

2013

Développement d'un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols

Jacques Lavoie
IRSST

Eve Neesham-Grenon
Université de Montréal

Maximilien Debia
Université de Montréal

Yves Cloutier
IRSST

Geneviève Marchand
IRSST, genevieve.marchand@irsst.qc.ca

Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>

Citation recommandée

Lavoie, J., Neesham-Grenon, E., Debia, M., Cloutier, Y. et Marchand, G. (2013). *Développement d'un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols* (Rapport n° R-766). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

Prévention des risques chimiques et biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-766



Développement d'un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols

*Jacques Lavoie
Eve Neesham-Grenon
Maximilien Debia
Yves Cloutier
Geneviève Marchand*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : www.csst.qc.ca/AbonnementPAT

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2013
ISBN : 978-2-89631-687-8 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
août 2013

Prévention des risques chimiques et biologiques

Études et recherches

■ RAPPORT R-766

Développement d'un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Jacques Lavoie¹, Eve Neesham-Grenon²,
Maximilien Debia², Yves Cloutier¹, Geneviève Marchand¹*

*¹Prévention des risques chimiques et biologiques, IRSST
²Département de santé environnementale et santé au travail,
Université de Montréal*

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les membres du comité d'experts qui ont participé à la réalisation de ces travaux. Il s'agit de Monsieur Ali Bahloul, spécialiste en modélisation et ventilation, et de Monsieur Claude Ostiguy, spécialiste de la gestion graduée du risque (*control banding*) pour les nanoparticules, de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, de Monsieur Simon Smith, spécialiste de la protection respiratoire chez 3M, de Madame Sophie Therrien et de Monsieur Riadh Benziane, conseillers en santé et en sécurité de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, de Monsieur Michel Gagné, chimiste de la Commission de la santé et de la sécurité du travail, et de Monsieur Luc Bhérier, médecin spécialiste du travail à l'Agence de santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale et au ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec.

SOMMAIRE

La sélection d'un appareil de protection respiratoire contre les bioaérosols peut s'avérer une tâche complexe compte tenu de l'absence de valeurs limites d'exposition et de données toxicologiques, ainsi que des limites des techniques d'échantillonnage actuelles et de la grande diversité des bioaérosols. Dans ces circonstances, une méthode qualitative d'évaluation et de gestion du risque fournit une alternative aux méthodes quantitatives utilisées en hygiène du travail. Ce rapport propose un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols infectieux et non infectieux applicable à l'ensemble des milieux de travail et s'adressant aux hygiénistes du travail et autres intervenants en santé et en sécurité du travail, ainsi qu'aux experts membres de sociétés savantes. Ce modèle, qui fait suite au *Guide sur la protection respiratoire contre les bioaérosols*,¹ publié par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) en 2007, s'appuie sur les connaissances relatives aux bioaérosols et s'inspire d'approches de gestion graduée du risque développées notamment pour les contaminants chimiques et les nanoparticules. Le modèle est constitué des quatre groupes de risque utilisés en biosécurité et de cinq niveaux d'exposition. Le croisement d'un groupe de risque et d'un niveau d'exposition donné correspond à un facteur de protection caractéristique permettant à l'utilisateur de choisir un appareil de protection respiratoire approprié. Le niveau d'exposition est lui-même le résultat de la somme des pointages alloués aux niveaux de contrôle et aux taux de génération des bioaérosols. La protection respiratoire est donc choisie en fonction du danger que représente le bioaérosol, du niveau de contrôle dans le milieu de travail et de la nature des activités qui y sont réalisées. Le modèle est simple d'utilisation et concorde généralement avec les avis et recommandations d'experts. Cette approche ne vise en aucun cas à substituer le travail de l'hygiéniste du travail et ne devrait être utilisée que par des personnes possédant les connaissances et l'expérience appropriées, dans le cadre d'une approche globale d'évaluation et de gestion du risque en milieu de travail.

¹ <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-497.pdf>

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	i
SOMMAIRE.....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	vii
1. MISE EN CONTEXTE.....	1
2. ÉTAT DES CONNAISSANCES, APPROCHES EXISTANTES ET OBJECTIFS.....	3
2.1 Gestion graduée du risque.....	3
2.2 Travaux de McCullough et Brosseau.....	3
2.3 Norme CSA Z94.4-11.....	6
2.4 Objectifs.....	9
3. DESCRIPTION DE LA PRÉSENTE APPROCHE.....	11
3.1 Méthodologie.....	11
3.2 Description des bandes.....	11
3.2.1 Groupe de risque.....	11
3.2.2 Niveau d'exposition.....	15
3.3 Modèle de sélection.....	17
4. VALIDATION ET APPLICATION DE LA PRÉSENTE APPROCHE.....	19
4.1 Virus du SRAS (Groupe de risque (GR 3)).....	19
4.2 Tuberculose (GR 3).....	19
4.3 Hantavirus (GR 3).....	20
4.4 Anthrax (<i>Bacillus anthracis</i>) (GR 3).....	21
4.5 Légionellose (<i>Legionella pneumophila</i>) (GR 2).....	21
4.6 Histoplasmosse (<i>Histoplasma capsulatum</i>) (GR 3).....	21
4.7 Porcherie (bioaérosols du GR 1).....	22
4.8 Centre de tri (bioaérosols du GR 1).....	22
4.9 Épuration des eaux (bioaérosols du GR 1).....	23
4.10 Virus A(H1N1) Influenza (GR 3).....	23
4.11 Mousse de tourbe (bioaérosols du GR 1).....	23
4.12 <i>Chlamydia psittaci</i> (Psittacose) souche aviaire (GR 2).....	24
5. PORTÉE ET LIMITES DE LA PRÉSENTE APPROCHE.....	25
6. CONCLUSION.....	27
BIBLIOGRAPHIE.....	28
ANNEXE I.....	33
ANNEXE II.....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification des taux de ventilation (Q) selon l'ASHRAE - Standards pour les hôpitaux.....	5
Tableau 2 : Taux de génération (G) en fonction de la source et de l'activité humaine	6
Tableau 3 : Classification des microorganismes selon leur groupe de risque [25-29]	12
Tableau 4 : Pathogènes et maladies infectieuses ayant le potentiel d'être transmis par voie aérienne.....	13
Tableau 5 : Niveau de contrôle (Q).....	15
Tableau 6 : Taux de génération (G).....	16
Tableau 7 : Niveaux d'exposition.....	16
Tableau 8 : Modèle pour la sélection du FPC correspondant au groupe de risque et au niveau d'exposition.....	17

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Identification du FPC correspondant au groupe de risque et au niveau d'exposition (inspiré du modèle de McCullough et Brosseau).....	4
Figure 2 : Outil de gestion graduée du risque pour les bioaérosols dans les établissements de santé.....	7
Figure 3. Outil de gestion graduée du risque pour les bioaérosols dans les milieux de travail généraux.....	8
Figure 4. Hiérarchie de la protection respiratoire	9

1. MISE EN CONTEXTE

Les risques pour la santé associés à l'exposition aux bioaérosols en milieu de travail sont relativement bien connus. Pourtant, l'importance de bien protéger les travailleurs contre ces agents, au même titre que les agents chimiques et physiques, est souvent sous-estimé [2]. L'évaluation du risque d'exposition aux bioaérosols en milieu de travail est une tâche complexe compte tenu de la grande diversité des bioaérosols, des limites des méthodes de mesure disponibles et de l'absence de valeurs limites d'exposition (VLE) [1]. Dans ce contexte, il peut s'avérer difficile de faire le choix d'une protection respiratoire adéquate contre les bioaérosols par une approche quantitative. Le développement d'une approche qualitative constitue donc une alternative intéressante.

En 2007, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) publiait le *Guide sur la protection respiratoire contre les bioaérosols* [2]. L'objectif de ce guide était d'orienter le choix des appareils de protection respiratoire (APR) contre les bioaérosols infectieux et non infectieux dans les situations à risque pour les travailleurs de divers secteurs. En outre, on y recommandait de choisir la protection respiratoire contre les bioaérosols infectieux selon les décisions prises par des experts. Ceux-ci étant souvent affiliés à des sociétés savantes, telles les autorités de santé publique du Québec et leurs sous-comités professionnels en hygiène et en médecine (ex. le Comité des infections nosocomiales du Québec [CINQ]), l'Agence de santé publique du Canada (ASPC) ou, au niveau international, le Centers for Disease Control and Prevention-National Institute for Occupational Safety and Health (CDC-NIOSH), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), etc. Mais les avis émis par ces experts peuvent varier sensiblement pour des situations de risque semblables. La présente étude, dont le but est de faciliter le choix d'une protection respiratoire, est donc tout à fait pertinente. Cette activité est complémentaire à l'élaboration du guide publié précédemment par l'IRSST, en fournissant aux hygiénistes du travail et autres intervenants de la santé et de la sécurité du travail (SST) un outil qualitatif, simple d'utilisation, intégrant la gestion graduée du risque (*control banding*) et permettant de choisir un équipement de protection respiratoire adéquat contre les bioaérosols infectieux et non infectieux. Les résultats de cette étude pourront servir aux experts membres de sociétés savantes pour l'élaboration ou la mise à jour de normes, guides et recommandations en lien avec la protection respiratoire contre les bioaérosols.

La gestion graduée du risque ne vise pas à remplacer les méthodes traditionnelles d'évaluation et de gestion des risques lorsque celles-ci sont possibles et disponibles, mais elle est plutôt complémentaire. La hiérarchie des moyens de contrôle doit en tout temps être appliquée, c'est-à-dire privilégier l'élimination à la source ou la réduction des contaminants pour diminuer au minimum l'exposition environnementale des travailleurs et, en complément, puisqu'il arrive que les mesures collectives et organisationnelles ne suffisent pas, utiliser des moyens et des équipements de protection individuelle [3]. Selon l'article 45 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail du Québec [4], l'APR doit être choisi, ajusté, utilisé et entretenu conformément à la norme CSA Z94.4-93 [5], tel que stipulé dans le *Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec* [6]. L'utilisation d'un APR adéquat doit s'inscrire dans le cadre d'un programme de protection respiratoire élaboré et mis en application conformément à la norme susmentionnée et faisant l'objet d'une surveillance et d'une évaluation périodique [3]. L'outil présenté dans ce document ne peut être utilisé en présence d'une atmosphère pauvre en oxygène (concentration inférieure à 19,5 %) ou présentant un danger

d'incendie ou d'explosion, dans le cas d'une situation d'urgence ou de danger immédiat pour la vie ou pour la santé (DIVS), ou en présence de contaminants chimiques.

2. ÉTAT DES CONNAISSANCES, APPROCHES EXISTANTES ET OBJECTIFS

2.1 Gestion graduée du risque

La gestion graduée du risque est une approche qualitative ou semi-quantitative d'évaluation et de gestion des risques à la santé et à la sécurité. Elle a été développée il y a une vingtaine d'années par les professionnels de la SST du secteur pharmaceutique pour l'évaluation du risque de contaminants n'ayant pas de VLE ou pour lesquels il existait peu de données toxicologiques [7]. Elle a, par la suite, été adaptée aux contaminants chimiques [8, 9] et, plus récemment, aux nanoparticules [10, 11]. Cette approche consiste généralement en un système de pointages attribués aux niveaux de danger et d'exposition classés par bandes, dans le but de sélectionner des moyens de prévention et de contrôle de l'exposition en fonction des pointages obtenus à la suite de leur multiplication ou sommation. La gestion graduée du risque a fait l'objet de plusieurs revues et analyses [12-14].

Selon Maidment [15], la clé du succès dans le développement d'un programme de gestion graduée du risque est de limiter le nombre de facteurs dans le modèle afin de diminuer sa complexité et de faciliter son application par des non-experts. Le principe d'évaluation du risque propre au modèle de gestion graduée du risque s'appuie sur des techniques simplifiées de modélisation et des méthodes de calcul de pointages pondérés [16]. Cette évaluation comprend trois éléments principaux [16] :

1. Classification des substances selon leur niveau de danger;
2. Estimation de l'exposition des travailleurs : exposition potentielle et évaluation du risque;
3. Sélection de l'approche de maîtrise et de prévention à partir d'un score de risque calculé en combinant les indices de danger et d'exposition.

