

Prévention des risques chimiques et biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-829



Risques associés aux préparations bactériennes et enzymatiques pour le dégraissage et le nettoyage

*Denis Bégin
Michel Gérin
Jacques Lavoie*



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
2014
ISBN : 978-2-89631-740-0 (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,
juillet 2014

Prévention des risques chimiques et biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-829

Risques associés aux préparations bactériennes et enzymatiques pour le dégraissage et le nettoyage

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.

*Denis Bégin, chimiste, M.Sc., Michel Gérin, chimiste, Ph.D.
Département de santé environnementale et santé au travail,
Université de Montréal*

*Jacques Lavoie, biologiste, M.Sc.A.
Prévention des risques chimiques et biologiques, IRSST*

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'IRSS

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

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport désirent remercier les diverses personnes et organismes qui les ont aidés directement ou indirectement dans la réalisation de cette étude, notamment :

le personnel des six milieux de travail visités;

l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) qui a financé cette recherche;

les membres du comité consultatif nommés ci-dessous;

et Mme Laure-Élise Forel, étudiante au Département de santé environnementale et santé au travail de l'Université de Montréal et à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse).

Le comité consultatif

Cette étude a bénéficié du soutien d'un comité consultatif formé d'intervenants provenant d'associations représentant divers secteurs d'activité potentiellement impliqués dans l'utilisation des préparations visées par cette recherche. Dans le cadre de rencontres avec l'équipe de recherche et d'une enquête par questionnaire dans leurs milieux, les membres du comité ont aidé l'équipe de recherche à préciser les utilisations de ces produits et à identifier divers milieux de travail qui ont pu faire l'objet de visites d'observation.

Ce comité était composé des personnes suivantes :

Mme Marie-France d'Amours de l'IRSST (coordonnatrice du comité)

Mme Martine Charette d'Auto Prévention

Mme Caroline Godin de l'Association sectorielle paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la fabrication de produits en métal, de la fabrication de produits électriques et des industries de l'habillement (ASPHME)

M. Sylvain LeQuoc de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur affaires sociales (ASSTSAS)

Mme Isabelle Ménard de la Confédération des syndicats nationaux (CSN)

M. François Meunier de l'Association des restaurateurs du Québec (ARQ)

M. Charbel Mouawad de l'Association sectorielle fabrication d'équipement de transport et de machines (ASFETM)

Mme Esther Thibault de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail secteur administration provinciale (APSSAP)

SOMMAIRE

En remplacement des dégraissants et nettoyants traditionnels, qu'ils soient à base de solvants ou de tensioactifs, on retrouve actuellement sur le marché des préparations à base de bactéries et d'enzymes pour le nettoyage de surfaces en milieu industriel et institutionnel. Des préparations enzymatiques sont également utilisées en milieu de soins pour le nettoyage d'instruments chirurgicaux et diagnostiques. Mises à part les fiches de données de sécurité et les fiches techniques fournies par les fabricants, les hygiénistes et les médecins du travail et de l'environnement, ainsi que les autres spécialistes du domaine de la santé et de la sécurité du travail ne possèdent que des données fragmentaires sur la composition de ces préparations. De plus, ces préparations sont souvent publicisées comme des produits idéaux, verts et atoxiques. La présente monographie vise à présenter de façon synthétique et critique les connaissances sur les aspects de la santé, de la sécurité, de l'environnement et techniques de ces produits biotechnologiques, de manière à guider les intervenants qui sont appelés à les évaluer, à les recommander ou à les utiliser. La méthode retenue consiste principalement en une revue de la littérature scientifique et technique. Cette recherche repose aussi sur la consultation d'intervenants représentant divers secteurs d'activité et sur l'observation de quelques milieux dans lesquels les travailleurs sont exposés à ce genre de préparations.

Les biofontaines utilisent des préparations aqueuses formulées avec des bactéries de risque infectieux faible ou nul (dites de groupe 1). Elles remplacent de plus en plus souvent les fontaines traditionnelles à base de solvants, particulièrement dans le domaine de l'entretien mécanique. L'élimination des solvants y est avantageuse d'un point de vue sécuritaire et sanitaire. À l'exception d'un cas de sensibilisation respiratoire rapporté dans la littérature, aucun effet sur la santé n'a été démontré à la suite de leur utilisation. Par ailleurs, la protection de l'environnement y est renforcée puisque les bactéries transforment en grande partie les salissures organiques (huiles, graisses) en eau et en dioxyde de carbone. Cependant, certaines études montrent la présence, dans des biofontaines en cours d'utilisation, de bactéries présentant un risque infectieux modéré pour les individus (dites de groupe 2). Il est recommandé aux utilisateurs de se protéger la peau (gants, vêtements à manches longues) et les yeux (lunettes de sécurité) ainsi que de se conformer à diverses mesures d'hygiène individuelle. La génération d'aérosols est possible lorsqu'il y a utilisation de soufflettes pour le séchage des pièces nettoyées. En l'absence de données sur ce type d'exposition par inhalation, il est recommandé de rincer les pièces à l'eau avant ce séchage ou sinon de porter un appareil de protection respiratoire (APR) à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95. Ce travail a également permis de documenter l'utilisation de préparations bactériennes appliquées par pulvérisation. Dans ce type de situation, le port d'un APR à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95 serait recommandé, en l'absence de données métrologiques.

Les détergents à base d'enzymes sont largement utilisés dans les milieux de soins pour le nettoyage des instruments chirurgicaux et diagnostiques. La littérature rapporte quelques cas de sensibilisation respiratoire de travailleurs manipulant de tels nettoyants à base de subtilisine, l'enzyme la mieux documentée dans ce contexte et la seule faisant l'objet d'une valeur limite d'exposition au Québec. Il n'y a encore que très peu de données sur les niveaux d'exposition à la subtilisine ni aux autres enzymes dans ces milieux, bien que la présence d'aérosols soit possible, notamment lors de l'utilisation de soufflettes pour le séchage des instruments. En attendant que

les niveaux soient mieux documentés, si l'on soupçonne la présence d'aérosols et que l'on ne dispose pas de hotte de laboratoire, notamment lors du lavage manuel des instruments, il semble approprié de recommander le port d'un APR à pièce faciale filtrante (masque jetable) et non d'un simple masque chirurgical. Par ailleurs, pour la protection contre de possibles éclaboussures, l'APR devrait résister aux projections liquides. Le port de gants, blouse à manches longues, protection oculaire, bonnet et couvre-chaussures est aussi recommandé.

Ce travail a permis en outre de documenter certaines autres utilisations de préparations bactériennes ou enzymatiques, particulièrement pour l'entretien ménager institutionnel et dans l'industrie alimentaire. On note une documentation très insuffisante sur la composition de ce type de produits, leurs utilisations, les expositions professionnelles et leurs effets potentiels sur la santé.

En ce qui concerne plus spécifiquement les nettoyeurs bactériens, il faut noter la possibilité qu'ils soient certifiés sur une base volontaire avec une étiquette écologique selon la norme ÉcoLogo DCC-110, qui assure que certains critères liés à la protection de l'environnement sont respectés, qu'ils ne contiennent pas de microorganismes pathogènes et qu'ils sont techniquement performants. Dans un contexte où l'encadrement réglementaire de l'utilisation de microorganismes en milieu de travail est insuffisant, l'application de cette norme doit être encouragée.

En conclusion, les nettoyeurs et dégraissants bactériens et enzymatiques occupent une place de plus en plus importante sur le marché. Bien que dans l'ensemble peu d'effets sur la santé en milieu de travail aient été documentés à la suite de leur utilisation, les risques existent et divers moyens de protection individuelle sont recommandés, selon les circonstances. Des études métrologiques devraient être entreprises pour documenter la nature et les niveaux d'exposition aux bactéries et enzymes dans les circonstances les plus susceptibles de générer des aérosols. Vu la nature exploratoire des données de terrain dans cette recherche, il serait important également qu'une cartographie soit établie sur l'utilisation de ces produits dans les milieux de travail québécois.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE	III
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES	IX
1. INTRODUCTION	1
2. MÉTHODOLOGIE	3
3. RÉSULTATS	5
3.1 Bactéries	5
3.2 Enzymes	6
3.3 Dégraissants et nettoyeurs verts	6
3.4 Fabrication	7
3.5 Composition et fonction des constituants	7
3.6 Mise en œuvre	10
3.6.1 Biofontaines	10
3.6.2 Systèmes intégrés de dégraissage	15
3.6.3 Nettoyage de véhicules de transport en commun	16
3.6.4 Nettoyage d'instruments chirurgicaux et diagnostiques	16
3.6.5 Autres utilisations	17
3.7 Exposition professionnelle	19
3.7.1 Inhalation	19
3.7.2 Contact cutané et avec les muqueuses	20
3.8 Effets sur la santé	21
3.8.1 Préparations bactériennes.....	21
3.8.2 Préparations enzymatiques.....	22
3.9 Effets sur l'environnement	23

3.10	Législations, réglementations et recommandations	23
3.10.1	Milieu de travail	23
3.10.2	Environnement	27
3.11	Étiquettes écologiques.....	28
3.12	Prévention.....	30
3.12.1	Premiers secours	30
3.12.2	Fuites accidentelles	30
3.12.3	Manipulation et stockage	31
3.12.4	Équipement de protection individuelle	31
3.12.5	Élimination des déchets	33
3.12.6	Prélèvement et analyse.....	33
3.12.7	Surveillance médicale	34
4.	DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS.....	35
4.1	Préparations à base de bactéries à usage industriel	35
4.1.1	Biofontaines	35
4.1.2	Nettoyage de véhicules de transport en commun par pulvérisation	37
4.1.3	Systèmes intégrés de dégraissage	37
4.2	Nettoyants à base d'enzymes en milieux de soins	38
4.3	Autres utilisations	39
4.3.1	Nettoyants bactériens et enzymatiques pour l'entretien ménager.....	39
4.3.2	Diverses utilisations	41
4.4	Étiquettes écologiques.....	41
4.5	Fiches de données de sécurité.....	42
4.6	Réglementation.....	43
5.	CONCLUSION.....	45
	BIBLIOGRAPHIE.....	47
Annexe A	Bactéries identifiées dans l'étude de Boucher et coll.....	65
Annexe B	Composition de dégraissants et nettoyants à base de bactéries et d'enzymes.....	69
Annexe C	Résultats de la consultation par questionnaire.....	77
Annexe D	Visites d'observation dans six milieux de travail.....	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Composition d'un nettoyant de surface dure	9
Tableau 2	VLE réglementaires pour les enzymes dans cinq pays	26
Tableau 3	Normes du programme Choix environnemental ^{MC} (ÉcoLogo [®]) exigeant ou permettant la présence de bactéries ou d'enzymes	29

LISTE DES ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES

% P/P : Pourcentage poids/poids

ACIA : Agence canadienne d'inspection des aliments

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ACNOR : Association canadienne de normalisation

AIHA : American Industrial Hygiene Association

AISE : Association internationale de la savonnerie, de la détergence et des produits d'entretien

AMFEP : Association des manufacturiers et formulateurs de produits enzymatiques

APR : Appareil de protection respiratoire

ARLA : Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire

ASPC : Agence de la santé publique du Canada

ATCC : American Type Culture Collection

BIPC : Bureau d'innocuité des produits chimiques

CAS : Chemical Abstracts Service

CCT : Code canadien du travail

CSST : Commission de la santé et de la sécurité du travail

DMEL : Derived Minimal Effect Level

DNEL : Derived No-Effect Level

ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

FDS : Fiche de données de sécurité

FPC : Facteur de protection caractéristique

IOM : Institute of Occupational Medicine

IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

ISO : International Organization for Standardization

LAPHT : Loi sur les agents pathogènes humains et les toxines

LCPE : Loi canadienne sur la protection de l'environnement

LIS : Liste intérieure des substances

LSST : Loi sur la santé et la sécurité du travail

mg/m³ : milligramme d'une substance donnée par mètre cube d'air

µg/m³ : microgramme d'une substance donnée par mètre cube d'air

ng/m³ : nanogramme d'une substance donnée par mètre cube d'air

NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health

OMS : Organisation mondiale de la santé

OSHA : Occupational Safety and Health Administration

RCSST : Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail

REACH : Regulation for Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

REL : Recommended Exposure Limit

RMD : Règlement sur les matières dangereuses

RPC : Règlement sur les produits contrôlés

RSST : Règlement sur la santé et la sécurité du travail

SIMDUT : Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail

sp. : espèce

spp. : espèces

TLV : Threshold Limit Value

UE/m³ : Unité d'endotoxine par mètre cube d'air

UFC : Unité formant colonie

UFC/m³ : Unité formant colonie par mètre cube d'air

UFC/ml : Unité formant colonie par millilitre

U.S. EPA : United States Environmental Protection Agency

VLE : Valeur limite d'exposition

1. INTRODUCTION

La toxicité aiguë et chronique de nombreux solvants organiques est bien établie (49). En outre, de graves accidents liés à leur inflammabilité (78) ou à leur utilisation en espace confiné (63) sont toujours rapportés. Une enquête récente indique que plus de 300 000 travailleurs québécois sont exposés souvent ou continuellement à des vapeurs de solvants dans le cadre de leur emploi (275). Il est donc justifié de vouloir substituer des produits moins dangereux aux solvants traditionnels.

