinfection ; colonisation ; nosocomial infection ; cross infection ; outbreak ; sampling ; environmental sampling ; surveillance ; environmental surveillance ; routine surveillance ; bacteria\* ; gram negative bacteria ; Pseudomonas ; multi-drug-resistant bacteria ; MDR ; mycobacter\* ; fungi, fungal ; aspergil\* ; pneumocystis ; virus ; viral ; \*virus ; norovirus ; hospital ward ; operating room ; intensive care unit ; hematology ; dental unit ; immunocompromised patient ; comparative study ; before-after study ; observational study ; cohort ; case-control ; cluster randomized clinical trial ; causality ; guidelines ; report







## Références

1. Direction générale de la santé. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins Comité technique national des infections nosocomiales. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé - Air eaux et surfaces. Direction générale de la Santé; 2002.
2. Cclin Sud-Ouest. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé. Cclin Sud-Ouest; 2016. 125 p.
3. Haute Autorité de santé - Service des bonnes pratiques professionnelles. Élaboration de recommandations de bonne pratique : méthode « Recommandations pour la pratique clinique ». Haute Autorité de santé; 2010 ; mise à jour : mars 2016. 27 p.
4. Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review. *Journal of Hospital Infection*. 2014;86(1):7-15. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.010.
5. Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF, et al. Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the benefits of enhanced terminal room disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *The Lancet*. 2017;389(10071):805-14.
6. Allegranzi B, Bischoff P, de Jonge S, Kubilay NZ, Zayed B, Gomes SM, et al. New WHO recommendations on preoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases*. 2016;16(12):e276-e87. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30398-X.
7. Allegranzi B, Zayed B, Bischoff P, Kubilay NZ, de Jonge S, de Vries F, et al. New WHO recommendations on intraoperative and postoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *The Lancet Infectious Diseases*. 2016;16(12):e288-e303. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30402-9.
8. Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, Leas B, Stone EC, Kelz RR, et al. Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAMA surgery*. 2017. doi: 10.1001/jamasurg.2017.0904.
9. Ban KA, Minei JP, Laronga C, Harbrecht BG, Jensen EH, Fry DE, et al. American College of Surgeons and Surgical Infection Society: surgical site infection guidelines, 2016 Update. *Journal of the American College of Surgeons*. 2017;224(1):59-74. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2016.10.029.
10. World Health Organization (WHO). Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities. Geneva: WHO World Health Organization; 2017. 74 p.
11. Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, Kunz R, Vist G, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 1. Introduction—GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2011;64(4):383-94. doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.04.026.
12. Weber DJ, Rutala WA. Environmental issues and nosocomial infection. chapter 19. In: Wenzel RP, editor. *Prevention and control of nosocomial infection*. 2<sup>nd</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993. p. 420-49.
13. Infection Control & Hospital Epidemiology. Special topic issue: the role of the environment in infection prevention. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2013;34(5):449-542.
14. Société française d'hygiène hospitalière, Société française de mycologie médicale. Risque infectieux fongique et travaux en établissements de santé. Identification du risque et mise en place de mesures de gestion. Hygiènes. 19. Lyon: Société française d'hygiène hospitalière; 2011. p. 1-52.
15. Ministère des Solidarités et de la Santé. Instruction N° DGOS/PF2/DGS/VVS1/PP3/2018/195 du 2 août 2018 relative à l'actualisation du traitement des endoscopes souples thermosensibles à canaux de type duodélescope au sein des structures de soins. 2018.
16. Conseil de l'Europe. EDQM. Direction européenne de la qualité du médicament. Pharmacopée européenne, 9<sup>e</sup> édition. 2017.
17. Haute Autorité de santé. Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé. Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. 2000.
18. Williams VR, Callery S, Vearncombe M, Simor AE. Utility of environmental sampling for the prevention of transmission of vancomycin resistant enterococci (VRE) in hospitals. *The Canadian Journal of Infection Control: the official journal of the community & hospital infection control association-Canada / Revue canadienne de prévention des infections*. 2009;24(2):119-24.
19. Pearl J. *Causality: Models, Reasoning and Inference*. 2<sup>nd</sup> edition ed. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press; 2009. 484 p.
20. Hill AB. The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med*. 1965;58:295-300. PubMed PMID: 14283879; PubMed Central PMCID: PMCPMC1898525.
21. Ministère de la Santé et des Solidarités. L'eau dans les établissements de santé - Guide technique: ministère de la Santé et des Solidarités; 2005. 115 p.
22. Société française d'hygiène hospitalière. Quelles mesures pour maîtriser le risque infectieux chez les patients immunodéprimés ? Recommandations formalisées d'experts. *Hygiènes*. 2016;24(5):64 p.
23. Rogues AM, Boulestreau H, Lashéras A, Boyer A, Gruson D, Merle C, et al. Contribution of tap water to patient colonisation with *Pseudomonas aeruginosa* in a medical intensive care unit. *J Hosp Infect*. 2007;67(1):72-8. doi: 10.1016/j.jhin.2007.06.019.
24. Saiman L, Siegel JD, LiPuma JJ, Brown RF, Bryson EA, Chambers MJ, et al. Infection prevention and control guideline for cystic fibrosis: 2013 update. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35 Suppl 1:S1-S67. doi: 10.1086/676882.
25. Ministère de la Santé et des Solidarités DGS. Guide de prévention des infections liées aux soins en chirurgie dentaire et en stomatologie. Paris: 2006.

26. Berthelot P, Grattard F, Mahul P, Pain P, Jospé R, Venet C, *et al.* Prospective study of nosocomial colonization and infection due to *Pseudomonas aeruginosa* in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Medicine*. 2001;27(3):503-12. doi: 10.1007/s001340100870.
27. Baurès E, Blanchard O, Mercier F, Surget E, le Cann P, Rivier A, *et al.* Indoor air quality in two french hospitals: measurement of chemical and microbiological contaminants. *The Science of the Total Environment*. 2018;642:168-79. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.047.
28. Anaissie EJ, Penzak SR, Dignani MC. The hospital water supply as a source of nosocomial infections: a plea for action. *Archives of Internal Medicine*. 2002;162(13):1483-92. doi: 10.1001/archinte.162.13.1483.
29. Kizny Gordon AE, Mathers AJ, Cheong EYL, Gottlieb T, Kotay S, Walker AS, *et al.* The hospital water environment as a reservoir for carbapenem-resistant organisms causing hospital-acquired infections-A systematic review of the literature. *Clin Infect Dis*. 2017;64(10):1435-44. doi: 10.1093/cid/cix132.
30. Squinazi F. Eau du réseau dans les établissements de santé: maîtrise des risques infectieux hydriques. *Médecine et Maladies Infectieuses*. 2000;30:431.
31. Haut Conseil de la santé publique. Société française d'hygiène hospitalière. Surveiller et prévenir les infections associées aux soins. 2010. 175 p.
32. HPSC Scientific Advisory Committee. Guidelines for the prevention and control of infection from water systems in healthcare facilities. 2014.
33. Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, *et al.* Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2004.
34. Floret N, Bertrand X, Thouverez M, Talon D. Infections nosocomiales à *Pseudomonas aeruginosa*: origine exogène ou endogène de la bactérie responsable? *Pathologie Biologie*. 2009;57(1):9-12. doi: 10.1016/j.patbio.2008.07.011.
35. Warris A, Gaustad P, Meis JFGM, Voss A, Verweij PE, Abrahamsen TG. Recovery of filamentous fungi from water in a paediatric bone marrow transplantation unit. *Journal of Hospital Infection*. 2001;47(2):143-8. doi: 10.1053/jhin.2000.0876.