La gestion graduée du risque est utilisée avec succès dans les domaines cités plus haut depuis de nombreuses années. Des études ont démontré sa valeur et son utilité en tant qu'outil d'évaluation et de gestion des risques, en comparant notamment les résultats obtenus aux recommandations des hygiénistes du travail ou encore à des mesures effectuées en milieu de travail [9, 17-19]. La communauté internationale en SST est d'avis qu'il s'agit d'une approche de plus en plus répandue, qui est appelée à s'améliorer et qui permettra d'augmenter la protection des travailleurs et de diminuer les effets des contaminants sur la santé [16].

2.2 Travaux de McCullough et Brosseau

Le modèle de McCullough et Brosseau a été développé pour la sélection des APR contre les bioaérosols infectieux dans le milieu hospitalier [20]. Bien qu'il n'ait pas été développé en utilisant une approche de gestion graduée du risque, il en contient certains éléments. Il présente donc un grand intérêt pour l'application d'une approche de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols.

Le facteur de protection caractéristique (FPC), lequel est associé à un APR, est déterminé à partir d'un groupe de risque (GR) et d'un niveau d'exposition (C). Le modèle adapté au contexte légal du Québec se retrouve à la figure 1 où chacune des tranches correspond à un FPC donné [20].

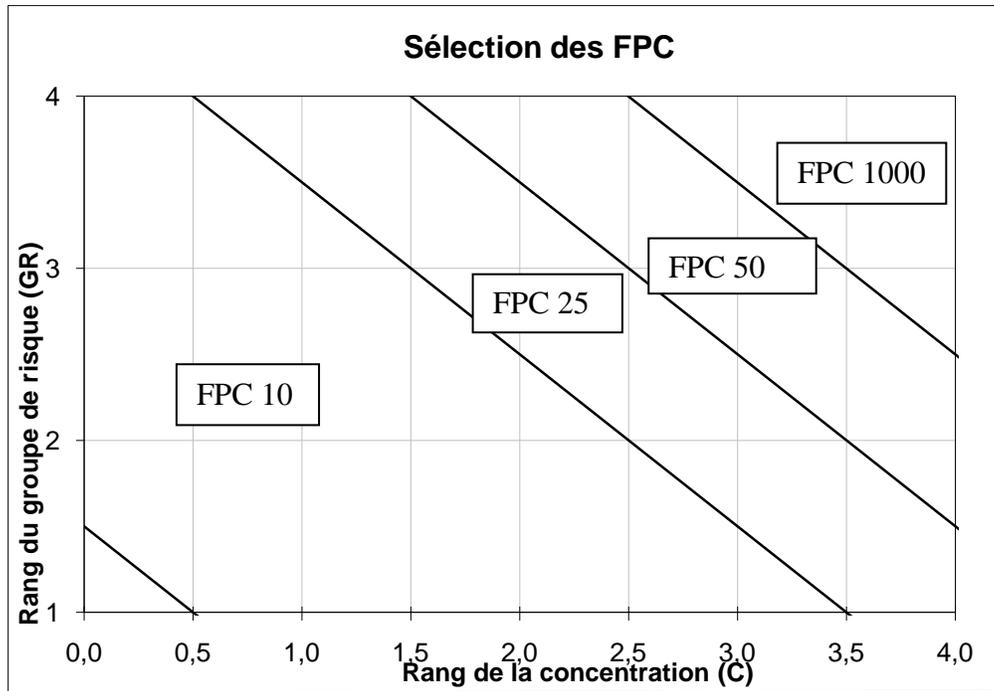


Figure 1 : Identification du FPC correspondant au groupe de risque et au niveau d'exposition (inspiré du modèle de McCullough et Brosseau)

Selon McCullough et Brosseau [20], étant donné qu'il n'y a pas de valeur limite d'exposition (VLE) pour les bioaérosols, le niveau d'exposition (C pour concentration du contaminant ou du bioaérosol) devrait tenir compte de deux éléments de l'environnement de travail, soit : 1) le niveau de contrôle (taux de ventilation, Q) et 2) le potentiel d'aérosolisation du contaminant biologique et des activités réalisées (taux de génération, G). Mentionnons que le potentiel d'aérosolisation a plus de poids que le taux de ventilation, surtout s'il s'agit d'émissions de microorganismes (toux, éternuements, soins médicaux, etc.) où la ventilation a peu d'influence.

Par ailleurs, de faibles taux de ventilation peuvent contribuer à l'augmentation des concentrations de bioaérosols dans l'environnement de travail à cause d'un manque de dilution. Riley et Nardell [21] ont présenté un modèle qui tient compte du potentiel infectieux des bioaérosols de l'air ambiant, faisant référence à l'équation de Wells-Riley [22]. Ce modèle a été extensivement utilisé dans l'analyse des stratégies de ventilation en association avec des événements infectieux aéroportés dans des environnements cliniques [23]. Il repose sur une équation qui est très utile pour comprendre la relation entre le nombre de nouvelles infections (C), le nombre de personnes susceptibles (S), les agents infectieux (I), le nombre de doses d'infections aéroportées additionnées à l'air (q, par unité de temps) pour un cas en stade infectieux, la ventilation pulmonaire par personne susceptible (p, en volume par unité de temps), le temps d'exposition (t) et le volume d'air frais (Q) :

$$C = S(1 - e^{-Iqpt/Q}) \quad (\text{équation 1})$$

L'équation 1 permet de comprendre l'impact de l'augmentation du volume d'air frais ou désinfecté sur les taux d'infections aéroportées. Une augmentation du volume d'air frais (Q) diminue le niveau d'exposition en raison de la dilution qu'elle produit [24]. McCullough et Brosseau [20] ont proposé la classification suivante des taux de ventilation (Q) selon la norme de l'*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)* en vigueur en 1991 [24] (tableau 1).

Tableau 1 : Classification des taux de ventilation (Q) selon l'ASHRAE - Standards pour les hôpitaux

Endroits	CAH* minimal	Rang du taux de ventilation (Q)
Salle d'opération	25	5
Autopsie, chambre d'isolation	12	4
Soins intensifs, chambre de récupération	6	3
Chambre de patient, entrepôt stérile	4	2
Entrepôt de linge propre ou d'équipement	2	1

*CAH = Changement d'air par heure.

L'autre élément de l'environnement de travail à considérer concerne le taux d'activité ou de génération d'aérosols qui peut potentiellement contaminer l'air. Le taux de génération est fonction de la quantité (en nombre) de bioaérosols et représente la contribution d'une source particulière à sa concentration dans l'air [20]. Il est très difficile de mesurer avec précision les taux de génération des aérosols infectieux provenant des humains. McCullough et Brosseau suggèrent plutôt d'utiliser une méthode qui classe qualitativement les taux de génération selon la source ou l'activité (tableau 2). À titre d'exemple, une personne tuberculeuse peut être considérée comme une source dont le taux de génération varie selon l'activité. Ainsi, si la personne dort et ne tousse pas, elle émettra moins de *Mycobacterium tuberculosis* dans l'environnement que si elle subit une thérapie respiratoire.

Le rang ou la bande correspondant au taux d'exposition (C) est donc égal au quotient du rang du taux de génération (G) par le rang du taux de ventilation (Q). Il s'exprime par l'équation suivante :

$$C_{rang} = (G_{rang}/Q_{rang}) \quad (\text{équation 2})$$

C'est cette valeur «C» que l'on retrouve en abscisse à la figure 1. Il est à noter que, selon cette relation, toute augmentation du rang de la ventilation diminuera le taux d'exposition. Or, cette situation ne correspond pas toujours à la réalité dans les milieux de travail où l'exposition d'un

travailleur dépend souvent de sa proximité avec une source de contaminant, ce qui peut affecter, voire contrarier l'effet désiré de la ventilation générale.

Tableau 2 : Taux de génération (G) en fonction de la source et de l'activité humaine

Sources humaines de bioaérosols infectieux*	Type d'activités	Rang du taux de génération (G)
Ne parle pas, ne tousse pas et n'éternue pas	Manipulation sans possibilité de génération (ex. préparation de lamelle microscopique)	1
Tousse ou éternue la bouche recouverte	Manipulation avec faible risque de génération (ex. mise en culture)	2
Tousse ou éternue la bouche découverte	Manipulation avec haut risque de génération accidentelle (ex. centrifugation)	3
Thérapie respiratoire, autopsie, dissection	Aérosolisation délibérée (ex. travaux de recherche)	4

* S'applique aux personnes infectées ou soupçonnées de l'être

2.3 Norme CSA Z94.4-11

L'équation 2 présentée ci-haut est utilisée par le Groupe CSA dans la dernière révision de sa norme Z94.4 dans le cadre d'une approche de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols [25].

Dans cette approche, un outil de sélection constitué de deux roues est fourni à l'utilisateur. Une roue s'applique aux milieux de soins de santé (figure 2) et l'autre aux milieux de travail généraux (figure 3). Chaque roue est divisée en quatre quartiers correspondant à quatre groupes de risque (R1 à R4). Chaque quartier est subdivisé en 16 sections correspondant aux intersections entre le taux de génération (G1 à G4) et le niveau de contrôle (C1 à C4). Chaque section contient un chiffre et une couleur correspondant au niveau de protection acceptable minimale (figure 4).

L'utilisateur identifie d'abord le milieu de travail dans lequel le bioaérosol est présent. Il sélectionne ensuite la roue appropriée (soins de santé ou général), détermine le groupe de risque auquel appartient le bioaérosol et détermine le taux de génération et le niveau de contrôle. L'utilisateur est en mesure de choisir un APR approprié à partir du niveau de protection acceptable obtenu, chaque niveau de protection étant associé à un FPC minimum [25].

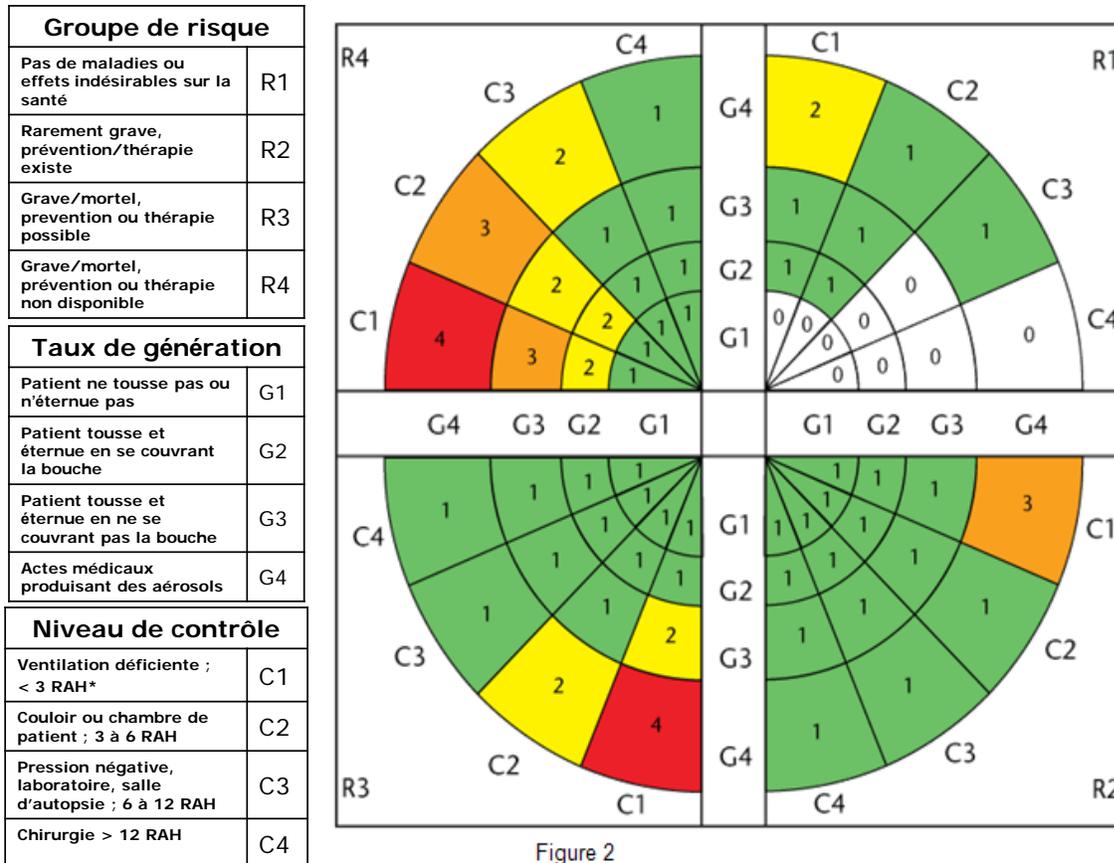


Figure 2

* Pour le niveau de contrôle, RAH signifie « renouvellement d'air par heure », équivalent à CAH.