Les opérations de dégraissage de surfaces à l'aide de solvants sont encore répandues dans les milieux industriels (238) et en entretien mécanique (47). Par ailleurs, des solvants comme les éthers de glycol sont souvent retrouvés dans la composition des nettoyants ménagers utilisés en milieux institutionnels (34).

Comme produits de remplacement pour les dégraissants et les nettoyants traditionnels, on retrouve actuellement sur le marché des préparations à base de bactéries et d'enzymes pour le nettoyage de surfaces en milieu industriel et institutionnel. Des nettoyants enzymatiques sont également utilisés depuis longtemps en milieux hospitaliers pour le nettoyage d'instruments chirurgicaux et diagnostiques. Mises à part les fiches de données de sécurité (FDS) et les fiches techniques fournies par les fabricants, les hygiénistes et médecins du travail et de l'environnement et autres spécialistes du domaine de la santé et de la sécurité du travail ne possèdent que des données fragmentaires concernant ces préparations commerciales. De plus, elles sont souvent présentées comme des produits idéaux, verts et atoxiques.

La présente monographie présente de façon synthétique et critique les connaissances sur les aspects santé, sécurité, environnement et technique de ces produits biotechnologiques, de manière à guider les intervenants amenés à les évaluer ou à les utiliser. Elle se concentre sur le dégraissage de surfaces en milieu industriel et en entretien mécanique (bactéries), sur le nettoyage d'instruments chirurgicaux et diagnostiques (enzymes) et sur certaines autres utilisations, particulièrement l'entretien ménager institutionnel (bactéries et enzymes).

2. MÉTHODOLOGIE

Une recherche exhaustive dans les bases de données bibliographiques suivantes a permis d'identifier la plupart des articles scientifiques de première main et certains rapports de recherche de la littérature grise : Biological Abstracts (259), Current Contents Connect (261), Embase (105), Engineering Village (106), ISST (80), PubMed (267), Références SST (Canadiana, CISILO, HSELINE, INRS-Bibliographie, NIOSHTIC, NIOSHTIC-2, OHSLINE) (54), SciFinder (52), Toxline (205). Les bases de données canadienne (218), européenne (211) et états-unienne (274) de brevets ont également été consultées.

La banque de données québécoises iCRIQ (76) et l'utilisation du moteur de recherche généraliste Google ont permis d'identifier des fabricants et des distributeurs de dégraissants et de nettoyeurs bactériens et enzymatiques, et d'obtenir leurs FDS et leurs fiches techniques¹. Cette dernière recherche a visé principalement les sociétés québécoises et canadiennes. Les fiches ont été analysées afin de déterminer quelles sont les bactéries, enzymes et substances chimiques contenues dans les diverses préparations commerciales.

Des personnes-ressources, notamment chez les fabricants locaux, ont été contactées afin d'obtenir de l'information concernant les modes de fabrication et d'utilisation des nettoyeurs et dégraissants à base de bactéries et d'enzymes.

Un comité consultatif d'intervenants (voir pages liminaires) a été mis sur pied afin d'obtenir des informations concrètes sur l'utilisation de ces produits au Québec. Une consultation par questionnaire a été menée à cet effet auprès des membres de ce comité. Les questions concernaient les produits utilisés, les secteurs d'utilisation, la présence d'une certification des produits, leur degré de pénétration dans le milieu, la satisfaction des utilisateurs et les problèmes techniques, sanitaires ou environnementaux potentiellement rencontrés dans leur mise en œuvre.

Des visites ont été organisées dans six milieux de travail locaux afin d'observer les travailleurs utilisant les dégraissants et nettoyeurs à base de bactéries et d'enzymes : hôpital, fabricant de véhicules récréatifs, fabricant d'aéronefs, atelier d'usinage, entreprise de télécommunications, société de transport en commun. La majorité de ces milieux avaient été identifiés par les membres du comité consultatif.

Le processus de consultation modeste, soit l'administration d'un questionnaire et l'observation d'un petit nombre de milieux de travail, font en sorte que les auteurs de cette étude n'ont aucune prétention à l'exhaustivité dans la couverture des utilisations et des milieux de travail québécois dans lesquels ils sont employés.

¹ La mention de noms de produits commerciaux dans le texte ne signifie en aucun cas que les auteurs de ce rapport recommandent ou désapprouvent leur utilisation.

3. RÉSULTATS

Puisque cette monographie traite de bactéries et d'enzymes, il apparaît nécessaire de rappeler quelques notions élémentaires à leur sujet et de les situer dans le contexte de l'apparition en milieu de travail des dégraissants et nettoyants « verts ». Les Sections 3.1, 3.2 et 3.3 sont ainsi consacrées à ces sujets introductifs avant de rapporter l'essentiel des résultats.

3.1 Bactéries

Les bactéries constituent la plus ancienne et la plus abondante des formes de vie sur la terre. Ce sont des microorganismes unicellulaires, procaryotes (sans membrane nucléaire), qui se multiplient par division cellulaire asexuée. Leur taille est de l'ordre du micromètre. Leur nomenclature est binomiale et latine, le premier terme désigne le genre et le deuxième se rapporte à l'espèce. Il existe trois grands systèmes de classification des bactéries selon Stackebrandt (249).

- 1- Classification basée sur le risque sanitaire des microorganismes. Elle prend en compte leur pathogénicité, la dose infectieuse, le mode de transmission, la gamme d'hôtes, la disponibilité des mesures préventives (prophylaxie) et des traitements efficaces (36). En santé publique, le système le plus utilisé est celui proposé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'ensemble des microorganismes, listant quatre groupes de risque dans un contexte de travaux en laboratoire (215) :
 - a. Groupe de risque 1 : risque faible ou nul pour les individus ou la collectivité (p. ex. *Bacillus subtilis*);
 - b. Groupe de risque 2 : risque modéré pour les individus, faible pour la collectivité (p. ex. *Pseudomonas aeruginosa*);
 - c. Groupe de risque 3 : risque important pour les individus, faible pour la collectivité (p. ex. *Bacillus anthracis*);
 - d. Groupe de risque 4 : risque important pour les individus comme pour la collectivité (p. ex. *Ebola virus*²).
- 2- Classification basée sur les propriétés phénotypiques : l'appartenance à un genre ou à une espèce est déterminée notamment par la coloration différentielle de Gram³, le besoin en oxygène et la morphologie (sphérique, hélicoïdale, en forme de bâtonnets) de l'organisme.
- 3- Classification basée sur les caractéristiques (similitudes) phylogénétiques, c'est-à-dire par l'étude de l'histoire évolutive d'un groupe d'organismes (phylogénie). Ce système

² Il n'y aurait pas de bactérie dans le groupe 4. Même le bacille de Yersin (*Yersinia pestis*), la bactérie responsable de la peste est classée dans le groupe 3.

³ Mise au point par le bactériologiste danois Hans Christian Gram (1853-1937). Sa méthode recourt au violet de gentiane (chlorure d'hexaméthyl-p-rosaniline, n° CAS 548-62-9) et est utilisée en microbiologie médicale. Elle permet de classer les bactéries en deux groupes [bactéries gram-positives et gram-négatives], fournissant des renseignements nécessaires pour le traitement des maladies.

taxinomique a été rendu possible par le développement des techniques de séquençage des acides nucléiques.

Certaines bactéries gram-positives (p. ex. *Bacillus*, *Clostridium*) peuvent acquérir une structure appelée endospore qui est très résistante aux conditions environnementales comme les températures extrêmes et les radiations ultraviolettes. Les endospores peuvent rester viables pendant de nombreuses années. La formation de l'endospore (sporulation) commence habituellement lorsque la bactérie manque de nourriture. La sporulation dure environ 8 h chez *Bacillus subtilis*. Les endospores dormantes peuvent se transformer en cellules végétatives actives si elles sont activées, généralement par la chaleur (283).

3.2 Enzymes

Une enzyme est une molécule inanimée de nature protéinique qui catalyse de façon hautement spécifique une réaction biochimique. Les enzymes sont fabriquées par les cellules vivantes. La ptyaline et la pepsine sont des exemples d'enzymes endogènes. La première, présente dans la salive, accélère la conversion de l'amidon en sucre alors que la deuxième, constituante du suc gastrique, hydrolyse les protéines. À part certaines telles que la papaïne, extraite du latex du papayer, les enzymes industrielles sont produites par des microorganismes cultivés en phase aqueuse dans des bioréacteurs (174). Leur masse moléculaire peut atteindre plusieurs dizaines de milliers de Da⁴. Les enzymes se répartissent en six classes d'après la nature de la réaction chimique qu'elles catalysent : oxydoréductase, transférase, hydrolase, lyase, isomérase, ligase (260). La classe d'intérêt pour les enzymes utilisées dans les nettoyeurs enzymatiques est celle des hydrolases, comprenant notamment les amylases, cellulases, lipases et protéases. Une association de fabricants d'enzymes a constitué une liste non exhaustive de 260 enzymes différentes produites commercialement par ses membres (14). Le lecteur est référé au document en ligne⁵ du D^r Gerard P. Moss pour la question de la nomenclature des enzymes (197).

3.3 Dégraissants et nettoyeurs verts

Depuis les années 1970, l'adjectif « vert » qualifie un produit de consommation « qui contribue au respect de la nature, à la défense de l'environnement » (233). Plusieurs entreprises ont depuis adopté des politiques d'achat écoresponsable, notamment pour leurs dégraissants et nettoyeurs, dans la foulée du rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (« rapport Brundtland ») de 1987 (70) et de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (« Conférence de Rio ») en 1992 (217). Cette tendance s'est accentuée au Québec avec l'adoption en 2006 de la Loi sur le développement durable (139). Le Centre de services partagés du Québec s'est ainsi doté d'une politique interne d'approvisionnement écoresponsable⁶, notamment pour ses produits d'entretien⁷.

⁴ Dalton : unité de masse atomique correspondant au douzième de la masse de l'isotope 12 du carbone.

⁵ <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

⁶ <http://gestion.approvisionnement-quebec.gouv.qc.ca/portail/Acheteur/DocPDF/Politique-interne-DGACO.pdf>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

⁷ http://gestion.approvisionnement-quebec.gouv.qc.ca/portail/Acheteur/DocPDF/R%C3%A9pertoireVert_DGACO.pdf. [Dernière consultation : 2013-06-01].

L'absence de définition claire d'un produit dit « vert » sur le marché est décrite par Durif et coll. (95). Les consommateurs autant que les acheteurs dans les entreprises peuvent en effet facilement être confondus par la multitude de déclarations « vertes » vantant les produits des fabricants. Le vaste domaine des nettoyeurs et dégraissants ne fait pas exception (41). Plusieurs qualificatifs pour caractériser les nettoyeurs ou dégraissants disponibles sur le marché ont en effet été retrouvés, notamment les six suivants : biologique, biotechnologique, écologique, naturel, sécuritaire, vert. Dieye propose des définitions pour les quatre premières expressions (89). Cet auteur place dans la catégorie des nettoyeurs biotechnologiques qui nous intéresse ceux qui contiennent des bactéries. Pour notre part, nous préférons ajouter aux nettoyeurs bactériens ceux contenant des enzymes dans la grande catégorie des nettoyeurs biotechnologiques. En outre, toute préparation nécessitant la mise en culture de microorganismes au cours de sa production devrait être incluse dans la catégorie des nettoyeurs biotechnologiques. Rappelons que de nombreux dégraissants et nettoyeurs « verts » ne rentrent pas dans la catégorie biotechnologique, car leurs tensioactifs sont simplement dérivés de ressources renouvelables par des techniques de lipochimie ou de sucrochimie sans la mise en œuvre de microorganismes, sauf en amont, dans la fabrication d'enzymes parfois utilisées pour les dériver (74,151).