36. Barbut F, Neyme D. Les difficultés d'interprétation des contrôles microbiologiques environnementaux. *Revue Francophone des Laboratoires*. 2006;2006(382):27-32.
37. Engelhart S, Krizek L, Glasmacher A, Fischnaller E, Marklein G, Exner M. *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a haematology-oncology unit associated with contaminated surface cleaning equipment. *Journal of Hospital Infection*. 2002;52(2):93-8. doi: 10.1053/jhin.2002.1279.
38. Venier AG, Leroyer C, Slekovec C, Talon D, Bertrand X, Parer S, *et al.* Risk factors for *Pseudomonas aeruginosa* acquisition in intensive care units: a prospective multicentre study. *Journal of Hospital Infection*. 2014;88(2):103-8. doi: 10.1016/j.jhin.2014.06.018.
39. Ferranti G, Marchesi I, Favale M, Borella P, Bargellini A. Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: a review. *J Med Microbiol*. 2014;63:1247-59. doi: 10.1099/jmm.0.075713-0.
40. Decker BK, Palmore TN. Waterborne pathogen detection: more than just «location, location, location...». *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35:130-1.
41. Cristina ML, Spagnolo AM, Casini B, Baggiani A, Del Giudice P, Brusaferrò S, *et al.* The impact of aerators on water contamination by emerging gram-negative opportunists in at-risk hospital departments. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35(2):122-9. doi: 10.1086/674863. PubMed PMID: 24442072.
42. Capelletti RV, Moraes AM. Waterborne microorganisms and biofilms related to hospital infections: strategies for prevention and control in healthcare facilities. *J Water Health*. 2016;14:52-67. doi: 10.2166/wh.2015.037.
43. Curtis LT. Prevention of hospital-acquired infections: review of non-pharmacological interventions. *Journal of Hospital Infection*. 2008;69(3):204-19. doi: 10.1016/j.jhin.2008.03.018.
44. Kanamori H, Weber DJ, Rutala WA. Healthcare outbreaks associated with a water reservoir and infection prevention strategies. *Clinical Infectious Diseases*. 2016;62(11):1423-35. doi: 10.1093/cid/ciw122.
45. Bloomfield S, Exner M, Flemming H-C, Goroncy-Bermes P, Hartemann P, Heeg P, *et al.* Lesser-known or hidden reservoirs of infection and implications for adequate prevention strategies: Where to look and what to look for. *GMS Hygiene and Infection Control*. 2015;10. doi: 10.3205/dgkh000247.
46. Cohen R, Babushkin F, Cohen S, Afraimov M, Shapiro M, Uda M, *et al.* A prospective survey of *Pseudomonas aeruginosa* colonization and infection in the intensive care unit. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 2017;6:7. doi: 10.1186/s13756-016-0167-7.
47. Cohen R, Babushkin F, Shimoni Z, Cohen S, Litig E, Shapiro M, *et al.* Water faucets as a source of *Pseudomonas aeruginosa* infection and colonization in neonatal and adult intensive care unit patients. *American Journal of Infection Control*. 2017;45(2):206-9. doi: 10.1016/j.ajic.2016.05.029.
48. Cuttelod M, Senn L, Terletskiy V, Nahimana I, Petignat C, Eggimann P, *et al.* Molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in intensive care units over a 10-year period (1998-2007). *Clinical Microbiology and Infection*. 2011;17(1):57-62. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03164.x.
49. Trautmann M, Lepper PM, Haller M. Ecology of *Pseudomonas aeruginosa* in the intensive care unit and the evolving role of water outlets as a reservoir of the organism. *American Journal of Infection Control*. 2005;33(5):S41-S9. doi: 10.1016/j.ajic.2005.03.006.
50. D'Alessandro D, Nusca A, Napoli C. Are liquids an efficient vehicle of healthcare associated infections? A review of reported cases in Italy (2000-2014). *Annali Di Igiene: Medicina Preventiva E Di Comunità*. 2016;28(6):416-31.
51. Cholley P, Thouverez M, Floret N, Bertrand X, Talon D. The role of water fittings in intensive care rooms as reservoirs for the colonization of patients with *Pseudomonas aeruginosa*. *Intensive Care Medicine*. 2008;34(8):1428-33. doi: 10.1007/s00134-008-1110-z.
52. Garvey MI, Bradley CW, Wilkinson MAC, Bradley C, Holden E. Engineering waterborne *Pseudomonas aeruginosa* out of a critical care unit. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2017;220(6):1014-9. doi: 10.1016/j.ijheh.2017.05.011.
53. Abdouchakour F, Dupont C, Grau D, Aujoulat F, Mournetas P, Marchandin H, *et al.* Clonal selections of *Pseudomonas aeruginosa* and *Achromobacter* sp. lead to successive colonization waves of water contamination in dental care units. *Applied and Environmental Microbiology*. 2015;AEM.01279-15. doi: 10.1128/AEM.01279-15.
54. Wright LL, Turton JF, Livermore DM, Hopkins KL, Woodford N. Dominance of international 'high-risk clones' among metallo- $\beta$ -lactamase-producing *Pseudomonas aeruginosa* in the UK. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2015;70(1):103-10. doi: 10.1093/jac/dku339.
55. Health Protection S. HFS, HPS and *Pseudomonas aeruginosa* and Water (Scotland) Group. Guidance for neonatal units (NNUs) (levels 1, 2 & 3), adult and paediatric intensive care units (ICUs) in Scotland to minimise the risk of *Pseudomonas aeruginosa* infection from water. 2014.

56. Exner M, Kramer A, Lajoie L, Gebel J, Engelhart S, Hartemann P. Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities. *Am J Infect Control*. 2005;33:526-40.
57. Lefebvre A, Bertrand X, Quantin C, Vanhems P, Lucet JC, Nuemi G, et al. Association between *Pseudomonas aeruginosa* positive water samples and healthcare-associated cases: nine-year study at one university hospital. *J Hosp Infect*. 2017;96(3):238-43. doi: 10.1016/j.jhin.2016.12.007.
58. Lefebvre A, Quantin C, Vanhems P, Lucet JC, Bertrand X, Astruc K, et al. Impact of new water systems on healthcare-associated colonization or infection with *Pseudomonas aeruginosa* 2016 [updated 2016; cited 11]. Doc12].
59. Squier C, Yu VL, Stout JE. Waterborne nosocomial infections. *Current Infectious Disease Reports*. 2000;2(6):490-6.
60. Lucero CA, Cohen AL, Trevino I, Rupp AH, Harris M, Forkan-Kelly S, et al. Outbreak of *Burkholderia cepacia* complex among ventilated pediatric patients linked to hospital sinks. *American Journal of Infection Control*. 2011;39:775.
61. Nseir S, Di Pompeo C, Brisson H, Dewavrin F, Tissier S, Diarra M, et al. Intensive care unit-acquired *Stenotrophomonas maltophilia*: incidence, risk factors, and outcome. *Critical Care*. 2006;10(5):R143. doi: 10.1186/cc5063.
62. Waite TD, Georgiou A, Abrishami M, Beck CR. Pseudo-outbreaks of *Stenotrophomonas maltophilia* on an intensive care unit in England. *J Hosp Infect*. 2016;92(4):392-6. doi: 10.1016/j.jhin.2015.12.014.