Figure 2. Outil de gestion graduée du risque pour les bioaérosols dans les établissements de santé (avec la permission du Groupe CSA)

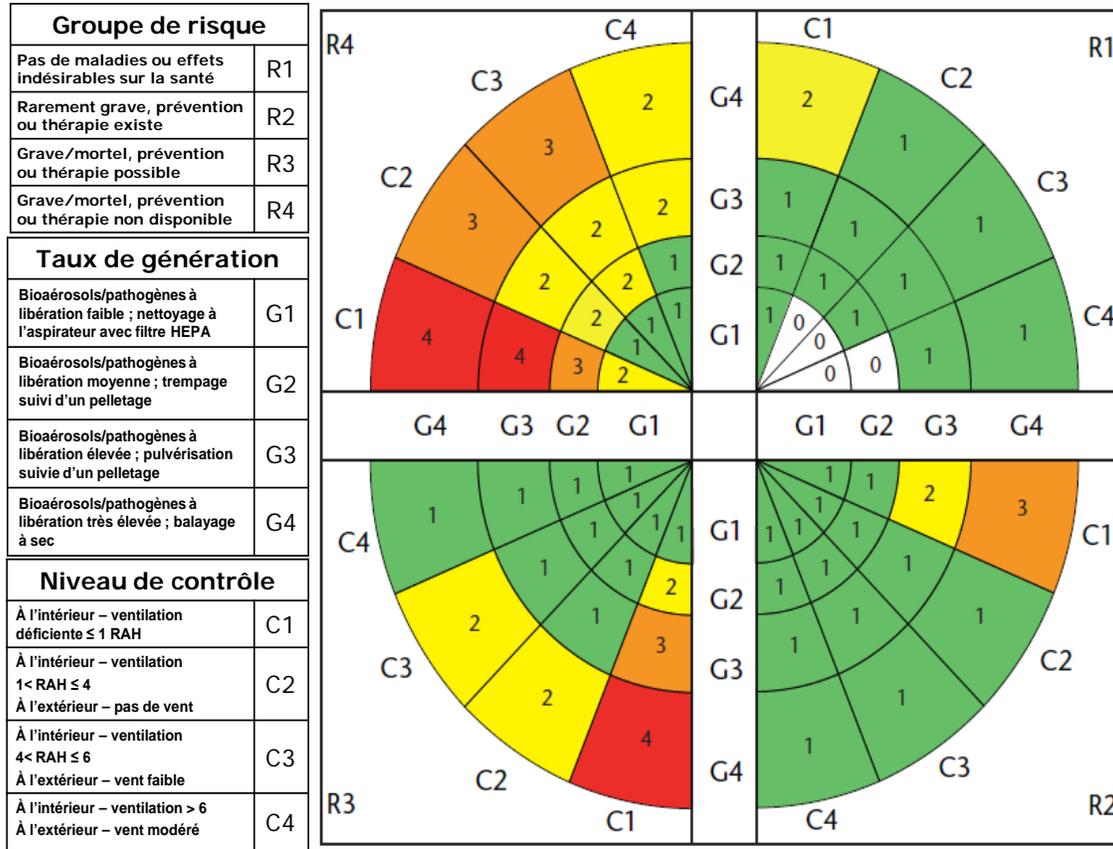


Figure 3. Outil de gestion graduée du risque pour les bioaérosols dans les milieux de travail généraux (avec la permission du Groupe CSA)

Niveau acceptable						Options d'APR à épuración d'air	FPC	Options d'APR à approvisionnement d'air
0	1	2	3	4	5			
						Aucune option d'APR à épuración d'air disponible	10000	<ul style="list-style-type: none"> •APRA (avec apport d'air à la demande) – pièce faciale complète •APRA (avec apport d'air à la demande) – cagoule hermétique •APRA/APR à adduction d'air multifonction
						<ul style="list-style-type: none"> •Épuration d'air assisté, muni d'une pièce faciale complète •Épuration d'air assisté, muni de casque/cagoule, avec étude des FPSMT 	1000	<ul style="list-style-type: none"> •Adduction d'air (débit constant), muni d'une pièce faciale complète •Adduction d'air (avec apport d'air à la demande), muni d'une pièce faciale complète •Adduction d'air (débit constant), muni d'un casque/cagoule avec étude des FPSMT
						<ul style="list-style-type: none"> •Épuration d'air assisté, muni d'une demi-pièce faciale •Épuration d'air (pression négative), muni d'une pièce faciale complète 	50	<ul style="list-style-type: none"> •Adduction d'air (avec apport d'air à la demande), muni d'une demi-pièce faciale •Adduction d'air (débit constant), muni d'une demi-pièce faciale
						<ul style="list-style-type: none"> •Épuration d'air assisté, muni d'un masque souple avec visière-écran •Épuration d'air assisté, muni d'un casque/cagoule, sans étude des FPSMT 	25	<ul style="list-style-type: none"> •Adduction d'air (débit constant), muni d'un masque souple avec visière-écran •Adduction d'air (débit constant), muni d'un casque/cagoule sans étude des FPSMT
						Épuration d'air (pression négative), muni d'une demi-pièce faciale (incluant les pièces faciales filtrantes)	10	Aucune option d'APR à approvisionnement d'air disponible
Aucune protection respiratoire requis						<1	Aucune protection respiratoire requis	

Notes : (1) Voir aux tableaux 1 et 2 les critères de réussite/d'échec pour les essais d'ajustement pour les pièces faciales hermétiques.
 (2) Aucun essai d'ajustement nécessaire dans le cas des APR avec pièce faciale souple.

Figure 4. Hiérarchie des APR par niveau de protection respiratoire

2.4 Objectifs

L'objectif de la présente étude est de développer et valider, en collaboration avec un comité d'experts, un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols infectieux et non infectieux présents dans différents milieux de travail.

3. DESCRIPTION DE LA PRÉSENTE APPROCHE

3.1 Méthodologie

La présente approche a été développée en s'inspirant des modèles de gestion graduée du risque appliquée aux substances chimiques [8,9] et aux nanoparticules [10,11], des travaux de McCullough et Brosseau [20], de la nouvelle norme CSA Z94.4-11 [25], ainsi que de la classification internationale des microorganismes selon leur caractère pathogène [25-29]. Un modèle 4 par 5, constituée des quatre groupes de risque utilisés en biosécurité à la verticale et de cinq niveaux d'exposition à l'horizontale, a été élaboré. Les niveaux de contrôle et les taux de génération ont été classés en cinq bandes correspondant chacune à un pointage. La somme des pointages du niveau de contrôle et du taux de génération permet d'obtenir un niveau d'exposition qui, une fois croisé avec les groupes de risque des microorganismes, est associé à un FPC permettant de choisir un APR suffisamment sécuritaire. Les bandes, pondérations et pointages ont été validés par un comité composé d'experts en gestion du risque (incluant la gestion graduée), en hygiène du travail, en microbiologie, en matière de comportement des aérosols (incluant les bioaérosols), en mécanique des fluides (pour les moyens de contrôle), en protection respiratoire contre les bioaérosols et en médecine du travail. Des études de cas ont été réalisées, à partir desquelles les FPC obtenus avec le modèle proposé pour différentes situations de travail ont été comparés aux recommandations existantes pour les mêmes situations (voir chapitre 5).

3.2 Description des bandes

3.2.1 Groupe de risque

Les bioaérosols sont définis dans le présent ouvrage comme étant des particules aéroportées contenant des organismes vivants, tels les virus, bactéries, moisissures et protozoaires, et/ou des substances ou produits provenant de ces organismes (ex. : toxines, microorganismes morts ou fragments de microorganismes) [30]. Comme tous les autres aérosols, les bioaérosols sont définis par leur granulométrie et se comportent selon la physique des aérosols [2,20].

Les microorganismes sont classés selon leur caractère pathogène en quatre groupes de risque [25-29]. En plus du caractère pathogène du microorganisme, ces groupes de risque tiennent compte de la dose infectieuse, du mode de transmission, de l'hôte, de la disponibilité de mesures préventives et d'un traitement efficace [27]. On rencontre trois groupes de risque infectieux (GR 2 à GR 4) et un groupe de risque non infectieux (GR 1). Les quatre groupes de risque sont, dans la présente approche, l'équivalent des bandes de danger utilisées par d'autres approches de gestion graduée du risque. Le tableau 3 résume la classification retenue et cite quelques exemples de microorganismes faisant partie de chaque groupe. Pour une liste plus exhaustive, se référer à l'annexe I de ce document.

Tableau 3 : Classification des microorganismes selon leur groupe de risque [25-29]

Groupe de risque	Description	
1	Déf.	<p><i>Risque faible pour l'individu et la collectivité</i></p> <p>Agent biologique non susceptible de provoquer des maladies chez les travailleurs en bonne santé. Les bioaérosols non infectieux se retrouvent dans cette catégorie.</p>
	Ex.	<p><i>Bacillus subtilis, Escherichia coli K12, majorité des moisissures</i></p>
2	Déf.	<p><i>Risque modéré pour l'individu, faible pour la collectivité</i></p> <p>Agent pathogène qui peut provoquer une maladie chez les humains mais qui, dans des circonstances normales, n'est pas susceptible de constituer un danger sérieux. Il existe des traitements efficaces et des mesures préventives qui limitent le risque de propagation.</p>
	Ex.	<p>Bactéries : <i>Salmonella</i> spp., <i>Legionella</i> spp., <i>Chlamydia</i> spp., <i>Clostridium</i> spp., <i>Vibrio cholerae</i>, <i>Listeria</i> spp., <i>Streptococcus</i> spp., <i>Helicobacter pylori</i> Agents fongiques : <i>Blastomyces dermatitidis</i>, <i>Cladosporium bantianum</i>, <i>Cryptococcus neoformans</i>, <i>Microsporum</i>, <i>Penicillium marneffeii</i> Parasites : <i>Entamoeba histolytica</i>, <i>Giardia lamblia</i>, <i>Leishmania</i> spp., <i>Plasmodium</i> spp., <i>Schistosoma</i> spp., <i>Toxoplasma</i>, <i>Trypanosoma</i> Virus : hépatite A, B, C, D et E, Epstein Barr, influenza de types A, B et C, virus du papillome humain, oreillons, rougeole, polio (tous types)</p>
3	Déf.	<p><i>Risque élevé pour l'individu, faible pour la collectivité</i></p> <p>Agent pathogène pour lequel le potentiel d'une infection est réel et qui provoque généralement une maladie grave ou létale pour les humains. Des traitements curatifs existent parfois.</p>
	Ex.	<p>Bactéries : <i>Mycobacterium tuberculosis</i>, <i>Brucella</i> spp., <i>Yersinia pestis</i> Agents fongiques : <i>Coccidioides immitis</i>, <i>Histoplasma capsulatum</i> Virus : Hantavirus, fièvre de la vallée du Rift, encéphalite japonaise, fièvre jaune, VIH types 1 et 2 Prions : maladie de Creutzfeldt-Jacob, agents kuru</p>
4	Déf.	<p><i>Risque élevé pour l'individu et pour la collectivité</i></p> <p>Agent pathogène qui provoque généralement une maladie très grave chez les humains pour laquelle il n'existe pas de traitement. Ce groupe ne comprend que des virus.</p>
	Ex.	<p>Fièvre hémorragique Crimée-Congo, Ébola, Marburg, de Lassa, herpès B ou simien, agents de fièvre hémorragique et virus non définis</p>

Le tableau 3 ne spécifie pas le mode de transmission (par inhalation, contact, etc.) et la classification peut ne pas être à jour. Il est du ressort de l'utilisateur de s'assurer de la validité des informations dont il dispose. Le tableau 4 fournit, quant à lui, une liste d'organismes pathogènes (GR 2 à GR 4) et de maladies infectieuses pouvant être transmises par aérosolisation. Il s'agit d'exemples et non pas d'une liste exhaustive.