3.4 Fabrication

La culture industrielle des bactéries fait partie du vaste domaine des biotechnologies. Les bactéries aérobies et anaérobies utilisées dans les dégraissants industriels proviennent de l'environnement naturel (eau, sol) (189) ou sont isolées à partir des boues activées d'une usine de traitement des eaux usées (265). Ces bactéries mésophiles⁸ sont ensuite cultivées dans des bioréacteurs, c'est-à-dire des cuves de fermentation où la composition du milieu de culture, la température, le pH et l'aération sont notamment contrôlés. Pour plus de détails techniques sur cette question, le lecteur est référé à la monographie d'Overmann (221). Un fabricant français divulgue une partie des bactéries utilisées (*Arthrobacter globiformis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*) sur la fiche technique de ses tablettes d'ensemencement pour fontaines de dégraissage de pièces (230). Pour des raisons de concurrence commerciale, les fabricants de dégraissants et de nettoyeurs à base de bactéries et d'enzymes ne publient pas le détail exact de leur procédé de fabrication. En outre, la fabrication de ces préparations fait parfois l'objet de brevets d'invention. Les fabricants peuvent se procurer des solutions concentrées de cultures bactériennes et des enzymes pour formuler leurs propres préparations. À titre d'exemple, l'un des grands fabricants de ces cultures bactériennes et d'enzymes est la société Novozymes (Salem, VA et Franklinton, NC).

La fabrication des enzymes est réalisée par fermentation bactérienne aérobie ou anaérobie dans un appareil appelé fermenteur ou bioréacteur. Le lecteur intéressé trouvera une revue exhaustive de l'enzymologie industrielle dans la monographie de Kirk et coll. (171).

3.5 Composition et fonction des constituants

Les nettoyeurs et dégraissants à base de bactéries et d'enzymes se présentent sous la forme de préparations aqueuses. Les nettoyeurs à base de bactéries fonctionnent sur le même principe que la bioremédiation qui utilise les organismes vivants, en particulier les microorganismes, pour

⁸ Microorganisme dont la croissance est favorisée par des températures comprises entre 25 et 40 °C (10).

éliminer de l'environnement des polluants tels que les hydrocarbures (p. ex. sols contaminés, marées noires) (75,227). Les polluants constituent la nourriture de ces microorganismes. Les fabricants de nettoyeurs incorporent des consortiums de bactéries dans leurs préparations, fonctionnant en synergie et couvrant plus d'un type de salissures (84,165). Lorsque les dégraissants et les nettoyeurs sont mis en œuvre, les bactéries migrent vers leur nourriture, les salissures dans notre cas, par chimiotactisme. Les substances attractives (salissures) sont détectées grâce à des chimiorécepteurs, c'est-à-dire des protéines spéciales situées dans la membrane cytoplasmique des bactéries ou près de celle-ci (283). Les salissures lipidiques ainsi que les huiles et graisses minérales sont constituées de molécules de grandes dimensions que les bactéries ne peuvent absorber directement à travers leur membrane. Elles sécrètent alors des enzymes qui ont le rôle de dégrader les grosses molécules en plus petites unités, assimilables ensuite par les bactéries. Ces dernières digèrent ces petites molécules organiques qui leur fournissent de l'énergie et rejettent uniquement de l'eau et du dioxyde de carbone, processus appelé minéralisation.

Les fabricants affirment que leurs préparations commerciales ne contiennent que des bactéries du groupe de risque 1 (83,189). Le genre et l'espèce des bactéries sont cependant rarement rapportés dans les fiches techniques et les FDS des dégraissants et nettoyeurs retrouvés sur le marché. En outre, des chercheurs français ont identifié plusieurs souches de bactéries du groupe de risque 2 dans les fluides de biofontaines de dégraissage de pièces en cours d'utilisation (voir Section 3.6.1) et formulés *a priori* uniquement avec des bactéries du groupe de risque 1 (43). Les bactéries identifiées par ces auteurs dans les biofontaines sont énumérées dans les deux tableaux de l'Annexe A. Le Tableau A1 liste les bactéries identifiées à partir de colonies cultivées sur gélose. Le Tableau A2 liste celles identifiées par séquençage de l'acide désoxyribonucléique (ADN) (43). La réglementation allemande (71), listant plus exhaustivement les bactéries que l'équivalent canadien (130), a été utilisée dans ces tableaux pour associer les bactéries à des groupes de risque infectieux. La moitié de l'ensemble des bactéries identifiées sont ainsi classées dans le groupe de risque 2, les bactéries restantes étant classées dans le groupe de risque 1 (27 %) ou étant non répertoriées (23 %). Boucher et coll. (43), ainsi que David et coll. (85) ont observé des variations importantes de la composition bactérienne dans les biofontaines, d'une marque de commerce à l'autre, d'une biofontaine à l'autre et au sein d'une même biofontaine dans le temps. D'après ces auteurs, divers facteurs peuvent influencer la composition de la flore bactérienne des biofontaines, notamment la nature du consortium bactérien original, des tensioactifs, des salissures, l'intensité de l'utilisation et de l'entretien, l'eau du robinet et l'environnement de travail (pièces, air, travailleurs). Böhle et coll. indiquent eux aussi que des analyses d'échantillons de dégraissants provenant de biofontaines ont révélé la présence de bactéries du groupe de risque 2 (40). Ces auteurs allemands ajoutent qu'un mélange de bactéries des groupes de risque 1 et 2 se retrouve dans les biofontaines comme dans tous les systèmes de nettoyage aqueux.

Iwashita et coll. ont étudié en laboratoire le procédé BioClean (voir Section 3.6.2) afin d'identifier par séquençage du gène codant pour l'acide ribonucléique ribosomique 16S les bactéries actives lors de la biodégradation d'un lubrifiant extrême-pression (165). Ce dernier était composé d'hydrocarbures naphthéniques ($\approx 33\%$), d'alcanes et alcènes chlorés ($\approx 30\%$), d'huile végétale et autres composants mineurs. Les auteurs rapportent les espèces bactériennes suivantes :

- *Achromobacter xylooxidans* (2),
- *Achromobacter* sp. LMG 5431 (?),
- *Bacillus cereus* (2),
- *Bacillus licheniformis* (1),
- *Ochrobactrum intermedium* (2),
- *Pseudomonas aeruginosa* (2),
- *Rhizobiaceae* M100 (?).

Le chiffre entre parenthèses indique le groupe de risque infectieux (? = non déterminé) pour ces microbes, selon la réglementation allemande (71).

Les fabricants ne divulguent généralement pas la nature des bactéries utilisées dans leurs nettoyeurs. Il est cependant possible d'obtenir certaines informations à partir des brevets d'invention délivrés aux fabricants. Le Tableau 1 donne ainsi la composition d'un nettoyeur de surface dure d'un fabricant québécois.

Tableau 1
Composition d'un nettoyeur de surface dure (252)

Substance	Concentration (% P/P) ⁹	Fonction
Eau	61,04	Solvant
Acide dodécylbenzène sulfonique	15	Tensioactif anionique
Alcools éthoxylés et propoxylés en C ₁₂ -C ₁₅	15	Tensioactif non ionique
Hydroxyde de sodium	4,02	Neutralisation de l'acidité du tensioactif anionique
Acétate de sodium anhydre	2,4	Stabilisant
Mélange d'enzymes lipase/alpha-amylase	1,8	Dégradation des lipides et des glucides
Tris(hydroxyméthyl)aminométhane	0,3	Tampon
<i>Bacillus subtilis</i> et <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,1	Minéralisation des composés organiques
Chlorure d'hydrogène	0,1	Ajustement du pH
1,2-benzisothiazolin-3-one	0,08	Préservateur
Chlorure de calcium dihydraté	0,05	Activateur d'enzyme

Les deux bactéries rapportées dans le Tableau 1 se classent dans le groupe de risque infectieux 1 (71). Les enzymes parfois rapportées dans les fiches techniques et les FDS répertoriées dans la présente étude sont généralement les suivantes¹⁰ : alpha-amylase (n° CAS : 9000-90-2), cellulase

⁹ Le pourcentage total tel que rapporté dans le brevet est égal à 99,89 %.

¹⁰ D'autres enzymes sont aussi rapportées par les manufacturiers. Ainsi, le fabricant Bionetix (Sainte-Anne-de-Bellevue, QC) liste les enzymes suivantes sur la fiche technique d'une de ses préparations nettoyantes : uricase (n° CAS : 9002-12-4), β -glucanase (n° CAS : 9074-98-0).

(n° CAS : 9012-54-8), lipase (n° CAS : 9001-62-1), subtilisine¹¹ (n° CAS : 9014-01-1). À l'encontre des nettoyeurs bactériens, les nettoyeurs enzymatiques ne minéralisent pas les salissures. Ainsi, les amylases hydrolysent l'amidon pour donner les glucides maltose et dextrine, les cellulases hydrolysent la cellulose, les lipases hydrolysent les lipides en glycérol et en acides gras, et les protéases hydrolysent les protéines en donnant des acides aminés. Le nettoyage des surfaces est donc favorisé puisque les produits réactionnels sont des molécules de plus petite taille que les salissures d'origine et sont plus solubles dans l'eau.

Tout nettoyeur à base de bactéries et d'enzymes doit nécessairement comprendre également un ou plusieurs tensioactifs (aussi appelés surfactants ou surfactifs), car ils sont essentiels pour déloger les salissures des surfaces à nettoyer, processus renforcé par l'action mécanique (p. ex. broissage, récurage, pulvérisation). Le lecteur est référé aux documents de Lavoué et coll. pour approfondir les caractéristiques techniques et toxicologiques des tensioactifs (181,182). Depuis quelques années, certains fabricants favorisent l'utilisation de tensioactifs provenant de ressources renouvelables (151,172). Certaines bactéries peuvent également sécréter des biotensioactifs (biosurfactants). C'est le cas p. ex. de *Pseudomonas aeruginosa* (116), une bactérie du groupe de risque 2 (20).

Les nettoyeurs à base de bactéries et d'enzymes peuvent aussi contenir divers additifs, p. ex. des agents anticorrosion, des colorants, des neutralisants, des parfums, des préservateurs, des stabilisants, des tampons. Certaines préparations renferment même des solvants organiques en petites quantités.

L'Annexe B présente la composition partielle d'une trentaine de préparations commerciales de dégraissants et nettoyeurs à base de bactéries et d'enzymes retrouvées sur le marché québécois. La composition a été déterminée uniquement à partir des renseignements contenus dans les FDS et les fiches techniques des produits en question. Il faut noter que cette liste n'est pas exhaustive, mais elle a été dressée pour illustrer une variété d'utilisations et de compositions types de ce genre de produit.

3.6 Mise en œuvre

Cette section traite de la façon dont les dégraissants et nettoyeurs à base de bactéries et d'enzymes sont utilisés en milieu de travail. Des cas concrets de mise en œuvre sont présentés en faisant ressortir les avantages et les inconvénients. Une partie des résultats provient de l'enquête menée auprès des membres du comité de consultation et des visites organisées dans six milieux de travail (voir Section 2). L'Annexe C présente un résumé des données recueillies par questionnaire auprès de neuf milieux de travail. L'Annexe D contient un résumé des observations recueillies lors des visites en milieux de travail.