63. Guyot M, Vanhems P, Dananché C, Perraud M, Regard A, Hulin M, et al. Outbreak of pulmonary *Pseudomonas aeruginosa* and *Stenotrophomonas maltophilia* infections related to contaminated bronchoscope suction valves, Lyon, France, 2014. *Euro Surveill*: Bulletin européen sur les maladies transmissibles/European Communicable Disease Bulletin. 2016;21(28). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.28.30286.
64. Guyot A, Turton JF, Garner D. Outbreak of *Stenotrophomonas maltophilia* on an intensive care unit. *J Hosp Infect*. 2013;85(4):303-7. doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.007.
65. Sakhnini E, Weissmann A, Oren I. Fulminant *Stenotrophomonas maltophilia* soft tissue infection in immunocompromised patients: an outbreak transmitted via tap water. *The American Journal of the Medical Sciences*. 2002;323(5):269-72.
66. Wilson APR, Livermore DM, Otter JA, Warren RE, Jenks P, Enoch DA, et al. Prevention and control of multi-drug-resistant Gram-negative bacteria: recommendations from a joint working party. *Journal of Hospital Infection*. 2016;92(Supplement 1):S1-S44. doi: 10.1016/j.jhin.2015.08.007.
67. Direction générale de la santé. Instruction DGOS/PF2/DGS/RI1 no 2014-08 du 14 janvier 2014 relative aux recommandations pour la prévention de la transmission croisée des bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes. France: ministère des Affaires sociales et de la Santé; 2014. 77 p.
68. Couderc C, Carbone A, Thiolet JM, Brossier F, Savey A, Bernet C, et al. Infections à mycobactéries atypiques liées à des soins esthétiques en France, 2001-2010. *Médecine et Maladies Infectieuses*. 2011;41(7):379-83. doi: 10.1016/j.medmal.2011.02.007.
69. Astagneau P, Desplaces N, Vincent V, Chicheportiche V, Botherel A-H, Maugat S, et al. *Mycobacterium xenopi* spinal infections after discovetbral surgery: investigation and screening of a large outbreak. *The Lancet*. 2001;358(9283):747-51. doi: 10.1016/S0140-6736(01)05843-3.
70. Desplaces N, Dinh V, Mamoudy P, Leonard P, Vincent V, Dautzenberg B. *Mycobacterium xenopi* spondylitis after spinal surgery in ten patients. *Tubercle and Lung Disease*. 1994;75:71-2.
71. Fernandez-Rendon E, Cerna-Cortes JF, Ramirez-Medina MA, Helguera-Repetto AC, Rivera-Gutierrez S, Estrada-Garcia T, et al. *Mycobacterium mucogenicum* and other non-tuberculous mycobacteria in potable water of a trauma hospital: a potential source for human infection. *J Hosp Infect*. 2012;80(1):74-6. doi: 10.1007/s40572-016-0086-z.
72. Falkinham JO. Current epidemiologic trends of the nontuberculous mycobacteria (NTM). *Current Environmental Health Reports*. 2016;3(2):161-7. doi: 10.1007/s40572-016-0086-z.
73. Phillips MS, von Reyn CF. Nosocomial infections due to nontuberculous mycobacteria. *Clin Infect Dis*. 2001;33(8):1363-74. doi: 10.1086/323126.
74. Griffith DE, Aksamit T, Brown-Elliott BA, Catanzaro A, Daley C, Gordin F, et al. An official ATS/IDSA statement: diagnosis, treatment, and prevention of nontuberculous mycobacterial diseases. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2007;175(4):367-416. doi: 10.1164/rccm.200604-571ST.
75. Li T, Abebe LS, Cronk R, Bartram J. A systematic review of waterborne infections from nontuberculous mycobacteria in health care facility water systems. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2017;220(3):611-20. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.12.002.
76. Baker AW, Lewis SS, Alexander BD, Chen LF, Wallace RJ, Brown-Elliott BA, et al. Two-phase hospital-associated outbreak of *Mycobacterium abscessus*: investigation and mitigation. *Clin Infect Dis*. 2017;64(7):902-11. doi: 10.1093/cid/ciw877.
77. European Centre for Disease Prevention and Control. *Mycobacterium chimaera* infection potentially associated with cardiac surgery, new rapid risk assessment. European Centre for Disease Prevention and Control. 2015.
78. Sax H, Bloemberg G, Hasse B, Sommerstein R, Kohler P, Achermann Y, et al. Prolonged outbreak of *Mycobacterium chimaera* infection after open-chest heart surgery. *Clin Infect Dis*. 2015;61(1):67-75. doi: 10.1093/cid/civ198.
79. van Ingen J, Kohl TA, Kranzer K, Hasse B, Keller PM, Katarzyna Szafrńska A, et al. Global outbreak of severe *Mycobacterium chimaera* disease after cardiac surgery: a molecular epidemiological study. *The Lancet Infectious Diseases*. 2017;17(10):1033-41. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30324-9.
80. Williamson D, Howden B, Stinear T. *Mycobacterium chimaera* spread from heating and cooling units in heart surgery. *New England Journal of Medicine*. 2017;376(6):600-2. doi: 10.1111/1469-0691.12465.
81. Ogunremi T, Taylor G, Johnston L, Amaratunga K, Muller M, Coady A, et al. Infections à *Mycobacterium chimaera* chez les patients en phase post-opératoire exposés à des échangeurs thermiques : un aperçu. *RMTC*. 2017;43:5.
82. Warris A, Klaassen CHW, Meis JFGM, De Ruyter MT, De Valk HA, Abrahamsen TG, et al. Molecular epidemiology of *Aspergillus fumigatus* isolates recovered from water, air, and patients shows two clusters of genetically distinct strains. *Journal of Clinical Microbiology*. 2003;41(9):4101-6.
83. Hedayati MT, Mayahi S, Movahedi M, Shokohi T. Study on fungal flora of tap water as a potential reservoir of fungi in hospitals in Sari city, Iran. *Journal of Medical Mycology*. 2011;21:10.
84. Tortorano AM, Richardson M, Roilides E, van Diepeningen A, Caira M, Munoz P, et al. ESCMID and ECMM joint guidelines on diagnosis and management of hyalohyphomycosis: *Fusarium* spp., *Scedosporium* spp. and others. *Clinical Microbiology and Infection*. 2014;20:27-46. doi: 10.1111/1469-0691.12465.



85. Kauffmann-Lacroix C, Bousseau A, Dalle F, Brenier-Pinchart MP, Delhaes L, Machouart M, *et al.* Surveillance mycologique de l'eau pour la prévention des mycoses invasives dans les établissements de santé : propositions de standardisation des méthodologies. La Presse Médicale. 2008;37(5, Part 1):751-9.
86. Sheffer PJ, Stout JE, Wagener MM, Muder RR. Efficacy of new point-of-use water filter for preventing exposure to *Legionella* and waterborne bacteria. American Journal of Infection Control. 2005;33(5 Suppl 1):S20-5. doi: 10.1016/j.ajic.2005.03.012.
87. Sautour M, Edel-Hermann V, Steinberg C, Sixt N, Laurent J, Dalle F, *et al.* *Fusarium* species recovered from the water distribution system of a French university hospital. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2012;215(3):286-92. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.11.003.
88. Litvinov N, da Silva MTN, van der Heijden IM, Graça MG, Marques de Oliveira L, Fu L, *et al.* An outbreak of invasive fusariosis in a children's cancer hospital. Clinical Microbiology and Infection. 2015;21(3):268.e1-e7. doi: 10.1016/j.cmi.2014.09.004.
89. Freije MR. Formulating a risk reduction strategy for waterborne pathogens in hospital water systems. American Journal of Infection Control. 2005;33(5):S50-S3. doi: 10.1016/j.ajic.2005.04.004.