Tableau 4 : Pathogènes et maladies infectieuses ayant le potentiel d'être transmis par voie aérienne (adapté de ASHRAE (2009) et Tang et coll. (2006))

Maladie/pathogène	Voie de transmission
Anthrax (<i>Bacillus anthracis</i>)	Inhalation de spores
Arénavirus	Inhalation de petites particules aéroportées provenant d'excréments de rongeurs
Aspergillose (<i>Aspergillus fumigatus</i>)	Inhalation de conidies (spores) aéroportées
Blastomycose (<i>Blastomyces dermatitidis</i>)	Conidies, inhalées dans la poussière contenant des spores
Brucellose (<i>Brucella</i>)	Inhalation de bactéries dans l'air
Varicelle/zona	Aérosols liquides ou propagation aérienne de fluide vésiculaire ou de sécrétions des voies respiratoires
Coccidioïdomycose (<i>Coccidioides</i>)	Inhalation d'arthroconidies infectieuses
Adénovirus	Transmis par aérosols liquides respiratoires
Entérovirus (virus Cocksackie)	Propagation par aérosols liquides
Cryptococcose (<i>Cryptococcus neoformans</i>)	Inhalation presumée
Parvovirus humain	Contact avec des sécrétions respiratoires infectées
Rotavirus	Propagation respiratoire possible
virus Norwalk	Transmission aérienne par les fomites
Hantavirus	Transmission par aérosols presumée à partir d'excréments de rongeurs
Histoplasmose (<i>Histoplasma capsulatum</i>)	Inhalation de conidies aéroportées
Influenza	La transmission aérienne prédomine
Virus de Lassa	Contact avec les excréments de rongeurs infectés dans l'air
Légionellose (<i>Legionella pneumophila</i>)	Données épidémiologiques supportent la transmission aérienne
Chorioméningite lymphocytaire	Contact oral ou respiratoire avec des excréments, des aliments ou de la poussière contaminés par le virus
Rougeole	Transmission aérienne par propagation d'aérosols liquides
Mélioïdose (<i>Burkholderia pseudomallei</i>)	Inhalation de poussière du sol
Méningite (<i>Neisseria meningitidis</i>)	Aérosols liquides respiratoires provenant du nez et de la gorge
Méningite (<i>Haemophilus influenzae</i>)	Infection par aérosols liquides et décharges du nez et de la gorge
Méningite (<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	Propagation d'aérosols liquides et contact avec des sécrétions respiratoires
Oreillons	Transmission aérienne ou propagation d'aérosols liquides
<i>Nocardia</i>	Contamination par inhalation
Paracoccidioïdomycose (<i>Paracoccidioides</i>)	Presumée par inhalation de poussière ou de sol

Maladie/pathogène	Voie de transmission
<i>brasiliensis</i>)	contaminé
Coqueluche (<i>Bordetella pertussis</i>)	Contact direct avec les décharges des muqueuses des voies respiratoires de personnes infectées par voie aérienne
Peste (<i>Yersinia pestis</i>)	Rarement par aérosols liquides de patients humains. En cas d'utilisation délibérée, des bacilles pourraient possiblement être transmis sous forme d'aérosols
Pneumonie (<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	Transmission par aérosols liquides
Pneumonie (<i>Mycoplasma pneumoniae</i>)	Probablement inhalation d'aérosols liquides
Pneumonie (<i>Chlamydia pneumoniae</i>)	Possibilités incluent la transmission aérienne
Psittacose (<i>Chlamydia psittacia</i>)	Par inhalation de l'agent à partir de fientes desséchées, de sécrétions et de poussières dans les plumes d'oiseaux infectés
Fièvre Q (<i>Coxiella burnetti</i>)	Communément par dissémination aérienne de <i>Coxiella</i> dans la poussière
Rage	Transmission aérienne démontrée dans une caverne où nichaient des chauves-souris, ainsi qu'en laboratoire, mais très rare
Rhinite/rhume commun (rhinovirus, oronavirus, parainfluenza, virus syncytial respiratoire)	Inhalation d'aérosols liquides présumée
Rubéole	Transmission par aérosols liquides
Variole	Transmission par aérosols liquides
Sporotrichose (<i>Sporothrix schenckii</i>)	Occurrence présumée de la sporotrichose pulmonaire par inhalation de conidies
Tuberculose (<i>Mycobacterium</i> spp.)	Transmission par aérosols liquides

Il est important de noter qu'un microorganisme reconnu comme ne causant pas de problèmes respiratoires peut tout de même représenter un risque à la santé pour les travailleurs qui l'inhalent s'il se retrouve sous forme de bioaérosol, par exemple, s'il est avalé. Également, un agent pathogène actuellement considéré non transmissible par voie aérienne pourrait l'être au fur et à mesure de l'évolution des connaissances. Il est donc recommandé de considérer tous les microorganismes ayant un potentiel d'aérosolisation au travail et faisant partie du même groupe comme représentant un risque équivalent à la santé des travailleurs, peu importe le mode de transmission. Aussi, l'exposition prolongée et continue à de grandes concentrations de bioaérosols du GR 1 peut, malgré leur nature non infectieuse, mener à des problèmes de santé sérieux et irréversibles tels la sensibilisation et le développement de maladies professionnelles (ex. : alvéolite allergique extrinsèque, asthme, syndrome toxique d'exposition aux poussières organiques (STEPO), poumon du boulanger, poumon du fermier, poumon du champignonneur, syndrome des égoutiers, etc.) [1, 2, 32-36]. Des concentrations de bioaérosols caractéristiques de divers milieux de travail sont présentées dans le document de Lavoie et coll. [2]. La présente approche a été développée dans l'optique de protéger les travailleurs contre les risques associés à l'exposition aux bioaérosols du GR 1 autant qu'à ceux des GR 2 à 4.

3.2.2 Niveau d'exposition

Selon Brouwer [37], il existe deux approches différentes de gestion graduée du risque pour caractériser le niveau d'exposition : le système par pointage qui permet de déterminer des points aux différentes bandes puis de les additionner, et le système binaire (oui/non) qui comporte un arbre décisionnel permettant de définir les bandes.. Pour la présente approche, le principe de sommation des pointages a été préféré parce qu'il tient mieux compte de la réalité associée aux sources localisées ou ponctuelles souvent observées en milieu de travail. Même une ventilation générale idéale ne permet pas de réduire l'exposition d'un travailleur si ce dernier se situe à proximité de la source, s'il y a des projections ou s'il bloque ou protège la source en perturbant les profils d'écoulement d'air ambiant. Un risque est toujours présent dans ces situations et ne pourra jamais être réduit à zéro par la ventilation générale dans ce modèle additif, comme c'est le cas dans les modèles de McCullough et du Groupe CSA, où la ventilation divise le risque [20,25] (voir équation 2).

Comme dans l'approche du Groupe CSA [25], le niveau d'exposition est fonction du niveau de contrôle et du taux de génération. Le niveau de contrôle correspond au type et au taux de ventilation dans le milieu de travail (intérieur versus extérieur, nombre de changements d'air par heure (CAH), etc.). Le nombre de CAH doit correspondre au nombre réel de changement d'air et non pas à celui indiqué dans les plans et devis. La description de ce que constitue une évaluation adéquate de la performance des systèmes de ventilation et de leur capacité dépasse les objectifs de cette étude. Il est recommandé que des professionnels qualifiés en ingénierie des systèmes de ventilation ou des entrepreneurs spécialisés dans le domaine soient consultés au besoin pour une telle évaluation. Le tableau 5 présente les bandes de niveau de contrôle et les pointages correspondant.

Tableau 5 : Niveau de contrôle (Q)

Points	Bandes de niveau de contrôle
2,0	CAH* ≤ 2; aucune ou ventilation faible; endroits confinés ou autres semblables
1,5	2 < CAH ≤ 6 ; ventilation générale ou fenêtres ouvertes ou autres semblables
1,0	6 < CAH ≤ 12 ; pièce à pression négative; ventilation de laboratoire; chambre d'isolement; ventilation par déplacement ou autres semblables
0,5	CAH > 12; mécanisation des opérations; opérations sous hotte de laboratoire; certains départements hospitaliers (bronchoscopie, salle d'opération; etc.); travaux à l'extérieur ou autres semblables
0	opérations sous hotte à flux laminaire; sources en circuits fermés ou autres semblables

* CAH = Changement d'air par heure.

Le taux de génération correspond au potentiel d'aérosolisation (mise en suspension) des bioaérosols. Il dépend du type d'activité effectuée, du procédé, de la proximité des sources, etc. Le tableau 6 présente les bandes de taux de génération et les pointages correspondant.

Tableau 6 : Taux de génération (G)

Points	Bandes de taux de génération	
	Probabilité d'inhalation	Exemples
8,0	Très élevée	Aérosolisation non contrôlée du contaminant biologique; proximité des sources d'émission; travaux dans les panaches d'émission; actes médicaux produisant des aérosols ou autres semblables
6,0	Élevée	Aérosolisation élevée; travaux de décontamination; soins donnés à un patient infectieux qui tousse ou éternue la bouche non recouverte ou autres semblables
4,0	Modérée	Aérosolisation modérée; contact avec le contaminant biologique; distance éloignée de la source; patient infectieux qui tousse ou éternue la bouche recouverte ou autres semblables
2,0	Faible	Aérosolisation faible; personnel attiré à d'autres soins
0	Nulle	Aucune aérosolisation

Il est important de noter que les items dans les différentes bandes sont mutuellement exclusifs. Le niveau d'exposition est le résultat de la somme pondérée des points du niveau de contrôle (tableau 5) et du taux de génération (tableau 6) pour un pointage maximal de 10. La pondération utilisée est de 20 % du pointage total provenant du niveau de contrôle et de 80 % provenant du taux de génération. Cette pondération a été choisie afin de mieux tenir compte de la réalité, car il est logique de penser que le taux de génération et la proximité de la source contribuent de façon plus importante au niveau global d'exposition que le niveau de contrôle. Il s'agit d'un choix empirique, mais qui a été appuyé par le comité d'experts de ce projet. Cette pondération est déjà incluse dans les pointages présentés aux tableaux 5 et 6.

Un pointage total entre 0 et 2 (première bande) est considéré comme un niveau d'exposition très faible, de 2,5 à 5 (deuxième bande) équivaut à un niveau faible, de 5,5 à 7 (troisième bande), un niveau moyen, de 7,5 à 9 (quatrième bande), un niveau élevé, et de 9,5 à 10 (cinquième bande) correspond à un niveau d'exposition très élevé (tableau 7).

Tableau 7 : Niveaux d'exposition

	Niveau d'exposition (somme des points du niveau de contrôle et du taux de génération)				
Bande	1	2	3	4	5
Niveau	Très faible	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Pointage	0 – 2	2,5 – 5	5,5 – 7	7,5 – 9	9,5 – 10

3.3 Modèle de sélection

La bande du niveau d'exposition fait correspondre un FPC à la bande du groupe de risque. L'APR est ensuite sélectionné en fonction du FPC. Le tableau 8 présente la matrice qui synthétise le modèle. Dans les situations d'exposition simultanée à plusieurs contaminants biologiques, le FPC le plus élevé a préséance. Une procédure de mise en œuvre de l'outil est présentée en détail à l'annexe II.

Tableau 8 : Modèle pour la sélection du facteur de protection caractéristique (FPC) minimal correspondant au groupe de risque et au niveau d'exposition

		Niveau d'exposition				
		1 Très faible (0 – 2)	2 Faible (2,5 – 5)	3 Moyen (5,5 – 7)	4 Elevé (7,5 – 9)	5 Très élevé (9,5 - 10)
Groupe de risque	1	Aucun	10	10	10	25
	2	Aucun	10	10	25	50 ¹
	3	Aucun	10	25	50 ¹	1000
	4	1000	1000	1000	1000	1000

¹ Le FPC de 50 du NIOSH équivaut au FPC de 100 du Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec [6]

4. VALIDATION ET APPLICATION DE LA PRÉSENTE APPROCHE

La validation par études de cas a été reconnue comme la méthode de choix afin d'évaluer les approches de gestion graduée du risque [17,37]. La validation consiste ici à faire une analyse comparative entre les FPC obtenus avec le modèle proposé et les recommandations existantes pour les mêmes situations de travail.