3.6.1 Biofontaines

Une fontaine traditionnelle pour dégraisser des pièces métalliques comprend un réservoir contenant le solvant, surmonté d'un évier muni d'un robinet flexible à partir duquel coule le

¹¹ Les fiches et la littérature rapportent également les termes génériques « protéase » et « protéinase » ainsi que les n° CAS moins fréquents suivants : 1395-21-7, 9001-92-7, 9073-77-2, 68909-17-1, 79986-26-8, 95979-76-3.

solvant. Ce dernier est généralement constitué d'une coupe pétrolière. La recirculation du solvant est assurée par une pompe. Ce type d'appareil a été introduit sur le marché dans les années 1950 (44,222). Une biofontaine est un appareil utilisant un liquide dégraissant aqueux et des bactéries pour éliminer et dégrader des salissures de nature huileuse et graisseuse sur différents types de pièces. On retrouve également les expressions équivalentes suivantes pour désigner les biofontaines : fontaine de biodégradation, fontaine de dégraissage biologique.

Le principe de fonctionnement de toutes les biofontaines sur le marché est le même (les tensioactifs délogent les salissures et les bactéries les détruisent), mais leur mise en œuvre peut prendre trois formes : 1) liquide dégraissant contenant les tensioactifs et les bactéries; 2) liquide dégraissant renfermant les tensioactifs et un filtre libérant les bactéries lorsque le liquide passe au travers de celui-ci; 3) liquide dégraissant contenant les tensioactifs et ajout de granules libérant les bactéries. Une biofontaine comprend d'abord un évier dans lequel le travailleur nettoie la pièce sale à l'aide d'un pinceau duquel jaillit le liquide dégraissant. Le liquide souillé passe par gravité par la bonde et le tuyau d'évacuation menant à un réservoir où les salissures sont dégradées progressivement. Le liquide y est chauffé légèrement ($\approx 40^{\circ}\text{C}$) et remonte vers l'évier. La circulation du liquide est assurée par une pompe électrique. Le circuit comporte un filtre dans lequel les salissures insolubles et les particules sont retenues. Ce filtre peut être le même qui libère les bactéries. Dans ce dernier cas, il doit être remplacé périodiquement. Les filtres sans libération de bactéries sont simplement nettoyés régulièrement. Le lecteur est référé aux sites Web des fabricants pour obtenir tous les détails techniques concernant le fonctionnement de leurs biofontaines¹².

Les biofontaines ont été introduites aux États-Unis dans les années 1990. Wolf et Morris ont réalisé une étude de terrain visant le remplacement des fontaines de dégraissage à base de coupes pétrolières par des systèmes de dégraissage à base de dégraissants aqueux dans dix-huit ateliers californiens de mécanique automobile (284). La biofontaine Zymo¹³ était l'une des options à base d'eau évaluée. Les auteurs rapportent que cette fontaine a été utilisée dans un atelier pendant plus d'un an sans être vidangée, jugeant cela comme un avantage comparativement aux fontaines traditionnelles où le solvant usé doit être remplacé plus fréquemment. Le filtre imprégné de bactéries devait cependant être remplacé cycliquement, soit entre deux et quatre semaines d'utilisation. Certains concessionnaires états-uniens d'automobiles ont remplacé les fontaines traditionnelles par des biofontaines à partir de la fin des années 1990, réalisant même des économies (213,280). En 1997, Morris et Wolf ont effectué une analyse des coûts de la biofontaine Zymo comparativement à une fontaine traditionnelle à base d'une coupe pétrolière dans le cadre d'une utilisation dans des ateliers d'entretien de véhicules automobiles californiens (196). Cette analyse incluait les coûts annualisés pour l'achat des fontaines, le coût des produits (liquide dégraissant, filtre), de la main-d'œuvre, de l'électricité, de l'élimination des déchets et les droits d'enregistrement (fontaines à base de coupe pétrolière). La fontaine traditionnelle engendrait des coûts annuels de 3338 \$ US alors que la biofontaine entraînait des coûts de 3256 \$ US ou de 3392 \$ US. Cette dernière somme légèrement plus élevée que la précédente s'explique par la présence de métaux retenus par le filtre qui devait alors être considéré comme

¹² Voir la colonne « Référence » de la Section « Entretien mécanique et fabrication métallique : fontaines de dégraissage (biofontaines) » de l'Annexe B.

¹³ <http://zymo.com>. [Dernière consultation : 2013-06-01]. L'Annexe B indique que les capsules ajoutées au dégraissant Surfzyme utilisé dans la biofontaine de la société Zymo contiennent des bactéries et des enzymes.

déchets dangereux et traité en conséquence. Les auteurs rapportent que la durée nécessaire pour le dégraissage des pièces était légèrement plus élevée pour la biofontaine Zymo comparativement à la fontaine traditionnelle à base de solvant (196).

La société Tetra Tech (Pasadena, CA) a réalisé en 1998 et 1999 une étude d'implantation de dégraissants aqueux en remplacement des solvants de dégraissage dans trois ateliers d'entretien de véhicules (bus au diesel, bus électrique, systèmes légers sur rail) pour le compte de la Ville et du Comté de San Francisco. Quatorze nettoyants aqueux ont été testés. Il y avait quatre types de machine pour la mise en œuvre des dégraissants aqueux : fontaine, immersion, immersion avec ultrasons, enceinte d'aspersion. Les systèmes de dégraissage mettant en œuvre des bactéries étaient utilisés uniquement dans des biofontaines. Ces dernières comprenaient les appareils/biodégraissants suivants : ForBest¹⁴ IPC360, EcoClean Bioflow 20, ChemFree¹⁵ SmartWasher, Graymills¹⁶ Biomatic. Seuls les deux premiers produits ont été recommandés en raison de leur performance technique et uniquement en service réduit, des enceintes d'aspersion étant suggérées pour les travaux intensifs de dégraissage de pièces (258). La société Tetra Tech a également produit une étude semblable pour le compte de la Ville de Los Angeles dans laquelle la biofontaine ForBest a été testée dans trois ateliers d'entretien mécanique de la ville californienne (257). L'étude indique que cette biofontaine était aussi performante techniquement que les autres fontaines-évier à base de solutions nettoyantes aqueuses traditionnelles (pH alcalin) sans bactéries, avec des coûts d'utilisation légèrement moindres.

Mouawad et coll. ont mené une étude dans laquelle trois dégraissants aqueux ont été testés dans trois ateliers québécois¹⁷ de mécanique automobile en remplacement de coupes pétrolières utilisées en fontaine. Deux des dégraissants aqueux étaient à base de bactéries¹⁸ (OzzyJuice SW3 et OzzyJuice SW6 de ChemFree, mis en œuvre dans la biofontaine SmartWasher). Les essais ont duré 22 jours à raison de 3 à 4 opérations de nettoyage par jour. Les pièces moyennement à extrêmement souillées comprenaient notamment des cardans, carters, culasses, freins, pistons et roulements. Les salissures incluaient des huiles et graisses minérales, des résidus de carbone, du liquide de refroidissement, des poussières métalliques et de la rouille. Les pièces à nettoyer étaient constituées de métaux (p. ex. acier, aluminium, cuivre) et d'autres matériaux (p. ex. caoutchouc, composites, plastiques). Le SW3 a obtenu un degré de satisfaction de 95 % de la part des utilisateurs pour son efficacité de nettoyage. De plus, la durée du nettoyage avec ce produit était égale à celle nécessaire avec le solvant pétrolier traditionnel. Les auteurs indiquent comme un avantage certain le fait de pouvoir nettoyer toutes les pièces (métal, plastique, etc.) avec le même dégraissant. Certains changements aux méthodes de travail sont nécessaires,

¹⁴ <http://www.hazwell.com/forbest.htm>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

¹⁵ <http://www.chemfree.com/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

¹⁶ <http://www.graymills.com/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

¹⁷ Centre Daniel-Johnson (Montréal, QC), Bell Canada (Montréal, QC), Bell Canada (Saint-Bruno, QC).

¹⁸ Comme plusieurs auteurs et formulateurs, Mouawad et coll. utilisaient le qualificatif « enzymatique » plutôt que « bactérien » pour qualifier les dégraissants utilisés dans les biofontaines. Les auteurs du présent rapport préfèrent cependant le deuxième adjectif afin de différencier ces préparations de celles où l'on retrouve effectivement des enzymes, mais aucune culture bactérienne ajoutée intentionnellement. Rappelons (voir Section 3.5) que les bactéries sécrètent des enzymes qui scindent les grandes molécules d'hydrocarbures (huiles et graisses) en éléments plus petits qui sont par la suite facilement assimilés par les bactéries qui les « digèrent » en libérant de l'eau et du gaz carbonique.

p. ex. le séchage des pièces métalliques à l'air comprimé pour éviter l'oxydation rapide de celles-ci (198).

La National Aeronautics and Space Administration (NASA) aux États-Unis a mené une étude afin de déterminer les meilleures fontaines et leur dégraissant associé des points de vue environnemental, sanitaire et technique (199). Pour être inclus dans l'étude, les dégraissants devaient avoir un point d'éclair ≥ 60 °C, contenir préférentiellement une concentration en composés organiques volatils (COV) ≤ 25 g/l, mais jamais > 50 g/l et être exempts de substances inscrites sur la liste des polluants atmosphériques dangereux (« Hazardous Air Pollutants¹⁹ ») de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis²⁰ ou en contenir peu. Quarante-neuf systèmes de dégraissage ont ainsi été testés en plus de quatre solvants de référence (acétone, isopropanol, butan-2-one²¹, solvant Stoddard). Six dégraissants bactériens faisaient partie des produits testés : Bio-Circle L (Walter), California Parts Washer Solution (Phase III; Ross Environmental Products), EnviroLogic Partswasher Solution (EnviroLogic), SW-3 OzzyJuice (ChemFree), SW-8 Aircraft OzzyJuice (ChemFree), SW-LF OzzyJuice (ChemFree). L'efficacité de nettoyage a été testée au laboratoire selon la norme militaire états-unienne MIL-PRF-29602 (« Cleaning Compounds, Parts Washer and Spray Cabinet ») en utilisant deux salissures types appliquées sur des éprouvettes en aluminium : 1) un mélange homogène de dix parties d'une graisse au molybdène et d'une partie de noir de carbone, 2) une huile minérale légère contenant un inhibiteur de corrosion. Pour satisfaire aux exigences d'efficacité de nettoyage de la norme MIL-PRF-29602, les dégraissants devaient enlever > 80 % de la graisse et > 95 % de l'huile minérale (préalablement cuite au four sur la pièce).

Les trois meilleurs dégraissants par ordre décroissant d'efficacité étaient les suivants : Heavy Duty Cleaner (Phase III), SOYsolv II Plus (SOYsolv), solvant Stoddard. Le premier est un nettoyant aqueux alcalin (pH : 9-10) dont la FDS indique uniquement la présence d'agents tensioactifs sans préciser lesquels il s'agit. Le deuxième dégraissant est composé de soyate de méthyle (n° CAS : 67784-80-2) et de lactate d'éthyle (n° CAS : 97-64-3). Les six dégraissants à base de microorganismes se classent au septième rang (California Parts Washer Solution), au treizième (SW-3 OzzyJuice), au vingt et unième (Bio-Circle L), au trente-deuxième (SW-LF OzzyJuice), au trente-sixième (SW-8 Aircraft OzzyJuice) et au cinquantième (EnviroLogic Partswasher Solution). Les cinq premiers dégraissants microbiens avaient une efficacité moyenne de nettoyage $\geq 95,4$ % alors que le sixième était efficace à 78,4 %. À noter que l'acétone et l'isopropanol purs avaient des efficacités de nettoyage respectives de 65,8 % et 61,9 %. Le rapport contient les FDS pour seulement deux dégraissants à base de microorganismes, le California Parts Washer Solution²² et le SW-8 Aircraft OzzyJuice²³ (199).

¹⁹ <http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

²⁰ United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA)

²¹ Méthyléthylcétone

²² Composition : eau, agent chélateur (sel sodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique, n° CAS : 64-02-8), tensioactifs (éthoxylate d'alcools en C₇-C₂₁, n° CAS 68991-48-0 et éthoxylate d'alcools en C₉-C₁₁, n° CAS 68439-46-3), parfum et colorant non précisés. L'utilisateur d'une biofontaine employant ce liquide dégraissant doit également y ajouter périodiquement (6 à 8 semaines) un comprimé contenant une culture bactérienne (deux souches de *Bacillus subtilis* et une souche d'*Arthrobacter*) (237) ainsi que > 20 % d'Esperase® (n° CAS 9073-77-2) (236).