90. Anaissie EJ, Stratton SL, Dignani MC, Lee C-k, Summerbell RC, Rex JH, *et al.* Pathogenic molds (including *Aspergillus* species) in hospital water distribution systems: a 3-year prospective study and clinical implications for patients with hematologic malignancies. Blood. 2003;101(7):2542-6. doi: 10.1182/blood-2002-02-0530.
91. Schvoerr E, Bonnet F, Dubois V, Rogues AM, Gachie JP, Lafon ME, *et al.* A hospital outbreak of gastroenteritis possibly related to the contamination of tap water by a small round structured virus. J Hosp Infect. 1999;43(2):149-54. doi: 10.1053/jhin.1999.0632.
92. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality. 4<sup>th</sup> ed. Geneva: World Health Organization; 2011. 541 p.
93. Blake GC. The Incidence and control of bacterial infection in dental spray reservoirs. Brit Dent J. 1963;115(10):413-16.
94. Clark A. Bacterial colonization of dental units and the nasal flora of dental personnel. Proc R Soc Med. 1974;67(12 Pt 1):1269-70. PubMed PMID: 4615327; PubMed Central PMCID: PMCPMC1645876.
95. Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malvitz DM, *et al.* Guidelines for infection control in dental health-care settings—2003. MMWR Recommendations and reports: morbidity and mortality weekly report recommendations and reports. 2003;52(RR-17):1-61.
96. Pankhurst CL, Coulter WA. Do contaminated dental unit waterlines pose a risk of infection? Journal of Dentistry. 2007;35(9):712-20. doi: 10.1016/j.jdent.2007.06.002.
97. Petti S. Healthcare outbreaks associated with dental unit water systems: strong scientific evidence of minimal risk. Clinical Infectious Diseases. 2016;63(9):1270-. doi: 10.1093/cid/ciw534.
98. Barbot V, Robert A, Rodier M-H, Imbert C. Update on infectious risks associated with dental unit waterlines. FEMS Immunology & Medical Microbiology. 2012;65(2):196-204. doi: 10.1111/j.1574-695X.2012.00971.x.
99. Ricci ML, Fontana S, Pinci F, Fiumana E, Pedna MF, Farolfi P, *et al.* Pneumonia associated with a dental unit waterline. The Lancet. 2012;379(9816):684. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60074-9.
100. Lizon J, Florentin A, Martrette J-M, Rivier A, Clement C, Rabaud C. Microbial control of dental unit water: feedback on different disinfection methods experience. American Journal of Infection Control. 2016;44(2):247-9. doi: 10.1016/j.ajic.2015.08.029.
101. Kotay S, Chai W, Guilford W, Barry K, Mathers AJ. Spread from the sink to the patient: *in situ* study using green fluorescent protein (GFP)-expressing *Escherichia coli* to model bacterial dispersion from hand-washing sink-trap reservoirs. Applied and Environmental Microbiology. 2017;83(8). doi: 10.1128/AEM.03327-16.
102. Lalancette C, Charron D, Laferrière C, Dolcé P, Déziel E, Prévost M, *et al.* Hospital drains as reservoirs of *Pseudomonas aeruginosa*: multiple-locus variable-number of tandem repeats analysis genotypes recovered from faucets, sink surfaces and patients. Pathogens. 2017;6(3). doi: 10.3390/pathogens6030036.
103. Clarivet B, Grau D, Jumas-Bilak E, Jean-Pierre H, Pantel A, Parer S, *et al.* Persisting transmission of carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* due to an environmental reservoir in a university hospital, France, 2012 to 2014. Euro Surveillance: Bulletin européen sur les maladies transmissibles/European Communicable Disease Bulletin. 2016;21(17). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.17.30213.
104. Gbaguidi-Haore H, Varin A, Cholley P, Thouverez M, Hocquet D, Bertrand X. A bundle of measures to control an outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* associated with p-trap contamination. Infect Control Hosp Epidemiol. 2018;39(2):164-9. doi: 10.1017/ice.2017.304.
105. Hota B. Contamination, disinfection, and cross-colonization: are hospital surfaces reservoirs for nosocomial infection? Clin Infect Dis. 2004;39(8):1182-9. doi: 10.1086/424667.
106. Leitner E, Zarfel G, Luxner J, Herzog K, Pekard-Amenitsch S, Hoenigl M, *et al.* Contaminated Handwashing sinks as the source of a clonal outbreak of kpc-2-producing *Klebsiella oxytoca* on a hematology ward. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 2015;59(1):714-6. doi: 10.1128/AAC.04306-14.
107. Tacconelli E, Cataldo MA, Dancer SJ, De Angelis G, Falcone M, Frank U, *et al.* ESCMID guidelines for the management of the infection control measures to reduce transmission of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in hospitalized patients. Clinical Microbiology and Infection. 2014;20(Supplement 1):1-55. doi: 10.1111/1469-0691.12427.
108. Alijanipour P, Karam J, Llinás A, Vince KG, Zalavras C, Austin M, *et al.* Operative environment. The Journal of Arthroplasty. 2014;29(2 Suppl):49-64. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.031.
109. Lidwell OM, Lowbury EJ, Whyte W, Blowers R, Stanley SJ, Lowe D. Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: the relationship to sepsis rates. J Hosp Infect. 1983;4(2):111-31.
110. Bonnal C, Leleu C, Brugière O, Chochillon C, Porcher R, Boelle P-Y, *et al.* Relationship between fungal colonisation of the respiratory tract in lung transplant recipients and fungal contamination of the hospital environment. PLoS One. 2015;10(12). doi: 10.1371/journal.pone.0144044.
111. Armadans-Gil L, Rodríguez-Garrido V, Campins-Martí M, Gil-Cuesta J, Vaqué-Rafart J. Particle counting and microbiological air sampling: results of the simultaneous use of both procedures in different types of hospital rooms. Enfermedades Infecciosas Y Microbiología Clínica. 2013;31(4):217-21. doi: 10.1016/j.eimc.2012.01.005.
112. Meneguetti MG, Ferreira LR, Silva MFI, Silva ASd, Bellissimo-Rodrigues F. Assessment of microbiological air quality in hemato-oncology units and its relationship with the occurrence of invasive fungal infections: an integrative review. Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical. 2013;46(4):391-6. doi: 10.1590/0037-8682-0022-2013.

113. Birgand G, Toupet G, Rukly S, Antoniotti G, Deschamps MN, Lepelletier D, *et al.* Air contamination for predicting wound contamination in clean surgery: a large multicenter study. *American Journal of Infection Control.* 2015;43(5):516-21. doi: 10.1016/j.ajic.2015.01.026.
114. Beggs C, Knibbs LD, Johnson GR, Morawska L. Environmental contamination and hospital-acquired infection: factors that are easily overlooked. *Indoor Air.* 2015;25(5):462-74. doi: 10.1111/ina.12170.
115. Nseir S, Blazejewski C, Lubret R, Wallet F, Courcol R, Durocher A. Risk of acquiring multidrug-resistant Gram-negative bacilli from prior room occupants in the intensive care unit. *Clin Microbiol Infect.* 2011;17(8):1201-8. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03420.x.
116. Salgado CD, Sepkowitz KA, John JF, Cantey JR, Attaway HH, Freeman KD, *et al.* Copper surfaces reduce the rate of healthcare-acquired infections in the intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2013;34(5):479-86. doi: 10.1086/670207.