4.1 Virus du SRAS (Groupe de risque (GR) 3)

A) Personnel responsable du triage des patients à la salle d'urgence d'un hôpital en présence du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS)

- niveau de contrôle (Q)=1,5 (ventilation générale); taux de génération (G)=2,0 (aérosolisation faible); niveau d'exposition (Q+G)=3,5 (faible/bande 2); FPC 10
- Recommandation du Comité ministériel sur les mesures de précaution contre le SRAS [38]: demi-pièce filtrante N95 jetable (FPC 10)

Même recommandation dans les deux cas.

B) Personnel donnant des soins à un patient infecté

- Q=1,0 ($6 < CAH \leq 12$); G=6,0 (soins donnés à un patient infectieux qui tousse ou éternue la bouche non recouverte); Q+G=7,0 (moyen/bande 3); FPC 25
- Recommandation du Comité ministériel sur les mesures de précaution contre le SRAS [38]: demi-pièce faciale filtrante N95 jetable (FPC 10), seule ou sous un APR à épuration d'air motorisé avec cagoule complète jetable (FPC 50 à 1000)

Le comité ministériel avait émis cette recommandation pendant l'épidémie de SRAS, alors que le virus était méconnu, ce qui explique le FPC plus conservateur recommandé par le comité. Il est probable que la recommandation serait différente aujourd'hui.

4.2 Tuberculose (GR 3)

A) Entrée dans la chambre d'un patient infecté

- Q=1,0 (pression négative); G=4,0 (patient infectieux qui éternue ou tousse la bouche recouverte); Q+G=5,0 (faible/bande 2); FPC 10
- Recommandation du Centers for Disease Control and Prevention (CDC) [39]: demi-pièce filtrante N95 (FPC 10)

Même recommandation dans les deux cas.

B) Bronchoscopie sur un patient infecté ou soupçonné d'être infecté

- $Q=0,5$ (département de bronchoscopie); $G=8,0$ (acte médical produisant des aérosols (taux très élevé d'aérosolisation)); $Q+G=8,5$ (élevé/bande 4); FPC 50 (NIOSH) ou 100 (Québec)
- Recommandation du CDC [39]: APR à épuration d'air motorisé (FPC 25 à 1000, selon la pièce faciale)

Le FPC peut être plus ou moins élevé selon la pièce faciale retenue.

C) Autopsie sur un patient atteint ou soupçonné d'être atteint de tuberculose

- $Q=1,0$ ($6 < CAH \leq 12$); $G=6,0$ (probabilité élevée d'aérosolisation); $Q+G=7,0$ (moyen/bande 3); FPC 25
- Recommandation du CDC [39]: APR à épuration d'air motorisé (FPC 25 à 1000, selon la pièce faciale); recommandation de Nolte et coll. [40]: masque N95 minimum (FPC 10 minimum); recommandation de McCullough et Brosseau [20] : FPC 25

Cet exemple démontre la diversité des recommandations existantes.

4.3 Hantavirus (GR 3)**A) Installateurs de téléphones, plombiers, électriciens pouvant être en contact avec des rongeurs ou nids de rongeurs**

- $Q=2,0$ (aucune ventilation); $G=2,0$ (probabilité faible de contact avec le contaminant biologique); $Q+G=4,0$ (faible/bande 2); FPC 10
- Recommandation du CDC [41]: demi-pièce filtrante N100 (FPC 10) ou APR à épuration d'air motorisé (FPC 25 à 1000, selon la pièce faciale) pour ceux qui ne peuvent porter la demi-pièce filtrante N100. La N100 est recommandée à cause de la dimension de ce virus qui se rapproche de celle des particules les plus pénétrantes [41]

Même recommandation dans les deux cas.

B) Personnes qui manipulent fréquemment ou sont exposés à des rongeurs sauvages (zoologistes, exterminateurs, etc.)

- $Q=2,0$ (aucune ventilation); $G=6,0$ (probabilité élevée d'inhalation); $Q+G=8,0$ (élevé/bande 4); FPC 50 (NIOSH) ou 100 (Québec)
- Recommandation du CDC [41]: demi-pièce filtrante N100 (FPC 10) ou APR à épuration d'air motorisé (FPC 50)

Même recommandation ou recommandation plus conservatrice avec la présente approche.

4.4 Anthrax (*Bacillus anthracis*) (GR 3)

A) Personnel affecté au tri du courrier

- Q=1,5 (ventilation générale); G=2,0 (probabilité faible de contact avec le contaminant biologique); Q+G=3,5 (faible/bande 2); FPC 10
- Recommandation du CDC [42]: demi-pièce filtrante N95 (FPC 10)

Même recommandation dans les deux cas.

B) Personnel effectuant des prélèvements de *Bacillus anthracis* dans un bureau de poste

- Q=1,5 (ventilation générale); G=4,0 (probabilité modérée de contact avec le contaminant biologique); Q+G=5,5 (moyen/bande 3); FPC 25
- Recommandation du CDC [42]: APR à épuration d'air motorisé avec pièce faciale complète (FPC 1000)

La bactérie Bacillus anthracis, maintenant classée GR 3, était classée GR 4 au moment de l'émission de la recommandation par le CDC (arme biologique), ce qui explique le FPC de 1000.

4.5 Légionellose (*Legionella pneumophila*) (GR 2)

Nettoyage d'un spa en arrêt

- Q=1,5 (ventilation générale); G=4,0 (contact avec le contaminant biologique); Q+G=5,5 (moyen/bande 3); FPC 10
- Recommandation de McCullough et Brosseau [20] : FPC 10

Même recommandation dans les deux cas.

4.6 Histoplasmosse (*Histoplasma capsulatum*) (GR 3)

A) Inspection, échantillonnage, etc.

- Q=0,5 (travaux à l'extérieur); G=2,0 (aérosolisation faible); Q+G=2,5 (faible/bande 2); FPC 10
- Recommandation de Lenhart et coll. [43]: demi-pièce filtrante N95 (FPC 10)

Même recommandation dans les deux cas.

B) Nettoyage et travaux à l'extérieur

- $Q=0,5$ (travaux à l'extérieur); $G=4,0$ (aérosolisation modérée); $Q+G=4,5$ (faible/bande 2); FPC 10
- Recommandation de Lenhart et coll. [43]: APR à épuration d'air motorisé avec pièce faciale non ajustée (FPC 10)

Même recommandation dans les deux cas.

C) Nettoyage de cheminées, travaux dans des greniers ou poulaillers

- $Q=2,0$ (aucune ventilation); $G=6,0$ (aérosolisation élevée); $Q+G=8,0$ (élevé/bande 4); FPC 50 (NIOSH) ou FPC 100 (Québec)
- Recommandation de Lenhart et coll. [43]: pièce faciale complète avec filtre N95 (FPC 50)

Même recommandation dans les deux cas.

4.7 Porcherie (bioaérosols du GR 1)**Personnel attitré aux soins des animaux**

- $Q=2,0$ (aucune ventilation); $G=8,0$ (aérosolisation très élevée); $Q+G=10,0$ (très élevé/bande 5); FPC 25
- Recommandation de Lee et coll. [44]: FPC 25

Même recommandation dans les deux cas.

4.8 Centre de tri (bioaérosols du GR 1)**Préposé au triage**

- $Q=1,5$ (ventilation générale); $G=6,0$ (aérosolisation élevée); $Q+G=7,5$ (élevé/bande 4); FPC 10
- Recommandation de Lavoie et Guertin [45]: FPC 10

Même recommandation dans les deux cas.

4.9 Épuration des eaux (bioaérosols du GR 1)

Préposé au nettoyage des filtres-presses

- $Q=1,5$ (ventilation générale); $G=6,0$ (aérosolisation élevée); $Q+G=7,5$ (élevé/bande 4); FPC 10
- Recommandation de Lavoie [46]: FPC 10

Même recommandation dans les deux cas.

4.10 Virus A(H1N1) Influenza (GR 3)

Personnel faisant le nettoyage d'une chambre d'isolation d'un patient infecté dans un hôpital

- $Q=1,0$ (pièce à pression négative); $G=4,0$ (distance éloignée de la source, aérosolisation modérée); $Q+G=5,0$ (faible/bande 2); FPC 10
- Recommandations du Comité sur les infections nosocomiales du Québec (CINQ) [47]: Masque chirurgical ou de procédure.

Cet exemple démontre qu'il existe aussi des recommandations d'experts que nous jugeons inadéquates. Un masque chirurgical ou de procédure n'est pas un appareil de protection respiratoire, n'a aucun FPC et ne protège pas adéquatement les travailleurs contre l'inhalation des contaminants infectieux.

4.11 Mousse de tourbe (bioaérosols du GR 1)

Emballage de mousse de tourbe

- $Q=1,5$ (ventilation générale); $G=8,0$ (aérosolisation non contrôlée); $Q+G=9,5$ (très élevé/bande 5); FPC 25
- Duchaine et coll. [48] recommandent une protection respiratoire sans spécifier de FPC (donc un FPC minimal de 10).

Pas de comparaison possible.

4.12 *Chlamydia psittaci* (Psittacose) souche aviaire (GR 2)

Abattoir de volaille

- Q=1,5 (ventilation générale); G=2,0 (probabilité faible d'inhalation); Q+G=3,5 (faible/bande 2); FPC 10
- Noone [49] recommande une protection respiratoire sans spécifier de FPC (donc un FPC minimal de 10).

Pas de comparaison possible.

En résumé, la comparaison entre le modèle proposé et les recommandations existantes démontre que le résultat est identique dans douze des dix-neuf exemples et sous-exemples. Tel que mentionné plus haut, certaines recommandations ont été faites dans un contexte où le bioaérosol était peu connu ou était classé dans un GR plus dangereux, résultant en des FPC recommandés plus élevés que ceux obtenus avec le modèle proposé. Ces comparaisons font aussi ressortir la diversité des recommandations existantes, ainsi que le manque de précision ou de prudence de certaines recommandations. Cela justifie d'autant plus le développement d'un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols permettant de minimiser les écarts entre les recommandations des différentes sources et de rendre plus autonomes les intervenants en SST.

5. PORTÉE ET LIMITES DE LA PRÉSENTE APPROCHE

La gestion graduée du risque est une approche qualitative ou semi-quantitative d'évaluation et de gestion des risques en SST pour les substances n'ayant pas de normes d'exposition ou de méthodes de mesure validées, comme c'est le cas pour les bioaérosols. Elle permet d'établir des liens entre l'évaluation et le contrôle des risques, et de concentrer les efforts vers le choix et la mise en place de stratégies de contrôle plutôt que sur la mesure des expositions.

La gestion graduée du risque ne permet pas de vérifier la conformité à une VLE, ni d'établir le profil d'exposition des travailleurs et ne peut pas être utilisée pour effectuer de la surveillance environnementale. Il s'agit plutôt d'une approche qui se situe en amont de ces actions. Elle doit s'inscrire dans un cadre plus large d'évaluation et de gestion des risques en milieu de travail. Depuis de nombreuses années, la gestion graduée du risque est utilisée avec succès dans les domaines des nanotechnologies et des produits chimiques et pharmaceutiques. Des études ont démontré sa valeur et son utilité en tant qu'outil d'évaluation et de gestion des risques, en comparant notamment les résultats obtenus aux recommandations faites par des hygiénistes du travail ou encore à des mesures effectuées en milieu de travail [9, 17-19]. La communauté internationale en SST est d'avis qu'il s'agit d'une approche qui est appelée à s'améliorer et qui sera de plus en plus répandue. Cette même communauté anticipe que l'utilisation de la gestion graduée du risque permettra d'augmenter la protection des travailleurs et de diminuer les effets sur la santé liés aux contaminants [16].