Trivedi et coll. ont évalué au laboratoire vingt-cinq nettoyeurs parmi lesquels se trouvait le dégraissant OzzyJuice (utilisé normalement dans la biofontaine SmartWasher) pour remplacer les coupes pétrolières telles que le solvant Stoddard utilisées traditionnellement pour le nettoyage de pièces de systèmes d'armement (264). Les matériaux utilisés comme substrat pour les essais étaient les suivants : acier inoxydable, bronze, aluminium, plastique (type non précisé), caoutchouc. Les auteurs ont évalué l'efficacité de nettoyage des produits pour enlever les salissures suivantes des substrats : 1) un mélange artificiel d'une graisse, d'un polyolester, de noir de carbone, de disulfure de molybdène et de sable, appliqué au pinceau sur les substrats et étuvé à 105 °C pendant une heure, 2) les résidus de carbone après ignition d'une poudre propulsive. Les nettoyeurs ont aussi été testés pour leur compatibilité avec les substrats. Les tests de nettoyage et de compatibilité ont fait l'objet d'essais conformes à des normes militaires. Les nettoyeurs ont également été cotés pour les dangers à partir de leur FDS et pour l'odeur. Les auteurs ont calculé un score moyen total pour chacun des nettoyeurs, l'OzzyJuice obtenant un score modéré (76,5 sur un maximum de 100), jugé inacceptable en raison principalement d'un faible score d'efficacité de nettoyage de la salissure artificielle. Les tests de nettoyage étaient cependant réalisés à la température de la pièce avec un agitateur magnétique pendant cinq minutes alors que l'OzzyJuice est normalement utilisé dans sa biofontaine SmartWasher à une température de 40 °C, ce qui pourrait en partie expliquer ce maigre résultat. Le meilleur nettoyeur aqueux²⁴, obtenant un score moyen total de 96,8, contenait de l'éther méthylique du dipropylène glycol (n° CAS 34590-94-8) et possédait un pH se situant entre 11,7 et 12,7 (solution à 10 %). Le meilleur solvant, obtenant un score moyen total de 95,8, était constitué de soya de méthyle (n° CAS 67784-80-9) (264).

Trois entreprises de la région de Nantes utilisent depuis plusieurs années des biofontaines en remplacement des solvants traditionnels pour le dégraissage dans leur atelier d'entretien mécanique : un fabricant de pièces d'accessoires métalliques divers (40 salariés), un fabricant de roulements à billes (716 salariés) et l'atelier de maintenance (200 salariés) d'une société de transport en commun. Les biofontaines n'ont cependant pas remplacé les solvants traditionnels dans toutes les opérations de ces entreprises. Ainsi, le fabricant de roulements à billes utilise encore les coupes pétrolières en production pour éviter l'oxydation des pièces que provoqueraient les dégraissants aqueux des biofontaines. En outre, ces derniers laisseraient une légère pellicule en surface des pièces contrairement aux solvants, ce qui empêcherait de les peindre selon un représentant de la société de transport en commun française (46).

Dans le cadre de nos visites de milieux de travail (Annexe D), les utilisateurs des biofontaines du fabricant de véhicules récréatifs, du fabricant d'aéronefs, de l'atelier d'usinage et de l'entreprise de télécommunication se sont montrés satisfaits à tous points de vue du remplacement des coupes pétrolières par les biofontaines.

La consultation par questionnaire (Annexe C) n'a révélé qu'une situation où l'un des utilisateurs s'est déclaré insatisfait en raison de la « fragilité » du dégraissant d'une biofontaine. Cette

²³ Composition : eau, ingrédients non divulgués (ces derniers seraient tous listés sur la Liste intérieure des substances d'Environnement Canada : <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=5F213FA8-1>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

²⁴ http://todayandbeyondindustrialcleaners.com/Material_Safety_Data_Sheet2005.htm. [Dernière consultation : 2013-06-01].

situation particulière aurait résulté de l'introduction d'une pièce enduite d'une salissure détruisant la flore bactérienne du dégraissant. La nature de cette saleté toxique n'a pas été identifiée par le fabricant de véhicules récréatifs. La personne responsable de la gestion environnementale de cette dernière entreprise a indiqué que les coûts totaux associés à l'utilisation d'une biofontaine étaient plus élevés que ceux d'une fontaine à base de solvants. Par contre, un des responsables des concessionnaires automobiles rapporte une nette diminution des coûts associés à l'achat des nettoyeurs à freins conditionnés en bombe aérosol après l'introduction des biofontaines pour l'entretien mécanique.

En résumé, l'utilisation de biofontaines est répandue dans divers secteurs d'activité, notamment pour l'entretien mécanique de véhicules et des opérations de dégraissage d'outils et de pièces métalliques en milieu industriel. Les tests en laboratoire et l'expérience terrain indiquent le plus souvent une bonne performance technique, une bonne acceptabilité pour les travailleurs et des coûts abordables, bien que les fontaines à solvant soient utilisées en parallèle avec les biofontaines pour certaines opérations.

3.6.2 Systèmes intégrés de dégraissage

Des ingénieurs suédois ont développé au début des années 1990 un système de dégraissage en continu et partiellement en circuit fermé utilisant des tensioactifs et des bactéries. Ce procédé a été adopté par une entreprise scandinave effectuant de l'électrodéposition de zinc et de chrome sur des pièces en acier (269). Un système semblable est utilisé en remplacement du dégraissage à la vapeur de solvant au Royaume-Uni, dans une entreprise utilisant un procédé de traitement thermique (nitrocarburation) de soupapes d'admission et d'évacuation (15,37). Une entreprise de Floride, qui fait de l'anodisation sur commande, utilise également ce genre de procédé (146). La société BioClean USA (Bridgeport, CT)²⁵ aurait été à l'origine de l'introduction de cette technologie aux États-Unis (149,150). Une entreprise californienne qui fait des travaux de peinture en poudre sur commande a remplacé son système de dégraissage à base d'un solvant aromatique par ce procédé biotechnologique (148). Une entreprise du Missouri utilise également ce système de dégraissage dans son usine de galvanisation et dans celle où des pièces métalliques sont revêtues d'une peinture en poudre (87). Pour le compte du U.S. EPA, Eskamani et coll. ont mené une étude expérimentale dans une usine de galvanisation pour vérifier l'efficacité du procédé BioClean en mesurant la quantité de salissure (huile minérale) détruite par les bactéries et de déchets produits, et en évaluant la main-d'œuvre nécessaire à la bonne marche du procédé et les coûts (112). Les données ont été comparées à celles du procédé de dégraissage alcalin traditionnel. Les bactéries ont consommé 42 % de l'huile introduite dans le système et cinq fois moins de boues résiduelles ont été produites avec le système de dégraissage biotechnologique. La période de récupération des coûts d'investissement était de 7,2 mois. Les auteurs concluent que le système BioClean constitue un avantage pour l'environnement et du point de vue pécuniaire.

L'Université technique de Dortmund a mis en ligne un système d'information concernant le nettoyage de pièces industrielles²⁶. L'une des sections de ce portail se rapporte au traitement

²⁵ <http://www.biocleanus.com/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

²⁶ <http://app.gwv-fachverlage.de/bauteile/portal/portal.php>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

biologique²⁷. Dans la sous-section traitant des installations et des coûts « Anlagen und Kosten », on présente le schéma d'une installation intégrée de nettoyage à base de bactéries. Un premier bain contenant le liquide dégraissant à base de tensioactifs déloge et émulsionne les salissures et déverse le tout dans un deuxième bain où s'effectue la biodégradation des salissures. Le liquide dégraissant retourne ensuite au premier bain à l'aide d'une pompe qui le fait passer au travers d'une membrane semi-perméable qui retient les microorganismes dans le deuxième bain (265). Ce genre de système de nettoyage biologique est mis sur le marché par la société Atotech²⁸ sous la marque UniClean[®] Bio.

3.6.3 Nettoyage de véhicules de transport en commun

Une société québécoise a développé des nettoyeurs à base de bactéries pour le nettoyage de bus (234). L'un des produits est utilisé pour le nettoyage de l'extérieur des bus. Il est appliqué par pulvérisation automatique dans des lave-bus. D'autres préparations sont employées pour le nettoyage de l'intérieur des bus dont l'une est appliquée à la brosse sur les murs et le plancher. Un dégraissant est employé pour le nettoyage des moteurs, jantes et soubassements des bus où il est appliqué par pulvérisation pneumatique manuelle. Ces produits ont remplacé les nettoyeurs alcalins traditionnels dont certains contenaient du 2-butoxyéthanol. Le rôle spécifique des bactéries dans ces nettoyeurs n'est pas documenté. Un avantage supplémentaire particulièrement apprécié des travailleurs est que l'odeur fétide émanant des fosses de réception des eaux résiduelles de lavage a disparu avec l'emploi des nettoyeurs à base de bactéries (234). L'odeur était probablement due à la présence dans ces eaux de composés soufrés tels que l'hydrogène sulfuré (H₂S), issus de l'activité métabolique des bactéries sulfatoréductrice (86). Les bactéries contenues dans les nouveaux nettoyeurs ont peut-être éliminé les odeurs en réduisant le nombre de ces dernières par compétition.

3.6.4 Nettoyage d'instruments chirurgicaux et diagnostiques

Le nettoyage des instruments chirurgicaux et diagnostiques utilisés dans les hôpitaux exige des procédures strictes et le contrôle rigoureux de toutes les étapes effectuées par un personnel qualifié. Les instruments chirurgicaux dont il est question ici sont de petits outils tels que scalpels et ciseaux employés par les chirurgiens dans les salles d'opération. Les instruments diagnostiques concernent ici exclusivement les endoscopes, instruments permettant l'examen visuel des cavités profondes du corps par l'introduction d'une sonde éclairante, p. ex. bronchoscope, duodéno-scopie.

Cette section ne concerne qu'une partie du nettoyage des instruments en question, celles où sont utilisés les nettoyeurs enzymatiques. La désinfection et la stérilisation des instruments ne sont pas abordées. Les nettoyeurs à base d'enzymes sont utilisés pour enlever la plus grande partie des salissures comme le sang des surfaces des instruments. Les agents tensioactifs délogent d'abord les salissures de la surface des instruments. Les enzymes protéolytiques telles que la subtilisine dégradent les protéines, p. ex. l'albumine et les globulines, alors que l' α -amylase détruit les

²⁷ <http://app.gwv-fachverlage.de/bauteile/auswahlsystem/verfahren/biologischereinigung/zusammenfassung.htm>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

²⁸ <http://www.atotech.com>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

glucides, p. ex. le glucose. L'Annexe B donne la composition partielle de quelques nettoyants enzymatiques utilisés en milieu de soins.

Les nettoyants enzymatiques sont utilisés manuellement et dans des appareils appelés autolaveurs. Dans le premier cas, ils sont d'abord dilués avec de l'eau tiède du robinet et employés dans des bassins ou évier en acier inoxydable où les petits instruments et les endoscopes sont immergés. Les préposés au nettoyage utilisent des écouvillons pour le brossage des instruments. Certains utilisent une soufflette pour assécher ensuite les instruments. Les grandes pièces, p. ex. les plateaux d'instruments, sont nettoyées dans un autolaveur où le nettoyant enzymatique est pompé et aspergé automatiquement en circuit fermé sur les surfaces souillées. Les procédures de travail précédentes ont été observées lors de la visite d'un grand hôpital (Annexe D). La consultation par questionnaire indique que les nettoyants enzymatiques peuvent aussi être utilisés dans les services de cardiologie et d'obstétrique des hôpitaux (Annexe C).