117. Datta R, Platt R, Yokoe DS, Huang SS. Environmental cleaning intervention and risk of acquiring multidrug-resistant organisms from prior room occupants. *Archives of Internal Medicine.* 2011;171(6):491-4. doi: 10.1001/archinternmed.2011.64.
118. Otter JA, Yezli S, French GL. The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens. *Infection Control & Hospital Epidemiology.* 2011;32(07):687-99. doi: 10.1086/660363.
119. Chauveaux D. Preventing surgical-site infections: measures other than antibiotics. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR.* 2015;101(1 Suppl):S77-83. doi: 10.1016/j.otsr.2014.07.028.
120. Gangneux JP, Bougnoux ME, Hennequin C, Godet C, Chandener J, Denning DW, *et al.* An estimation of burden of serious fungal infections in France. *Journal de mycologie medicale.* 2016;26(4):385-90. doi: 10.1016/j.mycmed.2016.11.001.
121. Société française d'hygiène hospitalière. Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels. *Hygiènes.* 2015;23(2):58 p.
122. Deming WE. *Out of the Crisis.* Reprint ed. Cambridge, Mass.: MIT Press; 2000. 522 p.
123. Devenish EA, Miles AA. Control of *Staphylococcus aureus* in an operating-theatre. *The Lancet.* 1939;233(6037):1088-94.
124. Berkelman RL, Martin D, Graham DR, Mowry J, Freisem R, Weber JA, *et al.* Streptococcal wound infections caused by a vaginal carrier. *JAMA.* 1982;247(19):2680-2.
125. McIntyre DM. An epidemic of *Streptococcus pyogenes* puerperal and postoperative sepsis with an unusual carrier site-the anus. *American Journal of Obstetrics and Gynecology.* 1968;101(3):308-14.
126. Schaffner W, Lefkowitz LB, Goodman JS, Koenig MG. Hospital outbreak of infections with group a streptococci traced to an asymptomatic anal carrier. *The New England Journal of Medicine.* 1969;280(22):1224-5. doi: 10.1056/NEJM196905292802209.
127. Stamm WE, Feeley JC, Facklam RR. Wound infections due to group A streptococcus traced to a vaginal carrier. *The Journal of Infectious Diseases.* 1978;138(3):287-92.
128. Lidwell OM, Elson RA, Lowbury EJ, Whyte W, Blowers R, Stanley SJ, *et al.* Ultraclean air and antibiotics for prevention of postoperative infection. A multicenter study of 8,052 joint replacement operations. *Acta Orthopaedica Scandinavica.* 1987;58(1):4-13.
129. Bischoff P, Kubilay NZ, Allegranzi B, Egger M, Gastmeier P. Effect of laminar airflow ventilation on surgical site infections: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases.* 2017;17(5):553-61. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30059-2.
130. Pada S, Perl TM. Operating room myths: what is the evidence for common practices. *Current Opinion in Infectious Diseases.* 2015;28(4):369-74. doi: 10.1097/QCO.000000000000177.
131. Cassier P, Hulin M, Regard A, Bénét T, Nicolle MC, Burillon C. Salles opératoires : attention à l'intégrité des sols. *Salles propres.* 2018;114:30-32. 2018;114:30-2.
132. Pasqualotto AC, Denning DW. Post-operative *aspergillosis.* *Clin Microbiol Infect.* 2006;12(11):1060-76. doi: 10.1111/j.1469-0691.2006.01512.x.
133. Leenders A, van Belkum A, Janssen S, de Marie S, Kluytmans J, Wielenga J, *et al.* Molecular epidemiology of apparent outbreak of invasive *aspergillosis* in a hematology ward. *Journal of Clinical Microbiology.* 1996;34(2):345-51.
134. Rath PM, Ansorg R. Value of environmental sampling and molecular typing of aspergilli to assess nosocomial sources of *aspergillosis.* *J Hosp Infect.* 1997;37(1):47-53.
135. Buffington J, Reporter R, Lasker BA, McNeil MM, Lanson JM, Ross LA, *et al.* Investigation of an epidemic of invasive *aspergillosis*: utility of molecular typing with the use of random amplified polymorphic DNA probes. *The Pediatric infectious disease journal.* 1994;13(5):386-93.
136. Edmiston CE, Seabrook GR, Cambria RA, Brown KR, Lewis BD, Sommers JR, *et al.* Molecular epidemiology of microbial contamination in the operating room environment: is there a risk for infection? *Surgery.* 2005;138(4):573-82. doi: 10.1016/j.surg.2005.06.045.
137. Wan G-H, Chung F-F, Tang C-S. Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. *American Journal of Infection Control.* 2011;39(4):302-8. doi: 10.1016/j.ajic.2010.07.006.
138. Stauning MT, Bediako-Bowan A, Andersen LP, Opintan JA, Labi AK, Kurtzhals JaL, *et al.* Traffic flow and microbial air contamination in operating rooms at a major teaching hospital in Ghana. *Journal of Hospital Infection.* 2018;99(3):263-70. doi: 10.1016/j.jhin.2017.12.010.
139. Hoffman PN, Williams J, Stacey A, Bennett AM, Ridgway GL, Dobson C, *et al.* Microbiological commissioning and monitoring of operating theatre suites. *J Hosp Infect.* 2002;52(1):1-28.
140. Sadrizadeh S, Tammelin A, Ekolind P, Holmberg S. Influence of staff number and internal constellation on surgical site infection in an operating room. *Particuology.* 2014;13:42-51. doi: 10.1016/j.partic.2013.10.006.
141. Andersson AE, Bergh I, Karlsson J, Eriksson BI, Nilsson K. Traffic flow in the operating room: an explorative and descriptive study on air quality during orthopedic trauma implant surgery. *American Journal of Infection Control.* 2012;40(8):750-5. doi: 10.1016/j.ajic.2011.09.015.
142. Babkin Y, Raveh D, Lifschitz M, Itzchaki M, Wiener-Well Y, Kopuit P, *et al.* Incidence and risk factors for surgical infection after total knee replacement. *Scand J Infect Dis.* 2007;39(10):890-5. doi: 10.1080/00365540701387056. PubMed PMID: 17852911.
143. Pryor F, Messmer PR. The effect of traffic patterns in the OR on surgical site infections. *AORN journal.* 1998;68(4):649-60.
144. Wanta BT, Glasgow AE, Habermann EB, Kor DJ, Cima RR, Berbari EF, *et al.* Operating room traffic as a modifiable risk factor for surgical site infection. *Surgical Infections.* 2016;17(6):755-60. doi: 10.1089/sur.2016.123.
145. Beldi G, Bisch-Knaden S, Banz V, Mühlemann K, Candinas D. Impact of intraoperative behavior on surgical site infections. *American Journal of Surgery.* 2009;198(2):157-62. doi: 10.1016/j.amjsurg.2008.09.023.



146. Kurmann A, Peter M, Tschan F, Mühlemann K, Candinas D, Beldi G. Adverse effect of noise in the operating theatre on surgical-site infection. *The British Journal of Surgery*. 2011;98(7):1021-5. doi: 10.1002/bjs.7496.
147. Loison G, Troughton R, Raymond F, Lepelletier D, Lucet JC, Avril C, *et al*. Compliance with clothing regulations and traffic flow in the operating room: a multi-centre study of staff discipline during surgical procedures. *J Hosp Infect*. 2017;96(3):281-5. doi: 10.1016/j.jhin.2017.03.026.