Lorsque cette approche est utilisée pour faire le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols, elle demande un certain niveau de connaissances, faute de quoi il est préférable de faire appel à des experts afin de faire valider le choix de l'APR. De plus, cette approche préventive est en adéquation avec l'état actuel des connaissances. Les informations données dans ce rapport sont basées sur les données probantes à jour au moment de sa rédaction. La classification des bioaérosols dans les quatre groupes de risque est sujette à changements. Il est donc important que l'utilisateur s'assure de l'exactitude des informations qu'il a en sa possession. De même, comme nous l'avons vu dans l'exemple sur l'anthrax dans les bureaux de poste, cette approche n'est pas conçue pour permettre le choix de la protection respiratoire contre les armes biologiques. Dans ce cas, la protection maximale devrait s'appliquer.

La présente approche est différente de celle préconisée par la norme Z94.4-11 du Groupe CSA. Elle généralise la gestion du risque à tous les milieux de travail, sans distinction entre les milieux de soins de santé et les autres. À titre d'exemple, pour les milieux de travail généraux, le Groupe CSA ne recommande aucun APR pour les bioaérosols du GR 1 (non infectieux) avec un faible taux de génération (G1) et des taux de ventilation de 1 à 6 CAH (niveaux de contrôle C2 à C4). En comparaison, pour les mêmes conditions, l'approche présentée dans ce rapport recommande un FPC de 10. Quant aux bioaérosols du GR 4, des FPC de 10 sont recommandés par l'approche du Groupe CSA pour les milieux de soins de santé si le nombre de changements d'air par heure est supérieur à 12. Or, selon l'Agence de santé publique du Canada, seul laboratoire au pays autorisé à manipuler ce type de microorganismes, le FPC minimal utilisé est de 1000, ce dont la présente approche tient compte.

L'approche du Groupe CSA tend aussi à recommander des FPC moins élevés pour les milieux de soins de santé et ce, pour les quatre groupes de bioaérosols. Ainsi, selon cette approche, certains

travailleurs peuvent être moins bien protégés en fonction de leur milieu de travail, ce qui n'est pas le cas avec notre approche. De plus, le modèle mathématique utilisé dans l'approche du Groupe CSA fait parfois passer les FPC de 1 à 3 ou de 2 à 4, par exemple, sans passer par le FPC intermédiaire, pour des situations qui sont pourtant intermédiaires (passage de G3 à G4 ou de C1 à C2, par exemple). Cela n'est pas observé avec la présente approche.

Il est important de mentionner que la norme CSA Z94.4-11 n'est pas la référence que l'on retrouve dans le Règlement sur la santé et la sécurité du travail du Québec. Il y est plutôt fait mention de la norme Z94.4-93 qui est celle présentement en vigueur au Québec [4]. Or, les contaminants biologiques n'y sont pas considérés.

Dans le but de rendre la présente approche plus accessible et plus facile d'utilisation, le comité d'experts de cette étude a proposé de développer un outil informatique. Cet outil pourra être accompagné d'informations pertinentes et d'hyperliens pour appuyer la démarche et documenter les choix qui y seront faits.

6. CONCLUSION

Sachant que les bioaérosols sont omniprésents dans les milieux de travail et connaissant les effets néfastes qu'ils peuvent causer sur la santé des travailleurs, il est essentiel de pouvoir identifier les situations les plus à risque et de choisir la protection respiratoire appropriée contre ces agents. À cause des limites des méthodes d'échantillonnage et l'absence de VLE pour les bioaérosols, la gestion graduée du risque permet de choisir une protection respiratoire adéquate et constitue une alternative intéressante et complémentaire aux méthodes quantitatives d'hygiène du travail. La hiérarchie des moyens de contrôle doit en tout temps être appliquée, c'est-à-dire privilégier l'élimination à la source ou la réduction des contaminants pour diminuer au minimum l'exposition environnementale des travailleurs et, en complément, lorsque les mesures collectives et organisationnelles ne suffisent pas, utiliser des moyens et équipements de protection individuelle.

L'approche présentée dans ce rapport a été développée afin de répondre aux questionnements des responsables de la protection respiratoire contre les bioaérosols dans les établissements et leur fournir un outil simple d'utilisation, peu importe le milieu de travail. Cette approche permet donc d'évaluer les risques d'exposition aux bioaérosols infectieux et non infectieux en suggérant des recommandations pour la sélection de l'APR adéquat et en identifiant les opérations les plus à risque lorsque les travailleurs sont exposés aux bioaérosols.

La validation en utilisant des études de cas a démontré une bonne concordance avec les FPC cités dans la littérature scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Eduard, W., et al., *Bioaerosol exposure assessment in the workplace: the past, present and recent advances*. Journal of Environmental Monitoring, 2012. **14**(2): p. 334-339.
2. Lavoie, J., et al., *Guide sur la protection respiratoire contre les bioaérosols: recommandations sur le choix et l'utilisation*. Rapport RG-497, 2007, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montreal, QC.
3. Roberge, B., *Manuel d'hygiène du travail: du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*. 2004, Mont-Royal, Québec: Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST).
4. Gouvernement du Québec, *Règlement sur la santé et la sécurité du travail du Québec*, in c. S-2.1, r. 132012, Les Publications du Québec.
5. Association canadienne de normalisation, *Choix, entretien et utilisation des respirateurs : santé et sécurité au travail*, 1993, ACNOR: Rexdale, ON. p. 118.
6. Lara, J. and M. Vennes, *Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec*. 2e ed. 2003: Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST).
7. Sargent, E.V. and G.D. Kirk, *Establishing airborne exposure control limits in the pharmaceutical industry*. The American Industrial Hygiene Association Journal, 1988. **49**(6): p. 309-313.
8. Russell, R.M., et al., *An introduction to a UK scheme to help small firms control health risks from chemicals*. Annals of Occupational Hygiene, 1998. **42**(6): p. 367-76.
9. Marquart, H., et al., 'Stoffenmanager', *a web-based control banding tool using an exposure process model*. Annals of occupational hygiene, 2008. **52**(6): p. 429-441.
10. Paik, S.Y., D.M. Zalk, and P. Swuste, *Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures*. Annals of Occupational Hygiene, 2008. **52**(6): p. 419-28.
11. Truchon, G. and Y. Cloutier, *Control banding et nanotechnologies*. Travail et Santé, 2009. **25**(1): p. 15-16.
12. Nelson, D.I. and D.M. Zalk, *Control banding: background, critique, and evolution*. Patty's Industrial Hygiene, 2010.
13. Zalk, D.M. and D.I. Nelson, *History and evolution of control banding: a review*. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2008. **5**(5): p. 330-46.
14. National Institute for Occupational Safety and Health, *Qualitative risk characterization and management of occupational hazards: control banding (CB), a literature review and critical analysis*, 2009, CDC/NIOSH, Atlanta, GA. p. 118.
15. Maidment, S.C., *Occupational hygiene considerations in the development of a structured approach to select chemical control strategies*. Annals of Occupational Hygiene, 1998. **42**(6): p. 391-400.

16. Drolet, D., et al., *Stratégies de diagnostic sur l'exposition des travailleurs aux substances chimiques. Rapport R-665*, 2010, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montreal, QC.
17. Jones, R.M. and M. Nicas, *Evaluation of COSHH Essentials for vapor degreasing and bag filling operations*. Annals of Occupational Hygiene, 2006. **50**(2): p. 137-147.
18. Tielemans, E., et al., *Stoffenmanager exposure model: development of a quantitative algorithm*. Annals of occupational hygiene, 2008. **52**(6): p. 443-454.
19. Zalk, D.M., S.Y. Paik, and P. Swuste, *Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures*. Journal of Nanoparticle Research, 2009. **11**(7): p. 1685-1704.
20. McCullough, N.V. and L.M. Brosseau, *Selecting respirators for control of worker exposure to infectious aerosols*. Infection Control and Hospital Epidemiology, 1999. **20**(2): p. 136-144.
21. Riley, R.L. and E.A. Nardell, *Clearing the air: the theory and application of ultraviolet air disinfection*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1989. **139**(5): p. 1286-1294.
22. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, *Position Document on Airborne Infectious Diseases*, 2009, ASHRAE.
23. Sze To, G. and C. Chao, *Review and comparison between the Wells–Riley and dose-response approaches to risk assessment of infectious respiratory diseases*. Indoor Air, 2010. **20**(1): p. 2-16.
24. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, *Health Facilities*, in *1991 Application Handbook*. 1991, ASHRAE: Atlanta, GA.
25. Canadian Standards Association, *Selection, Use and Care of Respirators*, 2011, CSA: Mississauga, ON. p. 132.
26. Centers for Disease Control and Prevention & National Institutes of Health, *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories*. 5th ed. 2009: US Department of Health and Human Services, Atlanta, GA.
27. Health Canada, *Laboratory biosafety guidelines, 3rd edition*, 2004, Minister of Public Works and Government Services, Ottawa, ON
28. National Institutes of Health, *NIH Guidelines for research involving recombinant DNA molecules*, 2011, NIH, Bethesda, MD.
29. Parlement européen et Conseil de l'union européenne, *Directive 2000/54/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 septembre 2000 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents biologiques au travail 2000*, Journal officiel des communautés européennes.
30. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Bioaerosols: Assessment and Control*. 1999: ACGIH, Cincinnati, OH.
31. Tang, J., et al., *Factors involved in the aerosol transmission of infection and control of ventilation in healthcare premises*. Journal of Hospital Infection, 2006. **64**(2): p. 100-114.

32. Burge, H.A., *Bioaerosols*. Vol. 2. 1995, Ann Arbor: Lewis Publishers. 318.
33. Eduard, W., *Exposure to non-infectious microorganisms and endotoxins in agriculture*. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 1997. **4**(2): p. 179-186.
34. Goyer, N., et al., *Les bioaérosols en milieu de travail: guide d'évaluation, de contrôle et de prévention. Guide technique T-23*, 2001, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montreal, QC.
35. Lacey, J., *Aerobiology and health: the role of airborne fungal spores in respiratory disease*. *Frontiers in Mycology*, 1991: p. 157-185.
36. Lacey, J. and J. Dutkiewicz, *Bioaerosols and occupational lung disease*. *Journal of Aerosol Science*, 1994. **25**(8): p. 1371-1404.
37. Brouwer, D.H., *Control Banding Approaches for Nanomaterials*. *Annals of Occupational Hygiene*, 2012. **56**(5): p. 506-514.
38. Comité ministériel sur les mesures de précaution contre le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), *Rapport final*, 2004, Ministère de la santé et des services sociaux: Québec. p. 49.
39. Centers for Disease Control and Prevention, *MMWR: Guidelines for preventing the transmission of Mycobacterium tuberculosis in health-care settings*, 2005, CDC, Atlanta, GA.
40. Nolte, K.B., D.G. Taylor, and J.Y. Richmond, *Biosafety considerations for autopsy*. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 2002. **23**(2): p. 107-122.
41. Centers for Disease Control and Prevention, *MMWR: Hantavirus pulmonary syndrome-United States: updated recommendations for risk reduction*, 2002, CDC, Atlanta, GA.
42. Centers for Disease Control and Prevention, *Protecting investigators performing environmental sampling for Bacillus anthracis: personal protective equipment*, 2002, CDC, Atlanta, GA.
43. Lenhart, S.W., et al., *Histoplasmosis: protecting workers at risk (revised ed.)*, 2004, CDC/NIOSH/NCID, Cincinnati, OH. p. 32.
44. Lee, S.A., et al., *Respiratory protection provided by N95 filtering facepiece respirators against airborne dust and microorganisms in agricultural farms*. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2005. **2**(11): p. 577-585.
45. Lavoie, J. and S. Guertin, *Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants*. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 2001. **51**(3): p. 352-360.
46. Lavoie, J., *Évaluation de l'exposition aux bioaérosols dans les stations de traitement des eaux usées*. *Vecteur Environnement*, 2000. **33**(3): p. 43-50.
47. Comité sur les infections nosocomiales du Québec (CINQ), *Mesures de prévention et contrôle de l'influenza pandémique pour les établissements de soins et les sites de soins non traditionnels.*, 2006, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique du Québec. p. 63.