Les hôpitaux possèdent des procédures écrites pour le nettoyage des instruments. L'Association canadienne de normalisation (ACNOR) a publié une norme sur la décontamination des dispositifs médicaux réutilisables, incluant les endoscopes (77). Ce document fait systématiquement référence aux instructions des fabricants des nettoyants quant à leur mode d'emploi (dilution, procédure de nettoyage). Santé Canada a d'ailleurs publié une ligne directrice concernant les renseignements que les fabricants de matériels médicaux réutilisables doivent obligatoirement fournir aux utilisateurs quant à leur retraitement, notamment la nature et le mode d'emploi des nettoyants (243). Des chercheurs britanniques rapportent certaines limites à l'efficacité des nettoyants enzymatiques pour le lavage manuel des endoscopes (152). Au Québec, l'Association des gestionnaires en stérilisation a publié un article listant les erreurs à éviter lors du nettoyage manuel de ces instruments (21).

3.6.5 Autres utilisations

Il existe d'autres utilisations des nettoyants à base de bactéries et d'enzymes pour lesquelles la littérature scientifique et technique a fourni peu de données.

3.6.5.1 Entretien ménager

L'entretien ménager concerne les travaux nécessaires au maintien de conditions minimales d'hygiène et de propreté dans un établissement. Les préposés à l'entretien emploient à cet effet des nettoyants tout usage, abrasifs ou non abrasifs, et des nettoyants spéciaux pour la cuisine, la salle de bain, le verre et les métaux ainsi que des nettoyants pour les sols et les meubles (6). On ne considère pas ici les produits conditionnés en bombe aérosol. Cette section ne traite également pas de l'entretien ménager en milieu de soins. Le lecteur intéressé par ce secteur particulier est référé au document de Bédard et coll. (33).

Les produits d'entretien ménager institutionnels sont généralement appliqués manuellement au chiffon, au balai à franges ou par pulvérisateur à gâchette. Les produits liquides sont le plus souvent fournis en concentrés que l'utilisateur doit diluer. Plusieurs fabricants proposent à cet effet des systèmes de dilution et de distribution automatiques en circuit fermé.

La majorité des fabricants proposent dans leur gamme de produits des nettoyeurs à base de bactéries ou d'enzymes pour l'entretien ménager. À titre d'exemple, Diversey et Ecolab offrent respectivement de tels produits : Suma[®] Bio-Floor[™] Cleaner (167), Wash 'n Walk (102). La part actuelle de marché pour ce genre de produits comparativement aux nettoyeurs traditionnels est difficile à évaluer. Une étude récente réalisée par l'éditeur de la revue Sanitary Maintenance²⁹ en collaboration avec l'International Sanitary Supply Association³⁰ indique que les produits « verts » comptaient pour 23 % des ventes totales de produits chimiques sanitaires en 2010 aux États-Unis (239). L'épithète verte n'est cependant pas synonyme de préparation à base de bactéries ou d'enzymes. Boivin et coll. ont recensé 840 produits d'entretien ménager verts sur le marché québécois, mais ils n'indiquent pas lesquels contiennent des bactéries ou des enzymes (41).

Les employés de la cafétéria du Collège d'enseignement général et professionnel (cégep) Gérald-Godin utilisent un nettoyeur à base de bactéries pour le lavage des planchers de la cuisine. Les employés de l'entreprise qui assure l'entretien ménager du cégep utilisent également des produits à base de bactéries pour le nettoyage, le détartrage et la désodorisation des salles de bain ainsi que le nettoyage des tapis et tissus (92).

Dans le cadre de nos visites de milieux de travail (Annexe D), une préposée à l'entretien ménager à l'emploi de la Société de transport en commun s'est déclarée techniquement très satisfaite des nettoyeurs à base de bactéries employés notamment dans les corridors, salles de toilette et de douche de l'entreprise.

La consultation par questionnaire (Annexe C) nous apprend qu'un nettoyeur à base de bactéries³¹ est utilisé en entretien ménager dans un hôpital pour les surfaces dures et la maîtrise des odeurs d'urine.

3.6.5.2 Industrie de la transformation des aliments

Les fabricants d'aliments utilisent des produits à base d'enzymes (protéase, amylase), notamment pour le nettoyage d'objets qui peuvent se corroder comme les membranes utilisées dans les unités d'ultrafiltration (204). Les fabricants de jus de fruits, les laiteries et les brasseries utiliseraient de tels nettoyeurs (8). À titre d'exemple, le fabricant montréalais Constant Amérique propose son nettoyeur Duozyne à base de lipase et de protéase pour les établissements de transformation de denrées alimentaires (73).

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) fournit une liste³² des « produits chimiques non alimentaires acceptés », notamment les nettoyeurs commerciaux qui peuvent être utilisés dans l'industrie de transformation des aliments s'ils ne viennent pas en contact avec les aliments (3). Une partie de ces nettoyeurs sont des préparations à base de bactéries, p. ex. Bio-Bac II (97) et Biomor A.S.A.P. (27), des nettoyeurs certifiés en vertu de la norme ÉcoLogo

²⁹ <http://www.cleanlink.com/sm/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

³⁰ <http://www.issa.com>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

³¹ La FDS du « Liquid Enzyme Cleaner » indique qu'il contient des bactéries sans mentionner la présence d'enzymes (183).

³² <http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/reference/referf.shtml>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

DCC-110 (voir le Tableau 3 dans la Section 3.11). C'est le Bureau d'innocuité des produits chimiques (BIPC) de Santé Canada qui évalue au cas par cas l'acceptabilité des nettoyants inscrits sur la liste de l'ACIA (242). Il n'a pas été possible d'obtenir de Santé Canada les critères toxicologiques sur lesquels les nettoyants sont jugés acceptables ou non.

3.6.5.3 Autres produits d'entretien

La société Reckitt Benckiser fabrique une préparation liquide contenant une concentration importante de bactéries et d'enzymes (alpha-amylase, cellulase, lipase, subtilisine) que l'on ajoute aux fosses septiques afin de décomposer la matière organique et ainsi éviter l'accumulation de solides au fond des réservoirs et l'obstruction des tuyaux (229). Des produits à base de bactéries sont disponibles pour dégorgier les séparateurs de graisse dans les restaurants, p. ex. Ambio-Film (64).

Enfin, d'autres microorganismes sont proposés dans la littérature pour effectuer du nettoyage dans le secteur de l'aéronautique. Ainsi, Dotsenko et coll. ont mis au point une méthode de décalaminage de pièces de moteurs d'avion, p. ex. les aubes et distributeurs de turbine, injecteurs de carburant et valves, en utilisant des champignons ascomycètes, en particulier *Aspergillus* et *Penicillium*. Parmi les cinquante-six espèces étudiées, *Aspergillus flavus* et *Aspergillus niger*³³ seraient les plus efficaces pour éliminer les résidus carbonés. Toutefois, les auteurs russes n'indiquent pas si leur procédé a été mis en œuvre commercialement (91).

3.7 Exposition professionnelle

3.7.1 Inhalation

Aucune donnée n'a été recensée dans la littérature concernant les niveaux d'exposition professionnelle aux bioaérosols auxquels seraient potentiellement exposés les utilisateurs des dégraissants ou nettoyants contenant des cultures bactériennes.

Boucher et coll. émettent l'hypothèse que les travailleurs utilisant les biofontaines dans leur étude pourraient être exposés à des aérosols générés à partir du pinceau d'où est projeté le dégraissant sur la pièce à nettoyer (43). Les bactéries identifiées dans les dégraissants de ces biofontaines françaises sont listées dans l'Annexe A. Boucher et coll. rapportent des concentrations de bactéries dans les fluides de ces biofontaines variant de $1,20 \times 10^3$ à $3,00 \times 10^6$ UFC/ml (43). En plus des bactéries, David et coll. ont étudié la flore fongique. La concentration des levures/moisissures était généralement < 340 UFC/ml avec une moyenne de 140 UFC/ml et des pics de concentration pouvant atteindre 23 000 UFC/ml. *Candida parapsilosis* constituait la seule espèce de levure identifiée dans ces biofontaines (85). Lors de la vidange du dégraissant d'une biofontaine, il conviendrait de désinfecter la cuve avec un fongicide non bactéricide après son nettoyage et avant la réintroduction de dégraissant neuf afin d'éviter sa contamination (85).

Nos observations en milieu de travail (voir l'Annexe D) nous portent à croire que certains travailleurs peuvent être exposés aux brouillards de dégraissants, p. ex. ceux qui enlèvent le

³³ *A. flavus* et *A. niger* sont classés comme agents pathogènes humains du groupe de risque 2 (42,130)

surplus de dégraissant à l'aide d'une soufflette après avoir nettoyé une pièce dans une biofontaine. Le fabricant français DACD recommande d'ailleurs l'utilisation d'une soufflette pour le séchage des pièces afin d'éviter la corrosion (83). Les travailleurs qui pulvérisent des dégraissants bactériens sur les moteurs et soubassements de bus peuvent également être exposés aux brouillards de dégraissants (voir l'Annexe D).

Puisque certains fabricants recommandent la pulvérisation de leurs produits, il est possible que cette méthode d'application puisse générer des brouillards inhalables. Le fabricant Avmor (Laval, QC) recommande de pulvériser sur les surfaces dures son dégraissant industriel et nettoyant pour le béton Biomor à base de bactéries (25). Le fabricant Les Chimiques B.O.D. (Saint-Hubert, QC) indique que son nettoyant à plancher Bio-Tech P à base de bactéries peut être appliqué à l'aide d'un pulvérisateur à gâchette (28).

Adisesh et coll. rapportent des niveaux $< 10 \text{ ng/m}^3$ de subtilisine³⁴ dans l'air des locaux de travail d'une technicienne œuvrant dans une unité de retraitement d'instruments médicaux d'un établissement de soins de santé au Royaume-Uni. Les prélèvements ont été effectués à l'aide de l'échantillonneur personnel IOM³⁵. Trois nettoyants enzymatiques différents (3E-Zyme, EnzyCare 2, Neozyme Enzymatic Foam Spray) étaient utilisés dans le service en question (98,101,190). Une importante contamination du plancher autour des contenants du nettoyant EnzyCare 2 est aussi rapportée telle que mesurée par frottis ($7475 \text{ ng}/100 \text{ cm}^2$). Dans le même établissement, les auteurs ont rapporté un niveau de $10,22 \text{ ng/m}^3$ de subtilisine mesuré en poste fixe près de l'évier où des cystoscopes étaient lavés à l'aide d'un nettoyant enzymatique non spécifié. Adisesh et coll. rapportent également une importante contamination des surfaces de travail par la subtilisine autour de l'évier, p. ex. $2083 \text{ ng}/100 \text{ cm}^2$ sur les robinets. Les durées de prélèvement des échantillons d'air ne sont pas rapportées par les auteurs (7).

Le fabricant Keir Surgical (Vancouver, BC) recommande que sa préparation enzymatique pour endoscope Alphazyme PC soit appliquée par pulvérisation immédiatement après avoir utilisé l'appareil diagnostique (169).

Le fabricant Constant America (Montréal, QC) indique que l'une des méthodes d'application de son nettoyant enzymatique Duozyne utilisé dans les établissements de transformation de denrées alimentaires est la pulvérisation à une température entre 38 et 71 °C (73). Le fabricant Laboratoires Choisy (Louiseville, QC) recommande notamment la pulvérisation manuelle comme méthode d'application de son dégraissant enzymatique Ambio-Dher pour établissements alimentaires (66).

3.7.2 Contact cutané et avec les muqueuses

Le contact cutané avec les dégraissants à base de bactéries a été observé dans les milieux de travail où des biofontaines sont utilisées (voir l'Annexe D). Dans leur étude de terrain concernant la flore bactérienne des biofontaines en France, Boucher et coll. ont noté que plusieurs travailleurs ne portaient pas de gants protecteurs (43).

³⁴ Un nanogramme (ng) est équivalent à 0,000001 milligramme (mg).

³⁵ Institute of Occupational Medicine, Édimbourg, Écosse.

Le 2-butoxyéthanol (BE) est un solvant que l'on retrouve dans les nettoyants aqueux pour travaux d'entretien ménager (200,293). Vincent et coll. ont étudié l'exposition professionnelle de 29 nettoyeurs de vitres utilisant des nettoyants aqueux contenant du BE. Ils ont mesuré le BE dans la zone respiratoire et l'acide butoxyacétique urinaire des nettoyeurs. Les auteurs affirment que la principale voie d'entrée de cet éther de glycol chez ces nettoyeurs était la peau (276). Concernant le métier de nettoyeur en général et puisque le nettoyage est généralement effectué manuellement, l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail affirme qu'il y a souvent un contact cutané important avec les produits nettoyants (262). Il est ainsi raisonnable de penser que le contact cutané avec les nettoyants bactériens et enzymatiques peut également être important pour ceux qui les utilisent pour l'entretien ménager.