148. Albrecht M, Gauthier RL, Belani K, Litchy M, Leaper D. Forced-air warming blowers: an evaluation of filtration adequacy and airborne contamination emissions in the operating room. *American Journal of Infection Control*. 2011;39(4):321-8. doi: 10.1016/j.ajic.2010.06.011.
149. Sandoval MF, Mongan PD, Dayton MR, Hogan CA. Safety and efficacy of resistive polymer *versus* forced air warming in total joint surgery. *Patient Safety in Surgery*. 2017;11:11. doi: 10.1186/s13037-017-0126-0.
150. Diaz-Guerra TM, Mellado E, Cuenca-Estrella M, Gaztelurrutia L, Navarro JIV, Tudela JLR. Genetic similarity among one *Aspergillus flavus* strain isolated from a patient who underwent heart surgery and two environmental strains obtained from the operating room. *Journal of Clinical Microbiology*. 2000;38(6):2419-22.
151. Dalstrom DJ, Venkatarayappa I, Manternach AL, Palcic MS, Heyse BA, Prayson MJ. Time-dependent contamination of opened sterile operating-room trays. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2008;90(5):1022-5. doi: 10.2106/JBJS.G.00689.
152. Friberg B, Friberg S, Burman LG. Correlation between surface and air counts of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation: an experimental study. *J Hosp Infect*. 1999;42(1):61-8. doi: 10.1053/jhin.1998.0542.
153. Paton S, Thompson K-A, Parks SR, Bennett AM. Reaerosolization of spores from flooring surfaces to assess the risk of dissemination and transmission of infections. *Applied and Environmental Microbiology*. 2015;81(15):4914-9. doi: 10.1128/AEM.00412-15.
154. Dananché C, Gustin MP, Cassier P, Loeffert ST, Thibaudon M, Bénét T, *et al*. Evaluation of hirst-type spore trap to monitor environmental fungal load in hospital. *PLoS One*. 2017;12(5):e0177263. doi: 10.1371/journal.pone.0177263.
155. Han JH, Sullivan N, Leas BF, Pegues DA, Kaczmarek JL, Umscheid CA. Cleaning hospital room surfaces to prevent health care-associated infections: a technical brief. *Annals of Internal Medicine*. 2015;163(8):598. doi: 10.7326/M15-1192.
156. Ibfelt T, Frandsen T, Permin A, Andersen LP, Schultz AC. Test and validation of methods to sample and detect human virus from environmental surfaces using norovirus as a model virus. *Journal of Hospital Infection*. 2016;92(4):378-84. doi: 10.1016/j.jhin.2016.01.003.
157. Dancer SJ. Importance of the environment in meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* acquisition: the case for hospital cleaning. *The Lancet infectious diseases*. 2008;8(2):101-13.
158. Goodman ER, Platt R, Bass R, Onderdonk AB, Yokoe DS, Huang SS. Impact of an environmental cleaning intervention on the presence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and vancomycin-resistant enterococci on surfaces in intensive care unit rooms. *Infection control and hospital epidemiology: the official journal of the Society of Hospital Epidemiologists of America*. 2008;29(7):593-9. doi: 10.1086/588566.
159. Hayden MK, Bonten MJM, Blom DW, Lyle EA, van de Vijver DAMC, Weinstein RA. Reduction in acquisition of vancomycin-resistant *enterococcus* after enforcement of routine environmental cleaning measures. *Clinical Infectious Diseases*. 2006;42(11):1552-60.
160. Dancer SJ. The role of environmental cleaning in the control of hospital-acquired infection. *Journal of Hospital Infection*. 2009;73(4):378-85. doi: 10.1016/j.jhin.2009.03.030.
161. Pereira SSP, Oliveira HMD, Turrini RNT, Lacerda RA. Disinfection with sodium hypochlorite in hospital environmental surfaces in the reduction of contamination and infection prevention: a systematic review. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. 2015;49(4):0681-8. doi: 10.1590/S0080-623420150000400020.
162. Weber DJ, Rutala WA, Miller MB, Huslage K, Sickbert-Bennett E. Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens: *Norovirus*, *Clostridium difficile*, and *Acinetobacter* species. *American Journal of Infection Control*. 2010;38(5):S25-S33. doi: 10.1016/j.ajic.2010.04.196.
163. Dettenkofer M, Spencer RC. Importance of environmental decontamination—a critical view. *Journal of Hospital Infection*. 2007;65:55-7.
164. Galvin S, Dolan A, Cahill O, Daniels S, Humphreys H. Microbial monitoring of the hospital environment: why and how? *Journal of Hospital Infection*. 2012;82(3):143-51. doi: 10.1016/j.jhin.2012.06.015.
165. Otter JA, Yezli S, Salkeld JAG, French GL. Evidence that contaminated surfaces contribute to the transmission of hospital pathogens and an overview of strategies to address contaminated surfaces in hospital settings. *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5, Supplement):S6-S11. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.004.
166. Menotti J, Waller J, Meunier O, Letscher-Bru V, Herbrecht R, Candolfi E. Epidemiological study of invasive pulmonary *aspergillosis* in a haematology unit by molecular typing of environmental and patient isolates of *Aspergillus fumigatus*. *Journal of Hospital Infection*. 2005;60(1):61-8. doi: 10.1016/j.jhin.2004.10.009.
167. Loeffert ST, Melloul E, Gustin MP, Hénaff L, Guillot C, Dupont D, *et al*. Investigation of the relationships between clinical and environmental isolates of *Aspergillus fumigatus* by multiple-locus variable number tandem repeat analysis during major demolition work in a french hospital. *Clin Infect Dis*. 2018. doi: 10.1093/cid/ciy498.
168. Price JR, Cole K, Bexley A, Kostiou V, Eyre DW, Golubchik T, *et al*. Transmission of *Staphylococcus aureus* between health-care workers, the environment, and patients in an intensive care unit: a longitudinal cohort study based on whole-genome sequencing. *The Lancet Infectious Diseases*. 2017;17(2):207-14. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30413-3.
169. Faires MC, Pearl DL, Ciccotelli WA, Straus K, Zinken G, Berke O, *et al*. A prospective study to examine the epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Clostridium difficile* contamination in the general environment of three community hospitals in southern Ontario, Canada. *BMC Infectious Diseases*. 2012;12:290. doi: 10.1186/1471-2334-12-290.
170. Donskey CJ. Does improving surface cleaning and disinfection reduce health care-associated infections? *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5):S12-S9. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.010.
171. De Angelis G, Cataldo MA, De Waure C, Venturiello S, La Torre G, Cauda R, *et al*. Infection control and prevention measures to reduce the spread of vancomycin-resistant enterococci in hospitalized patients: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2014;69(5):1185-92. doi: 10.1093/jac/dkt525.
172. Morvai J, Szabó R. The role of mobile communication devices in the spread of infections. *Orvosi Hetilap*. 2015;156(20):802-7. doi: 10.1556/650.2015.30147.

173. Ulger F, Dilek A, Esen S, Sunbul M, Leblebicioglu H. Are healthcare workers' mobile phones a potential source of nosocomial infections? Review of the literature. *Journal of Infection in Developing Countries*. 2015;9(10):1046-53.
174. Société française d'hygiène hospitalière. Limiter le risque infectieux associé aux claviers et ordinateurs en secteur de soins. *Hygiènes*. 2016;24(6):301-7.
175. Pillet S, Berthelot P, Gagneux-Brunon A, Mory O, Gay C, Viallon A, *et al*. Contamination of healthcare workers' mobile phones by epidemic viruses. *Clin Microbiol Infect*. 2016;22(5):456.e1-6. doi: 10.1016/j.cmi.2015.12.008.