48. Duchaine, C., et al., *Santé respiratoire des travailleurs et qualité de l'air des tourbières du Québec possédant des systèmes de dépoussiérage. Rapport R-363*, 2010, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montreal, QC. p. 138.
49. Noone, P., *Psittacosis in poultry workers and trichloramine occupational exposure limits in swimming pools*. *Occupational Medicine*, 2012. **62**: p. 392-393.

ANNEXE I

Directive 2000/54/CE du Parlement européen et du Conseil de l'union européenne concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents biologiques au travail [29]

CLASSIFICATION COMMUNAUTAIRE (Article 2, deuxième alinéa, et article 18)

BACTÉRIES et organismes apparentés

NB: Pour les agents biologiques figurant dans la présente liste, la mention «spp.» fait référence aux autres espèces qui sont connues pour être pathogènes chez l'homme.

Organisme	Groupe de risque
<i>Actinobacillus actinomycetemcomitans</i>	2
<i>Actinomadura madurae</i>	2
<i>Actinomadura pelletieri</i>	2
<i>Actinomyces gerenceseriae</i>	2
<i>Actinomyces israelii</i>	2
<i>Actinomyces pyogenes</i>	2
<i>Actinomyces</i> spp.	2
<i>Arcanobacterium haemolyticum</i> (<i>Corynebacterium haemolyticum</i>)	2
<i>Bacillus anthracis</i>	3
<i>Bacteroides fragilis</i>	2
<i>Bartonella bacilliformis</i>	2
<i>Bartonella quintana</i> (<i>Rochalimaea quintana</i>)	2
<i>Bartonella</i> (<i>Rochalimaea</i>) spp.	2
<i>Bordetella bronchiseptica</i>	2
<i>Bordetella parapertussis</i>	2
<i>Bordetella pertussis</i>	2 V
<i>Borrelia burgdorferi</i>	2
<i>Borrelia duttonii</i>	2
<i>Borrelia recurrentis</i>	2
<i>Borrelia</i> spp.	2
<i>Brucella abortus</i>	3
<i>Brucella canis</i>	3
<i>Brucella melitensis</i>	3
<i>Brucella suis</i>	3
<i>Burkholderia mallei</i> (<i>Pseudomonas mallei</i>)	3
<i>Burkholderia pseudomallei</i> (<i>Pseudomonas pseudomallei</i>)	3
<i>Campylobacter fetus</i>	2
<i>Campylobacter jejuni</i>	2
<i>Campylobacter</i> spp.	2
<i>Cardiobacterium hominis</i>	2
<i>Chlamydia pneumoniae</i>	2
<i>Chlamydia trachomatis</i>	2
<i>Chlamydia psittaci</i> (souches aviaires)	2
<i>Chlamydia psittaci</i> (souches non aviaires)	3
<i>Clostridium botulinum</i>	2 T
<i>Clostridium perfringens</i>	2
<i>Clostridium tetani</i>	2 T, V
<i>Clostridium</i> spp.	2

Organisme	Groupe de risque
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	2 T, V
<i>Corynebacterium minutissimum</i>	2
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i>	2
<i>Corynebacterium</i> spp.	2
<i>Coxiella burnetii</i>	3
<i>Edwardsiella tarda</i>	2
<i>Ehrlichia sennetsu</i> (<i>Rickettsia sennetsu</i>)	2
<i>Ehrlichia</i> spp.	2
<i>Eikenella corrodens</i>	2
<i>Enterobacter aerogenes/cloacae</i>	2
<i>Enterobacter</i> spp.	2
<i>Enterococcus</i> spp.	2
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	2
<i>Escherichia coli</i> (à l'exception des souches non pathogènes)	2
<i>Escherichia coli</i> , souches cytotoxiques (par exemple, 0157:H7 ou 013)	3 (***) T
<i>Flavobacterium meningosepticum</i>	2
<i>Fluoribacter boiemanac</i> (<i>Legionella</i>)	2
<i>Francisella tularensis</i> (type A)	3
<i>Francisella tularensis</i> (type B)	2
<i>Fusobacterium necrophorum</i>	2
<i>Gardnerella vaginalis</i>	2
<i>Haemophilus ducreyi</i>	2
<i>Haemophilus influenzae</i>	2
<i>Haemophilus</i> spp.	2
<i>Helicobacter pylori</i>	2
<i>Klebsiella axytoca</i>	2
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2
<i>Klebsiella</i> spp.	2
<i>Legionella pneumophila</i>	2
<i>Legionella</i> spp.	2
<i>Leptospira interrogans</i> (tous sérotypes)	2
<i>Listeria monocytogenes</i>	2
<i>Listeria ivanovii</i>	2
<i>Morganella morganii</i>	2
<i>Mycobacterium africanum</i>	3 V
<i>Mycobacterium avium/intracellulare</i>	2
<i>Mycobacterium bovis</i> (à l'exception de la souche BCG)	3 V
<i>Mycobacterium chelonae</i>	2
<i>Mycobacterium fortuitum</i>	2
<i>Mycobacterium kansasii</i>	2
<i>Mycobacterium leprae</i>	3
<i>Mycobacterium malmoense</i>	2
<i>Mycobacterium marinum</i>	2
<i>Mycobacterium microti</i>	3 (***)
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	2
<i>Mycobacterium scrofulaceum</i>	2
<i>Mycobacterium simiae</i>	2
<i>Mycobacterium szulgai</i>	2
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	3 V
<i>Mycobacterium ulcerans</i>	3 (***)
<i>Mycobacterium xenopi</i>	2
<i>Mycoplasma caviae</i>	2
<i>Mycoplasma hominis</i>	2
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	2

Organisme	Groupe de risque
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	2
<i>Neisseria meningitidis</i>	2 V
<i>Nocardia asteroides</i>	2
<i>Nocardia brasiliensis</i>	2
<i>Nocardia farcinica</i>	2
<i>Nocardia nova</i>	2
<i>Nocardia otitidiscavium</i>	2
<i>Pasteurella multocida</i>	2
<i>Pasteurella</i> spp.	2
<i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	2
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	2
<i>Porphyromonas</i> spp.	2
<i>Prevotella</i> spp.	2
<i>Proteus mirabilis</i>	2
<i>Proteus penneri</i>	2
<i>Proteus vulgaris</i>	2
<i>Providencia alcalifaciens</i>	2
<i>Providencia retigeri</i>	2
<i>Providencia</i> spp.	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2
<i>Rhodococcus equi</i>	2
<i>Rickettsia akari</i>	3 (**)
<i>Rickettsia canada</i>	3 (**)
<i>Rickettsia conorii</i>	3
<i>Rickettsia montana</i>	3 (**)
<i>Rickettsia typhi</i> (<i>Rickettsia mooseri</i>)	3
<i>Rickettsia prowazekii</i>	3
<i>Rickettsia rickettsii</i>	3
<i>Rickettsia tsutsugamushi</i>	3
<i>Rickettsia</i> spp.	2
<i>Salmonella arizonae</i>	2
<i>Salmonella enteritidis</i>	2
<i>Salmonella typhimurium</i>	2
<i>Salmonella paratyphi</i> A, B, C	2 V
<i>Salmonella typhi</i>	3 (**) V
<i>Salmonella</i> (autres variétés sérologiques)	2
<i>Serpulina</i> spp.	2
<i>Shigella boydii</i>	2
<i>Shigella dysenteriae</i> (type 1)	3 (**) T
<i>Shigella dysenteriae</i> (autre que le type 1)	2
<i>Shigella flexneri</i>	2
<i>Shigella sonnei</i>	2
<i>Staphylococcus aureus</i>	2
<i>Streptobacillus moniliformis</i>	2
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	2
<i>Streptococcus pyogenes</i>	2
<i>Streptococcus suis</i>	2
<i>Streptococcus</i> spp.	2
<i>Treponema carateum</i>	2
<i>Treponema pallidum</i>	2
<i>Treponema pertenue</i>	2
<i>Treponema</i> spp.	2
<i>Vibrio cholerae</i> (y inclus El Tor)	2
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	2

Organisme	Groupe de risque
<i>Vibrio</i> spp.	2
<i>Yersinia enterocolitica</i>	2
<i>Yersinia pestis</i>	3 V
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	2
<i>Yersinia</i> spp.	2
VIRUS (*)	
<i>Adenoviridae</i>	2
<i>Arenaviridae</i>	
Complexe de la chorioméningite lymphocytaire-Lassa (arénavirus de l'ancien monde):	
Virus Lassa	4
Virus de la chorioméningite lymphocytaire (souches neurotropes)	3
Virus de la chorioméningite lymphocytaire (autres souches)	2
Virus Mopeia	2
Autres complexes de la chorioméningite lymphocytaire-Lassa	2
Complexe Tacaribe (arénavirus du nouveau monde):	
Virus Guanarito	4
Virus Junin	4
Virus Sabia	4
Virus Machupo	4
Virus Flexal	3
Autres complexes Tacaribe	2
<i>Astroviridae</i>	2
<i>Bunyaviridae</i>	
Belgrade (également appelé Dobrava)	3
Bhanja	2
Virus Bunyamwera	2
Germiston	2
Virus Oropouche	3
Sin Nombre (anciennement Muerto Canyon)	3
Virus de l'encéphalite de Californie	2
Hantavirus:	
Hantaan (fièvre hémorragique de Corée)	3
Séoul (Virus)	3
Puumala-Virus	2
Prospect Hill-Virus	2
Autres hantavirus	2
Nairovirus:	
Virus de la fièvre hémorragique de Crimée/du Congo	4
Virus Hazara	2
Phlebovirus:	
Fièvre de la vallée du Rift	3 V
Fièvre à phlébotomes	2
Virus Toscana	2
Autres bunyavirus connus comme pathogènes	2
<i>Caliciviridae</i>	
Virus de l'hépatite E	3 (**)
Norwalk-virus	2
Autres caliciviridae	2
<i>Coronaviridae</i>	2
<i>Filoviridae</i>	
Virus Ebola	4
Virus de Marbourg	4
<i>Flaviviridae</i>	

Organisme	Groupe de risque
Encéphalite d'Australie (encéphalite de la vallée Murray)	3
Virus de l'encéphalite à tiques d'Europe centrale	3 (**)
Absettarov	3
Hanzalova	3
Hypr	3
Kumlinge	3
Virus de la dengue, types 1 à 4	3
Virus de l'hépatite C	3 (**)
Virus de l'hépatite G	3 (**)
Encéphalite B japonaise	3 V
Forêt de Kyasanur	3 V
Louping ill	3 (**)
Omsk (a)	3 V
Powassan	3
Rocio	3
Encéphalite verno-estivale russe (a)	3 V
Encéphalite de Saint-Louis	3
Virus Wesselsbron	3 (**)
Virus de la vallée du Nil	3
Fièvre jaune	3 V
Autres flavivirus connus pour être pathogènes	2 V
<i>Hepadnaviridae</i>	
Virus de l'hépatite B	3 (**)
Virus de l'hépatite D (delta) (b)	3 (**)
<i>Herpesviridae</i>	
Cytomegalovirus	2
Virus d'Epstein-Barr	2
Herpesvirus simiae (virus B)	3
Herpes simplex virus, types 1 et 2	2
Herpesvirus varicella-zoster	2
Virus lymphotrope B humain (HBLV-HHV6)	2
Herpesvirus haminis 7	2
Herpesvirus haminis 8	2 D
<i>Orthomyxoviridae</i>	
Virus influenza, types A, B et C	2 V (c)
Orthomyxoviridae transmis par les tiques: virus Dhori et Thogoto	2
<i>Papovaviridae</i>	
Virus BK et JC	2 D (d)
Papillomavirus humain	2 D (d)
<i>Paramyxoviridae</i>	
Virus de la rougeole	2 V
Virus des oreillons	2 V
Virus de la maladie de Newcastle	2
Virus para-influenza, types 1 à 4	2
Virus respiratoire synovial	2
<i>Parvoviridae</i>	
Parvovirus humain (B 19)	2
<i>Picornaviridae</i>	
Virus de la conjonctivite hémorragique (AHC)	2
Virus Coxsackie	2
Virus Écho	2
Virus de l'hépatite A (entérovirus humain, type 72)	2 V
Virus poliomyélitique	2 V
Rhinovirus	2