Sans être formellement rapporté dans la littérature ou observé lors de nos visites d'entreprises, le contact des liquides dégraissants et nettoyants à base de bactéries et d'enzymes avec les muqueuses buccale et oculaire est possible. Ce serait le cas p. ex. à l'occasion d'éclaboussures.

3.8 Effets sur la santé

Sauf une exception, les dégraissants et nettoyants à base de bactéries n'ont pas fait l'objet d'études concernant leurs effets potentiels sur la santé. Quelques études rapportent des effets des nettoyants enzymatiques sur le système respiratoire.

3.8.1 Préparations bactériennes

À notre connaissance, seule une étude de cas allemande a mis en évidence des problèmes respiratoires en rapport avec l'utilisation d'un dégraissant à base de bactéries. Il s'agit d'un travailleur industriel utilisant une biofontaine pour le nettoyage de pièces métalliques suivi d'un séchage à l'air comprimé. Le patient fiévreux et toussoteux souffrait d'une dyspnée persistante causée par une alvéolite allergique extrinsèque. Le diagnostic a été confirmé en retournant le patient dans son milieu de travail où sa difficulté respiratoire est réapparue, par un test de provocation par inhalation avec le dégraissant bactérien et par des essais immunologiques. Les auteurs incriminent spécifiquement la bactérie *Bacillus subtilis* comme ayant causé la maladie de leur patient. Ils indiquent toutefois qu'un humidificateur à ultrasons contaminé utilisé par le travailleur à son domicile pourrait avoir induit le développement de sa réaction immunitaire au microbe en question (246).

Certains auteurs ont rapporté des problèmes respiratoires associés à des bactéries généralement considérées comme non pathogènes. Il ne s'agit cependant pas de leur utilisation dans des dégraissants ou des nettoyants. À titre d'exemple, Johnson et coll. émettent l'hypothèse que l'alvéolite allergique extrinsèque diagnostiquée chez six membres d'une famille était due à leur exposition à la bactérie *Bacillus subtilis*, présente dans la poussière de bois générée à l'occasion de la rénovation de leur maison (166). Dans un autre contexte, l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) indique également la possibilité d'une sensibilisation et de réactions allergiques pour les utilisateurs de biopesticides à base de diverses souches de *Bacillus subtilis* (16,18).

Plusieurs bactéries du groupe de risque infectieux 2 ont été identifiées par Boucher et coll. (43) dans les fluides dégraissants de biofontaines (voir l'Annexe A). Certaines de ces bactéries font l'objet de FDS produites par l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC)³⁶. C'est le cas p. ex. de *Klebsiella pneumoniae*, une bactérie opportuniste³⁷ qui peut notamment infecter les plaies (19) et *Pseudomonas aeruginosa*, une autre bactérie opportuniste qui peut « survivre dans les microgouttelettes et peut demeurer longtemps en suspension dans des aérosols, d'où le risque de transmission par voie aérienne » (20).

3.8.2 Préparations enzymatiques

L'effet sanitaire critique d'une exposition professionnelle aux enzymes est la sensibilisation. Cette réponse immunologique de l'organisme peut entraîner une maladie respiratoire telle que l'asthme et la rhinite, une maladie de la peau telles la dermatite et l'urticaire de contact ou encore une conjonctivite (32,48). Les premières études ayant démontré la sensibilisation respiratoire ont été réalisées chez les fabricants de lessive (protéases). Les niveaux d'enzymes dans l'air des locaux de travail de ces fabricants à la fin des années 1960 avoisinaient 300 ng/m³ (32). Ces concentrations seraient actuellement < 15 ng/m³ en raison des moyens de prévention mis en place, notamment l'encapsulation des enzymes (32). Malgré les niveaux d'exposition réduits, des cas d'asthme ont encore été rapportés chez les fabricants de lessive dans les années 2000, les auteurs identifiant non seulement les protéases mais également l'amylase, la cellulase et la lipase comme des substances responsables de cette maladie respiratoire (45,81). L'autorité britannique exerçant le pouvoir exécutif en matière de santé et de sécurité du travail (« United Kingdom Health and Safety Executive ») avait d'ailleurs indiqué en 2001 qu'un comité d'experts en santé au travail avait été incapable de déterminer un niveau d'exposition à la fois sécuritaire et atteignable en pratique (154). Les problèmes asthmatiques causés par les enzymes sont aussi rapportés dans d'autres industries, en particulier chez les boulangers (α -amylase) (235).

Lemière et coll. ont été les premiers chercheurs à signaler un cas d'asthme professionnel chez un homme affecté au nettoyage d'instruments chirurgicaux dans un hôpital en utilisant un nettoyant³⁸ contenant des subtilisines (184). Tripathi et coll. rapportent un cas d'alvéolite allergique extrinsèque chez une femme qui faisait usage du même nettoyant pour le lavage d'instruments chirurgicaux et de surfaces de salles d'opération (263). Adisesh et coll. rapportent six cas récents de travailleurs souffrant de problèmes respiratoires en rapport avec l'utilisation de nettoyants à base d'enzymes dans leur milieu de travail hospitalier. Deux de ces cas ont reçu le diagnostic d'asthme professionnel sur la base des symptômes, de l'amélioration de ceux-ci lors du retrait du milieu de travail et de leur débit expiratoire de pointe indiquant un effet lié au travail. Deux cas sont présentés sur la base de l'histoire professionnelle de symptômes asthmatiques associés au travail. Les deux autres cas pourraient être affectés d'une rhinite (7).

³⁶ <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-fra.php>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

³⁷ « On qualifie d'opportuniste une bactérie saprophyte qui devient pathogène pour le sujet qui l'hébergeait jusque-là sans inconvénient, lorsque les défenses de celui-ci fléchissent » (117).

³⁸ Ce nettoyant contient entre 0,1 et 1 % de subtilisine (n° CAS 9014-01-1) (99).

3.9 Effets sur l'environnement

Environnement Canada a publié un cadre général pour l'évaluation scientifique des risques liés aux microorganismes (110) en vertu l'article 64 de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE) (128). De plus, l'organisme fédéral a établi des priorités dans l'évaluation des microorganismes (108). Afin de déterminer dans quelle mesure certains microorganismes sont effectivement ou potentiellement toxiques et s'il est justifié de prendre des mesures de contrôle, Environnement Canada a réalisé une enquête auprès des fabricants et importateurs canadiens concernant l'utilisation³⁹ de 45 microorganismes, p. ex. *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* et *Pseudomonas aeruginosa* (124). À notre connaissance, les résultats de cette consultation, même dépersonnalisés, n'ont pas été rendus publics (mai 2013).

Aucune publication n'a été repérée dans la littérature concernant le devenir environnemental ou les effets sur l'environnement des dégraissants et nettoyants à base de bactéries et d'enzymes dont il est question dans ce rapport. L'Association des manufacturiers et formulateurs de produits enzymatiques (AMFEP) a publié une revue sur ces sujets pour les subtilisines utilisées dans les détergents à lessive. Elle conclut que ces enzymes ne posent aucun souci pour l'environnement (13). L'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (U.S. EPA) considère que *Bacillus subtilis*, une bactérie employée dans certains dégraissants et nettoyants, présente un faible risque d'effets nocifs pour l'environnement (273). Dans son rapport d'évaluation de la souche QST 713 de *Bacillus subtilis* en vue de son homologation comme agent microbien de lutte antiparasitaire, Santé Canada considère que cette bactérie ne présente pas de danger important pour la faune et la flore (17).

3.10 Législations, réglementations et recommandations

3.10.1 Milieu de travail

3.10.1.1 Québec

L'article 1 de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) (140) inclut les microorganismes dans sa définition d'un contaminant. L'alinéa 8 de l'article 51 de la LSST indique qu'un employeur doit « s'assurer que l'émission d'un contaminant... ne porte atteinte à la santé ou à la sécurité de quiconque sur un lieu de travail ». L'alinéa 13 du même article indique que l'employeur doit « communiquer aux travailleurs... la liste... des contaminants qui peuvent y être émis ».

Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) établit une valeur limite d'exposition (VLE) plafond pour les subtilisines à 60 ng/m³. L'article 108 du RSST exige en outre que tout système de recirculation de l'air des locaux de travail soit conçu de telle sorte qu'il n'y ait aucune recirculation de cette protéase (142). Aucune autre enzyme ne possède de VLE dans ce règlement. Le RSST n'établit pas de VLE pour les microorganismes dans l'air des lieux de travail. Les matières dangereuses sont définies dans ce règlement en excluant les matières infectieuses. Aucun microorganisme n'est nommément mentionné dans le RSST.

³⁹ Nom de la substance, numéro d'identification de la souche, quantités fabriquées ou importées, utilisation (58 catégories différentes).

Goyer et coll. ont proposé pour le milieu industriel une concentration de bactéries cultivables totales de 10^4 UFC/m³ (8 h) et une concentration de bactéries gram-négatives viables de 10^3 UFC/m³ (8 h) comme critères d'action, justifiant d'explorer davantage la situation et d'agir en conséquence (145,179). Ces recommandations s'appliquent aux microorganismes non infectieux (179).

Le RSST comporte des dispositions pour assurer la salubrité des installations communes dans les lieux de travail. Ainsi, les articles 153, 156 et 165 indiquent que les salles à manger, les salles de toilettes et les vestiaires attenants à une salle de toilette, une salle de bain ou de douche doivent être désinfectés quotidiennement. L'article 152 définit la désinfection comme un lavage avec une solution d'eau de Javel ou un produit sanitaire équivalent (142). La conséquence pratique de ces articles est que l'on ne peut utiliser exclusivement des nettoyeurs à base de bactéries pour l'entretien ménager de ces lieux de travail. Puisque ces préparations sont incompatibles avec l'hypochlorite de sodium ou autre biocide détruisant les microorganismes, là où ils sont requis, les désinfectants doivent être employés consécutivement aux préparations bactériennes.

La Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles liste dans son Annexe I les maladies professionnelles qui peuvent être indemnisées. Fait nommément partie de ces maladies une infection cutanée bactérienne ou à champignon causée par « un travail impliquant le contact avec des tissus ou du matériel contaminé par des bactéries ou des champignons ». L'alvéolite allergique extrinsèque et l'asthme bronchique sont également des maladies professionnelles lorsqu'elles se rapportent à un travail impliquant des agents reconnus comme causant ces maladies respiratoires (141).

3.10.1.2 Canada

L'article 122 du Code canadien du travail (CCT) inclut les agents biologiques dans sa définition d'une substance dangereuse (127). Dans sa partie X concernant les substances dangereuses, le Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail (RCSST) comporte donc plusieurs dispositions qui s'appliquent aux microorganismes, notamment la constitution d'un registre des substances utilisées, produites ou manipulées ainsi qu'une enquête sur les risques associés à ces substances (132). Les recommandations en vigueur de VLE de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ont force de loi dans le RCSST (article 10.19), de sorte que la VLE réglementaire pour les subtilisines (n° CAS 1395-21-7 et 9014-01-1) est égale à 60 ng/m^3 (plafond) (132). Rappelons que le RCSST s'applique uniquement à certains secteurs d'activité économique⁴⁰.