176. Alfa MJ, Lo E, Olson N, MacRae M, Buelow-Smith L. Use of a daily disinfectant cleaner instead of a daily cleaner reduced hospital-acquired infection rates. *American Journal of Infection Control*. 2015;43(2):141-6. doi: 10.1016/j.ajic.2014.10.016.
177. Méheust D, Le Cann P, Reboux G, Millon L, Gangneux JP. Indoor fungal contamination: health risks and measurement methods in hospitals, homes and workplaces. *Critical Reviews in Microbiology*. 2014;40(3):248-60. doi: 10.3109/1040841X.2013.777687.
178. Nicolle M-C, Benet T, Vanhems P. *Aspergillus*: nosocomial or community-acquired? *Medical Mycology*. 2011;49(S1):S24-S9. doi: 10.3109/13693786.2010.509335.
179. Bénet T, Voirin N, Nicolle MC, Picot S, Michallet M, Vanhems P. Estimation of the incubation period of invasive *aspergillus* by survival models in acute myeloid leukemia patients. *Medical Mycology*. 2013;51(2):214-8. doi: 10.3109/13693786.2012.687462.
180. Suleyman G, Alangaden GJ. Nosocomial fungal infections: epidemiology, infection control, and prevention. *Infectious Disease Clinics of North America*. 2016;30(4):1023-52. doi: 10.1016/j.idc.2016.07.008.
181. Cornely OA, Maertens J, Winston DJ, Perfect J, Ullmann AJ, Walsh TJ, *et al*. Posaconazole vs. fluconazole or itraconazole prophylaxis in patients with neutropenia. *The New England Journal of Medicine*. 2007;356(4):348-59. doi: 10.1056/NEJMoa061094.
182. Canadian Agency for Drugs Technologies in Health. Posaconazole for the treatment or prophylaxis of *aspergillus* or candidiasis: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2016.
183. Patterson TF, Thompson GR, Denning DW, Fishman JA, Hadley S, Herbrecht R, *et al*. Practice guidelines for the diagnosis and management of *Aspergillus*: 2016 Update by the infectious diseases society of america. *Clin Infect Dis*. 2016;63(4):e1-e60. doi: 10.1093/cid/ciw326.
184. Alberti C, Bouakline A, Ribaud P, Lacroix C, Rousselot P, Leblanc T, *et al*. Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of invasive *aspergillus* in haematology patients. *J Hosp Infect*. 2001;48(3):198-206. doi: 10.1053/jhin.2001.0998.
185. Falvey DG, Streifel AJ. Ten-year air sample analysis of *Aspergillus* prevalence in a university hospital. *J Hosp Infect*. 2007;67(1):35-41. doi: 10.1016/j.jhin.2007.06.008.
186. Pini G, Faggi E, Donato R, Sacco C, Fanci R. Invasive pulmonary *aspergillus* in neutropenic patients and the influence of hospital renovation. *Mycoses*. 2008;51(2):117-22. doi: 10.1111/j.1439-0507.2007.01453.x.
187. Rupp ME, Iwen PC, Tyner LK, Marion N, Reed E, Anderson JR. Routine sampling of air for fungi does not predict risk of invasive *aspergillus* in immunocompromised patients. *J Hosp Infect*. 2008;68(3):270-1. doi: 10.1016/j.jhin.2007.11.017.
188. Mahieu LM, De Dooy JJ, Van Laer FA, Jansens H, Ieven MM. A prospective study on factors influencing *Aspergillus* spore load in the air during renovation works in a neonatal intensive care unit. *J Hosp Infect*. 2000;45(3):191-7. doi: 10.1053/jhin.2000.0773.
189. Gangneux JP, Bousseau A, Cornillet A, Kauffmann-Lacroix C. Maîtrise du risque fongique environnemental dans les établissements de santé. *Journal de Mycologie Médicale*. 2006;16(4):204-11. doi: 10.1016/j.mycmed.2006.10.002.
190. Gangneux J-P, Bretagne S, Cordonnier C, Darty A, Derouin F, Grillot R, *et al*. Prevention of nosocomial fungal infection: the French approach. *Clin Infect Dis*. 2002;35(3):343-6. doi: 10.1086/341318.
191. Hajjeh RA, Warnock DW. Counterpoint: invasive *aspergillus* and the environment—rethinking our approach to prevention. *Clin Infect Dis*. 2001;33(9):1549-52. doi: 10.1086/322970.
192. van der Linden JWM, Camps SMT, Kampinga GA, Arends JPA, Debets-Ossenkopp YJ, Haas PJA, *et al*. *Aspergillus* due to voriconazole highly resistant *Aspergillus fumigatus* and recovery of genetically related resistant isolates from domiciles. *Clin Infect Dis*. 2013;57(4):513-20. doi: 10.1093/cid/cit320.
193. Loeffert ST, Hénaff L, Dupont D, Bienvenu AL, Dananché C, Cassier P, *et al*. Prospective survey of azole drug resistance among environmental and clinical isolates of *Aspergillus fumigatus* in a French University hospital during major demolition works. *Journal de Mycologie Médicale*. 2018;28(3):469-72. doi: 10.1016/j.mycmed.2018.05.007.
194. Yiannakis EP, Boswell TC. Systematic review of outbreaks of *Pneumocystis jirovecii* pneumonia: evidence that *P. jirovecii* is a transmissible organism and the implications for healthcare infection control. *J Hosp Infect*. 2016;93(1):1-8. doi: 10.1016/j.jhin.2016.01.018.
195. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L. 2007 Guideline for isolation precautions: preventing transmission of infectious agents in health care settings. *American Journal of Infection Control*. 2007;35(10 Suppl 2):S65-164. doi: 10.1016/j.ajic.2007.10.007.
196. National Health and Medical Research Council (NHMRC). Australian guidelines for the prevention and control of infection in healthcare. Canberra: NHMRC; 2010.
197. Nelson M, Dockrell D, Edwards S, Subcommittee BG, Angus B, Barton S, *et al*. British HIV association and british infection association guidelines for the treatment of opportunistic infection in HIV-seropositive individuals 2011. *HIV medicine*. 2011;12 Suppl 2:1-140. doi: 10.1111/j.1468-1293.2011.00944\_1.x.
198. Société française d'hygiène hospitalière. Prévention de la transmission croisée par voie respiratoire: air ou gouttelettes. Recommandations pour la pratique clinique. *Hygiènes*. 2013;21(1):53 p.
199. Maertens J, Cesaro S, Maschmeyer G, Einsele H, Donnelly JP, Alanio A, *et al*. ECIL guidelines for preventing *Pneumocystis jirovecii* pneumonia in patients with haematological malignancies and stem cell transplant recipients. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2016;71(9):2397-404. doi: 10.1093/jac/dkw157.
200. Couch RB, Douglas RG, Lindgren KM, Gerone PJ, Knight V. Airborne transmission of respiratory infection with coxsackievirus A type 21. *American Journal of Epidemiology*. 1970;91(1):78-86. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a121115.
201. Tseng C-C, Chang L-Y, Li C-S. Detection of airborne viruses in a pediatrics department measured using real-time qPCR coupled to an air-sampling filter method. *Journal of Environmental Health*. 2010;73(4):22-8.
202. Bonifait L, Charlebois R, Vimont A, Turgeon N, Veillette M, Longtin Y, *et al*. Detection and quantification of airborne norovirus during outbreaks in healthcare facilities. *Clin Infect Dis*. 2015;61(3):299-304. doi: 10.1093/cid/civ321.