Organisme	Groupe de risque
<i>Poxviridae</i>	
Buffalopox virus (e)	2
Cowpox virus	2
Elephantpox virus (f)	2
Virus du module des trayeurs	2
Molluscum contagiosum virus	2
Monkeypox virus	3 V
Orf virus	2
Rabbitpox virus (g)	2
Vaccinia virus	2
Variola (major et minor) virus	4 V
Whitepox virus (Variola virus)	4 V
Yatapox virus (Tana et Yaba)	2
<i>Reoviridae</i>	
Coltivirus	2
Rotavirus humains	2
Orbivirus	2
Reovirus	2
<i>Retroviridae</i>	
Virus de l'immunodéficience humaine	3 (***) D
Virus de leucémies humaines à cellules T (HTLV), types 1 et 2	3 (***) D
Virus SIV (h)	3 (***)
<i>Rhabdoviridae</i>	
Virus de la rage	3 (***) V
Virus de la stomatite vésiculeuse	2
<i>Togaviridae</i>	
Alphavirus:	
Encéphalomyélite équine est-américaine	3 V
Virus Bebaru	2
Virus Chikungunya	3 (***)
Virus Everglades	3 (***)
Virus Mayaro	3
Virus Mucambo	3 (***)
Virus Ndumu	3
Virus O'nyong-nyong	2
Virus de la rivière Ross	2
Virus de la forêt de Semliki	2
Virus Sindbis	2
Virus Tonate	3 (***)
Encéphalomyélite équine du Venezuela	3 V
Encéphalomyélite équine ouest-américaine	3 V
Autres alphavirus connus	2
Rubivirus (rubella)	2 V
<i>Toroviridae</i>	
	2
<i>Virus non classifiés</i>	
Morbillivirus équin	4
Virus d'hépatites non encore identifiés	3 (***) D
<i>Agents non classiques associés avec les encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST):</i>	
Maladie de Creutzfeldt-Jakob	3 (***) D (d)
Variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob	3 (***) D (d)

Organisme	Groupe de risque
------------------	-------------------------

Encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) et autres EST animales associées (i)	3 (**) D (d)
Syndrome de Gerstmann-Sträussler-Scheinker	3 (**) D (d)
Kuru	3 (**) D (d)

(*) Voir la note introductive 7, à la fin de l'annexe I.

(**) Voir la note introductive 8, à la fin de l'annexe I.

(a) Encéphalite à tiques.

(b) Le virus de l'hépatite D nécessite une infection simultanée ou secondaire à celle déclenchée par le virus de l'hépatite B pour exercer son pouvoir pathogène chez le travailleur. La vaccination contre le virus de l'hépatite B protégera dès lors les travailleurs qui ne sont pas affectés par le virus de l'hépatite B contre le virus de l'hépatite D (delta).

(c) Uniquement en ce qui concerne les types A et B.

(d) Recommandé pour les travaux impliquant un contact direct avec ces agents.

(e) Deux virus peuvent être identifiés sous cette rubrique, un genre «Buffalopox» virus et une variante de «Vaccinia» virus.

(f) Variante de «Cowpox».

(g) Variante de «Vaccinia».

(h) Il n'existe actuellement aucune preuve de maladie de l'homme par les autres rétrovirus d'origine simienne. Par mesure de précaution, un confinement de niveau 3 est recommandé pour les travaux exposant à ces rétrovirus.

(i) Il n'y a pas de preuve concernant l'existence chez l'homme d'infections dues aux agents responsables d'autres EST animales. Néanmoins, les mesures de confinement des agents classifiés dans le groupe de risque 3 (**) sont recommandées par précaution pour les travaux en laboratoire, à l'exception des travaux en laboratoire portant sur un agent identifié de tremblante du mouton, pour lequel le niveau de confinement 2 est suffisant.

D: Liste des travailleurs exposés à cet agent biologique à conserver pendant plus de dix ans après la fin de leur dernière exposition connue.

T: Production de toxines.

V: Vaccin efficace disponible.

PARASITES

Organisme	Groupe de risque
------------------	-------------------------

<i>Acanthamoeba castellani</i>	2
<i>Ancylostoma duodenale</i>	2
<i>Angiostrongylus cantonensis</i>	2
<i>Angiostrongylus costaricensis</i>	2
<i>Ascaris lumbricoides</i>	2 A
<i>Ascaris suum</i>	2 A
<i>Babesia divergens</i>	2
<i>Babesia microti</i>	2
<i>Balantidium coli</i>	2
<i>Brugia malayi</i>	2
<i>Brugia pahangi</i>	2
<i>Capillaria philippinensis</i>	2
<i>Capillaria</i> spp.	2
<i>Clonorchis sinensis</i>	2
<i>Clonorchis viverrini</i>	2
<i>Cryptosporidium parvum</i>	2
<i>Cryptosporidium</i> spp.	2
<i>Cyclospora cayatanensis</i>	2
<i>Dipetalonema streptocerca</i>	2
<i>Diphyllobothrium latum</i>	2
<i>Dracunculus medinensis</i>	2
<i>Echinococcus granulosus</i>	3 (**)

Organisme	Groupe de risque
<i>Echinococcus multilocularis</i>	3 (**)
<i>Echinococcus vogeli</i>	3 (**)
<i>Entamoeba histolytica</i>	2
<i>Fasciola gigantica</i>	2
<i>Fasciola hepatica</i>	2
<i>Fasciolopsis buski</i>	2
<i>Giardia lamblia</i> (<i>Giardia intestinalis</i>)	2
<i>Hymenolepis diminuta</i>	2
<i>Hymenolepis nana</i>	2
<i>Leishmania brasiliensis</i>	3 (**)
<i>Leishmania donovani</i>	3 (**)
<i>Leishmania ethiopica</i>	2
<i>Leishmania mexicana</i>	2
<i>Leishmania peruviana</i>	2
<i>Leishmania tropica</i>	2
<i>Leishmania major</i>	2
<i>Leishmania</i> spp.	2
<i>Lea lea</i>	2
<i>Mansonella ozzardi</i>	2
<i>Mansonella persians</i>	2
<i>Naegleria fowleri</i>	3
<i>Necator americanus</i>	2
<i>Onchocerca volvulus</i>	2
<i>Opistorchis felineus</i>	2
<i>Opistorchis</i> spp.	2
<i>Paragonimus westermani</i>	2
<i>Plasmodium falciparum</i>	3 (**)
<i>Plasmodium</i> spp. (humain et simien)	2
<i>Sarcocystis suihominis</i>	2
<i>Schistosoma haematobium</i>	2
<i>Schistosoma intercalatum</i>	2
<i>Schistosoma japonicum</i>	2
<i>Schistosoma mansoni</i>	2
<i>Schistosoma mekongi</i>	2
<i>Strongyloides stercoralis</i>	2
<i>Strongyloides</i> spp.	2
<i>Taenia saginata</i>	2
<i>Taenia solium</i>	3 (**)
<i>Toxocara canis</i>	2
<i>Toxoplasma gondii</i>	2
<i>Trichinella spiralis</i>	2
<i>Trichuris trichiura</i>	2
<i>Trypanosoma brucei brucei</i>	2
<i>Trypanosoma brucei gambiense</i>	2
<i>Trypanosoma brucei rhodesiense</i>	3 (**)
<i>Trypanosoma cruzi</i>	3
<i>Wuchereria bancrofti</i>	2

(**) Voir la note introductive 8, à la fin de l'annexe I.

A: Effets allergiques possibles.

NOTES INTRODUCTIVES

7. Les États membres veillent à ce que tous les virus qui ont déjà été isolés chez l'homme et qui n'ont pas été évalués et classifiés dans la présente annexe soient classés au minimum dans le groupe 2, sauf si les États membres ont la preuve qu'ils ne sont pas susceptibles de provoquer une maladie chez l'homme.

8. Certains agents biologiques classés dans le groupe 3 et indiqués dans la liste ci-jointe par *un double astérisque* peuvent présenter pour les travailleurs un risque d'infection limité parce qu'ils ne sont normalement pas infectieux par l'air. Les États membres évaluent les mesures de confinement à appliquer à ces agents biologiques compte tenu de la nature des activités spécifiques en question et de la quantité de l'agent biologique concerné, en vue de déterminer si, dans des circonstances particulières, il peut être renoncé à certaines de ces mesures.

ANNEXE II

Mise en œuvre de l'outil de sélection

Lorsqu'un bioaérosol est présent ou soupçonné d'être présent dans le milieu de travail, la procédure à suivre est celle-ci :

1. Déterminer le groupe de risque auquel appartient le bioaérosol. Au besoin, consulter les bases de données des organismes suivants ou se référer à la liste de la Directive 2000/54/CE [29] (annexe I du présent document) :
 - Agence de la santé publique du Canada : <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-fra.php>
 - American Biological Safety Association : <http://www.absa.org/riskgroups/index.html>

2. Déterminer la bande du niveau de contrôle en fonction du type et du taux de ventilation (estimer le nombre de CAH au besoin).

Points	Bandes de niveau de contrôle
2,0	CAH* ≤ 2; aucune ventilation; endroits confinés ou autres semblables
1,5	2 < CAH ≤ 6 ; ventilation générale ou fenêtres ouvertes ou autres semblables
1,0	6 < CAH ≤ 12 ; pièce à pression négative; ventilation de laboratoire; chambre d'isolement; ventilation par déplacement ou autres semblables
0,5	CAH > 12; mécanisation des opérations; opérations sous hotte de laboratoire; certains départements hospitalier (bronchoscopie, salle d'opération; etc.); travaux à l'extérieur ou autres semblables
0	opérations sous hotte à flux laminaire; sources en circuits fermés ou autres semblables

3. Déterminer la bande du taux de génération en fonction du type de travail effectué, des activités, des procédés, etc.

Points	Bandes de taux de génération	
	Probabilité d'inhalation	Exemples
8,0	Très élevée	Aérosolisation non contrôlée du contaminant biologique; proximité des sources d'émission; travaux dans les panaches d'émission; actes médicaux produisant des aérosols ou autres semblables
6,0	Élevée	Aérosolisation élevée; travaux de décontamination; soins donnés à un patient infectieux qui tousse ou éternue la bouche non recouverte ou autres semblables
4,0	Modérée	Aérosolisation modérée; contact avec le contaminant biologique; distance éloignée de la source; patient infectieux qui tousse ou éternue la bouche recouverte ou autres semblables
2,0	Faible	Aérosolisation faible; personnel attitré à d'autres soins
0	Nulle	Aucune aérosolisation

4. Calculer le niveau d'exposition en additionnant les pointages du niveau de contrôle et du taux de génération.

	Niveau d'exposition (somme des points du niveau de contrôle et du taux de génération)				
Bande	1	2	3	4	5
Niveau	Très faible	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Pointage	0 – 2	2,5 – 5	5,5 – 7	7,5 – 9	9,5 – 10

5. Trouver le FPC minimal à l'intersection du niveau d'exposition et du groupe de risque dans la modèle de sélection.

		Niveau d'exposition				
		1 Très faible (0 – 2)	2 Faible (2,5 – 5)	3 Moyen (5,5 – 7)	4 Elevé (7,5 – 9)	5 Très élevé (9,5 - 10)
Groupe de risque	1	Aucun	FPC 10	FPC 10	FPC 10	FPC 25
	2	Aucun	FPC 10	FPC 10	FPC 25	FPC 50 ¹
	3	Aucun	FPC 10	FPC 25	FPC 50 ¹	FPC 1000
	4	FPC 1000	FPC 1000	FPC 1000	FPC 1000	FPC 1000

¹ Le FPC de 50 du NIOSH équivaut au FPC de 100 du Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec [6]

6. Sélectionner à l'aide du Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec un APR ayant le FPC requis [6].

Mise en garde

Cet outil ne doit pas être utilisé :

- 1) s'il s'agit d'une situation d'urgence ou de danger immédiat pour la vie ou la santé,
- 2) si le niveau d'oxygène dans l'air est de moins de 19,5 %,
- 3) s'il y a risque d'incendie ou d'explosion, ou
- 4) s'il y a présence de contaminants chimiques.