203. Otter JA, Muters NT, Tacconelli E, Gikas A, Holmes AH. Controversies in guidelines for the control of multidrug-resistant Gram-negative bacteria in EU countries. *Clinical Microbiology and Infection*. 2015;21(12):1057-66. doi: 10.1016/j.cmi.2015.09.021.
204. French CE, Coope C, Conway L, Higgins JPT, McCulloch J, Okoli G, et al. Control of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* outbreaks in acute settings: an evidence review. *Journal of Hospital Infection*. 2017;95(1):3-45. doi: 10.1016/j.jhin.2016.10.006.
205. Brûlet A, Nicolle MC, Giard M, Nicolini FE, Michallet M, Jarraud S, et al. Fatal nosocomial *Legionella pneumophila* infection due to exposure to contaminated water from a washbasin in a hematology unit. *infection control & hospital epidemiology*. 2008;29(11):1091-3. doi: 10.1086/591739.
206. Boyce JM. Environmental contamination makes an important contribution to hospital infection. *Journal of Hospital Infection*. 2007;65:50-4.
207. Kanamori H, Parobek CM, Juliano JJ, van Duin D, Cairns BA, Weber DJ, et al. A Prolonged Outbreak of KPC-3-Producing *Enterobacter cloacae* and *Klebsiella pneumoniae* driven by multiple mechanisms of resistance transmission at a large academic burn center. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2017;61(2). doi: 10.1128/AAC.01516-16.
208. Wilson APR, Smyth D, Moore G, Singleton J, Jackson R, Gant V, et al. The impact of enhanced cleaning within the intensive care unit on contamination of the near-patient environment with hospital pathogens: a randomized crossover study in critical care units in two hospitals. *Critical Care Medicine*. 2011;39(4):651-8. doi: 10.1097/CCM.0b013e318206bc66.
209. Rutala WA, Weber DJ. Monitoring and improving the effectiveness of surface cleaning and disinfection. *American Journal of Infection Control*. 2016;44(5):e69-e76. doi: 10.1016/j.ajic.2015.10.039.
210. Weber DJ, Anderson DJ, Sexton DJ, Rutala WA. Role of the environment in the transmission of *Clostridium difficile* in health care facilities. *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5):S105-S10. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.009.
211. Weber DJ, Anderson D, Rutala WA. The role of the surface environment in healthcare-associated infections. *Current Opinion in Infectious Diseases*. 2013;26(4):338-44. doi: 10.1097/QCO.0b013e3283630f04.
212. Weber DJ, Rutala WA. Self-disinfecting surfaces: review of current methodologies and future prospects. *American Journal of Infection Control*. 2013;41(5, Supplement):S31-S5. doi: 10.1016/j.ajic.2012.12.005.
213. Repetto EC, Giacomazzi CG, Castelli F. Hospital-related outbreaks due to rare fungal pathogens: a review of the literature from 1990 to June 2011. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases: Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology*. 2012;31(11):2897-904. doi: 10.1007/s10096-012-1661-3.
214. Gachie JP. Investigation d'un épisode épidémique. *Hygiènes*. VIII(6):440-4.
215. Antoniadou A. Outbreaks of zygomycosis in hospitals. *Clin Microbiol Infect*. 2009;15 Suppl 5:55-9. doi: 10.1111/j.1469-0691.2009.02982.x.
216. Jarvis WR. Outbreak investigation. In: Mayhall CG, editor. *Hospital epidemiology and infection control*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
217. Bruel D, Duez C, Ebel-Lao S, Garrigue H, Le Meur C. Guide de surveillance de l'environnement des unités de préparation des médicaments radiopharmaceutiques de la Société française de radiopharmacie. *Le Pharmacien Hospitalier*. 2011;46(1):45-52. doi: 10.1016/j.phhp.2011.01.009.
218. Société française de pharmacie clinique. *Référentiel de pharmacie hospitalière*. Version 2010. Grenoble/Saint Denis: Société française de pharmacie clinique. Haute Autorité de santé; 2011.
219. Debru C, Le Moal M. La causalité dans les sciences biologiques et médicales. Faut-il connaître les causes pour comprendre et intervenir? sciences Ad, editor. Les Ulis: EDP Sciences; 2017. 128 p.
220. Kaiser L, Calandra T. *Infectiologie et postulats de Koch* Rev Med Suisse. 2015;11:847-8.
221. Hume D. *Traité de la nature humaine*. Paris: Flammarion; 1991.
222. Hume D, Baranger P, Saltel P. *L'entendement Livre I et appendice trad. par Philippe Baranger et Philippe Saltel présentation, notes, index par Philippe Saltel*. Paris: Flammarion; 1995. 433 p.
223. Hume D, Selby-Bigge LA. *A Treatise of human nature reprinted from the original edition in three volumes, and edited, with an analytical index, by L.A. Selby-Bigge*. Oxford: Clarendon press; 1896. XXIII-709 p.
224. Mill JS. *A system of logic*. 1843.
225. Mill JS. *Système de logique déductive et inductive: exposé des principes de la preuve et des méthodes de recherche scientifique ([Reprod. en fac-sim.]/ John Stuart Mill; trad. sur la 6<sup>e</sup> éd. anglaise par Louis Peisse; [introd. à l'éd. de 1988 par Marc Dominicy]*. Liège: P. Mardaga; 1866.
226. Susser M. *Causal thinking in the health sciences: concepts and strategies of epidemiology*: Oxford University Press; 1973. 208 p.
227. Schunemann H, Hill S, Guyatt G, Akl EA, Ahmed F. The Grade approach and Bradford Hill's criteria for causation. *J Epidemiol Community Health*. 2011;65(5):392-5. doi: 10.1136/jech.2010.119933. PubMed PMID: 20947872.
228. AFNOR. Norme NF S90-351. *Établissements de santé - Zones à environnement maîtrisé - Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée*: AFNOR; 2013. 68 p.
229. Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. *Pharmacopée française, 11<sup>e</sup> édition*. 2016.
230. République française. *Décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles*. JO du 22 décembre 2001.
231. Ministère de l'Emploi et de la Solidarité- Comité technique des infections nosocomiales. *100 recommandations pour la surveillance et la prévention des infections nosocomiales*. 2<sup>e</sup> édition. Ministère de l'emploi et de la solidarité 1999. 121 p.
232. ASPEC. *Salle blanche et salle propre: guide technique*.
233. AFNOR. Norme NF EN ISO 16266 - *Qualité de l'eau - Détection et dénombrement de Pseudomonas aeruginosa - Méthode par filtration sur membrane*: AFNOR; 2008.
234. Arendrup MC, Boekhout T, Akova M, Meis JF, Cornely OA, Lortholary O, et al. ESCMID and ECMM joint clinical guidelines for the diagnosis and management of rare invasive yeast infections. *Clinical Microbiology and Infection*. 2014;20:76-98. doi: 10.1111/1469-0691.12360.
235. Loveday HP, Wilson JA, Pratt RJ, Golsorkhi M, Tingle A, Bak A, et al. epic3: national evidence-based guidelines for preventing healthcare-associated infections in NHS hospitals in England. *Journal of Hospital Infection*. 2014;86:S1-S70.
236. Chang CC, Ananda-Rajah M, Belcastro A, McMullan B, Reid A, Dempsey K, et al. Consensus guidelines for implementation of quality processes to prevent invasive fungal disease and enhanced surveillance measures during hospital building works, 2014. *Internal Medicine Journal*. 2014;44(12b):1389-97. doi: 10.1111/imj.12601.





Area with horizontal dotted lines for writing.