Le Règlement sur les produits contrôlés (RPC) exige qu'un fournisseur canadien (distributeur, fabricant, importateur) d'une préparation telle qu'un dégraissant ou un nettoyeur fournisse à l'utilisateur une FDS si son produit est contrôlé en vertu des critères du Règlement. Dans un tel cas, le fournisseur est dans l'obligation de divulguer sur la fiche la nature et la concentration des ingrédients contrôlés si leur teneur est $\geq 0,1$ ou $1,0 \%$ P/P. La divulgation s'applique au seuil de $0,1 \%$ notamment si l'ingrédient est un sensibilisant respiratoire (136). Un fabricant peut toutefois s'affranchir de cette obligation en obtenant une dérogation en vertu l'article 11 de la

⁴⁰ <http://www.travail.gc.ca/fra/reglementation.shtml>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

Loi sur le contrôle des renseignements relatifs aux matières dangereuses et de son règlement (129,135). Santé Canada a publié une interprétation de l'article 56 du RPC afin d'aider les fournisseurs et les utilisateurs dans leur appréciation et la détermination du risque de sensibilisation des voies respiratoires (240). De plus, afin de déterminer si un microorganisme donné est contrôlé en vertu du RPC, Santé Canada a publié une interprétation de l'article 64 (matières infectieuses) du RPC : un microorganisme est un produit contrôlé s'il fait partie des groupes de risques infectieux 2, 3 ou 4 de l'OMS (241). Les bactéries telles que *Bacillus subtilis* (groupe 1) sont ainsi exclues à l'encontre de celles comme *Pseudomonas aeruginosa* (groupe 2).

La subtilisine (n° CAS 1395-21-7) fait nommément partie de la Liste de divulgation des ingrédients (125) prise en vertu de la Loi sur les produits dangereux (131). Cette disposition oblige les fabricants à indiquer sa présence sur les FDS si l'enzyme est contenue dans la préparation à une concentration $\geq 0,1$ % P/P. La Liste de divulgation des ingrédients ne contient pas de microorganismes.

L'Annexe 2 de la Loi sur les agents pathogènes humains et les toxines (LAPHT) liste les agents pathogènes humains du groupe de risque 2 (130). Les bactéries suivantes, énumérées dans cette annexe, ont été identifiées dans les biofontaines françaises (43) : *Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Serratia marcescens*. L'Annexe 2 n'est cependant pas exhaustive, n'excluant pas que d'autres bactéries puissent être classées dans le groupe de risque 2 en vertu de la définition de ce groupe à l'article 3 de la loi. C'est la raison pour laquelle, la réglementation allemande (71), classifiant un grand nombre de microorganismes, a été utilisée pour catégoriser les bactéries de l'Annexe A de ce rapport, les définitions des groupes allemands étant semblables à celles de l'OMS (215). En outre, la réglementation allemande a l'avantage de lister les microorganismes du groupe de risque 1, indisponibles dans la loi canadienne⁴¹. L'ASPC est chargée de l'administration de la LAPHT. L'introduction involontaire de bactéries du groupe de risque 2 dans les dégraissants des biofontaines comme l'ont démontré Boucher et coll. (43) ne fait cependant pas en sorte que ces dégraissants soient réglementés par l'ASPC car la LAPHT ne s'applique pas si les microorganismes ne sont pas cultivés, recueillis ou extraits intentionnellement (article 4a) (130).

Un importateur canadien d'un dégraissant, d'un nettoyeur ou de toute préparation contenant des bactéries des groupes de risque 2, 3 ou 4 doit obtenir un permis d'importation auprès de l'ASPC en vertu du Règlement sur l'importation des agents anthropopathogènes (133).

Un fabricant canadien, désirant que son dégraissant ou nettoyeur à base de bactéries ou d'enzymes puisse être utilisé dans les usines de transformation des aliments ou les établissements alimentaires immatriculés au fédéral, doit présenter à l'ACIA une « Demande d'évaluation pour fins (sic) d'utilisation dans les établissements de transformation d'aliments agréés au fédéral » (4). L'ACIA publie sur son site Web une liste des produits commerciaux « acceptés »⁴² (3). C'est le BIPC de Santé Canada qui détermine l'acceptabilité des produits en question. Il n'a pas été

⁴¹ L'ASPC a déjà produit une liste des microorganismes du groupe de risque 1 (226), mais ce document a été retiré de son site Web. Il est toutefois possible d'obtenir la classification d'un microorganisme donné en adressant une demande à la Direction de la réglementation des agents pathogènes de l'ASPC à l'adresse de courriel suivante : permitpermis@phac-aspc.gc.ca. [Dernière consultation : 2013-06-01].

⁴² <http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/reference/referf.shtml>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

possible d'obtenir les critères toxicologiques précis sur lesquels le BIPC se base pour justifier ses décisions qui seraient prises au cas par cas (242).

3.10.1.3 Autres pays

La Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (SUVA) propose des valeurs acceptables aux postes de travail de 10^4 UFC/m³ pour les bactéries aérobies mésophiles et 10^3 UFC/m³ pour les bactéries gram-négatives (250). Le Tableau 2 présente des VLE réglementaires pour certaines enzymes dans cinq pays européens.

Tableau 2
VLE réglementaires pour les enzymes dans cinq pays

Pays	Substance	Valeur limite	Durée	Notation	Référence
Allemagne	α -Amylase	ND*	SO**	Sa***	(88)
	Cellulases	ND	SO	Sa	
	Subtilisines	ND	SO	Sa	
	Xylanases	ND	SO	Sa	
Espagne	Subtilisines	0,00006 mg/m ³	15 min	Sen	(122)
Royaume-Uni	Subtilisines	0,00004 mg/m ³	8 h	Sen	(153)
Suède	Subtilisines	1 UG****/m ³	8 h	S	(251)
	Subtilisines	3 UG/m ³	Plafond	S	
Suisse	Subtilisine	0,00006 mg/m ³	15 min	S	(250)

*Non déterminée; **Sans objet; ***Sa \approx Sen \approx S \approx Danger de sensibilisation des voies respiratoires; **** Unité de glycine⁴³.

Certains organismes ont publié des recommandations de VLE pour les enzymes. Ainsi l'ACGIH a adopté en 1972 une TLV-C (« Threshold Limit Value-Ceiling » = VLE-Plafond) égale à 0,00006 mg/m³ pour les subtilisines, visant à prévenir la sensibilisation respiratoire ainsi que l'irritation et la sensibilisation cutanées (2). Cette recommandation est encore en vigueur aujourd'hui et est à la base de nombreuses réglementations, incluant celle du Québec et du reste du Canada. Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) proposait en 1992 une « Recommended Exposure Limit » (REL) de 0,00006 mg/m³ sur une période de 60 min pour les subtilisines (202). L'Association internationale de la savonnerie, de la détergence et des produits d'entretien (AISE) indique que certains fabricants ont adopté la TLV de l'ACGIH pour les subtilisines, mais que de grands fabricants européens utilisent des VLE qu'ils ont eux-mêmes déterminées. Les fourchettes de VLE-8 h adoptées à l'interne par ces fabricants sont les suivantes : 8-20 ng/m³ pour les protéases et les cellulases, 5-20 ng/m³ pour les lipases et 5-15 ng/m³ pour les amylases (111).

La législation REACH oblige les fabricants européens à déterminer une dose dérivée sans effet (DNEL, « Derived No-Effect Level ») pour les substances fabriquées en grandes quantités (223). Pour les substances pour lesquelles il n'est pas possible d'établir une DNEL, comme les sensibilisants, une dose dérivée d'effet minimum (DMEL, « Derived Minimal Effect Level ») est alors déterminée. Basketter et coll., représentant de grands fabricants et utilisateurs d'enzymes

⁴³ Cinq unités de glycine par mètre cube d'air équivalent à 0,12 μ g/m³ de subtilisine cristalline pure (2). Ainsi, 1 UG/m³ = 0,000024 mg/m³ et 3 UG/m³ = 0,000072 mg/m³.

pour les détergents à lessive, ont proposé une DMEL pour le milieu de travail égale à 60 ng/m^3 , comme point de départ, pour déterminer une VLE dans le cas des enzymes existantes, ainsi que dans le cas de nouvelles enzymes pour lesquelles il n'y a pas de VLE et/ou pour lesquelles il n'y a pas d'autres données indiquant qu'une valeur différente serait plus appropriée (31).

La société Green Seal, une organisation indépendante de certification environnementale, exige des fabricants de nettoyants pulvérisables certifiés en vertu de sa norme pour les nettoyants industriels et institutionnels qu'ils démontrent que les utilisateurs de leurs préparations à base d'enzymes soient exposés à moins de 1 ng/m^3 d'enzymes par la voie respiratoire (147). La norme de Green Seal spécifie que cette démonstration doit être effectuée selon le protocole élaboré par l'AISE, exigeant une durée d'échantillonnage de dix minutes (11).

3.10.2 Environnement

3.10.2.1 Québec

3.10.2.1.1 Règlement sur les matières dangereuses

Le Règlement sur les matières dangereuses (RMD) (144) indique qu'une substance est considérée comme « matière toxique » si elle est visée aux articles 46 à 63 du RPC (136). En vertu de son pouvoir de sensibilisation des voies respiratoires chez l'humain, la subtilisine est « une matière très toxique ayant d'autres effets toxiques » (classification D2A du RPC). Cette enzyme protéolytique doit donc être considérée comme matière toxique en vertu de l'article 3 du RMD et gérée en conséquence. Puisque les microorganismes relèvent de l'article 64 du RPC, ils ne sont pas visés par le RMD. Cependant, puisqu'un dégraissant usé peut contenir des salissures organiques non complètement minéralisées par les bactéries, des métaux et des constituants comme les tensioactifs, il est probable qu'il soit considéré comme matière toxique en vertu du RMD.

3.10.2.1.2 Règlement sur les déchets biomédicaux

En milieu de soins, l'élimination des déchets doit se faire en respectant le Règlement sur les déchets biomédicaux (143).

3.10.2.2 Canada

3.10.2.2.1 Liste intérieure des substances

La Liste intérieure des substances (LIS) contient toutes les substances utilisées légalement au Canada, incluant les « substances biotechnologiques animées ». Elle est établie en vertu de la LCPE (128). En 2012, la LIS⁴⁴ contenait 70 microorganismes⁴⁵. Tout microorganisme ne faisant pas partie de la LIS est considéré comme nouveau. Un nouveau microorganisme fabriqué ou

⁴⁴ <http://www.ec.gc.ca/subsnouvelles-news subs/default.asp?lang=Fr&n=47F768FE-1>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

⁴⁵ <http://www.ec.gc.ca/subsnouvelles-news subs/default.asp?lang=Fr&n=C4E09AE7-1>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

importé au Canada doit être déclaré⁴⁶ en vertu du Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (organismes) (137). La LIS contient 48 enzymes (dernière mise à jour : 2003-03-31)⁴⁷. Les enzymes étant des substances de nature chimique (inanimée), une nouvelle enzyme doit être déclarée (126) en vertu du Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (substances chimiques et polymères) (138).

3.10.2.2 Règlement sur la persistance et la bioaccumulation

Une substance est bioaccumulable si son facteur de bioconcentration⁴⁸ (FBC) est supérieur ou égal à 5000 en vertu du Règlement sur la persistance et la bioaccumulation (134). En raison de leur poids moléculaire élevé, leur caractère hydrophile et leur biotransformation rapide, l'AMFEP considère que la bioconcentration des protéases dans les organismes aquatiques est exclue (13). Est considérée persistante dans l'eau une substance dont la demi-vie est égale ou supérieure à 182 jours (134). L'AMFEP estime à ≈ 5 h la demi-vie des protéases dans les eaux de surface (13).

3.11 Étiquettes écologiques

Comme mentionnées à la Section 3.3, les déclarations « vertes » des fabricants de dégraissants et de nettoyants sont aujourd'hui omniprésentes dans la littérature commerciale. Les dégraissants et nettoyants biotechnologiques (à base de bactéries et d'enzymes) ne font pas exception. Se pose alors la question des étiquettes écologiques. Une étiquette écologique est une « marque distinctive apposée sur un produit, attestant qu'il est conforme à certains critères de réduction des atteintes à l'environnement » (219). Les prétentions vertes des fabricants peuvent être autodéclarées ou approuvées par un organisme de certification. L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a publié deux normes pour encadrer ces deux types de déclarations. La norme ISO 14021 (163) concerne l'étiquetage autodéclaré (type II) alors que la norme ISO 14024 (164) se rapporte à l'étiquetage approuvé par un organisme indépendant de certification (type I). Au Canada, l'étiquette écologique la plus populaire est celle du programme Choix environnemental^{MC} (ÉcoLogo[®]) mis sur pied en 1988 par Environnement Canada. Ce programme était géré depuis 1995 par la société privée TerraChoice (Ottawa, ON), rachetée en 2010 par la société Underwriters Laboratories of Canada (Toronto, ON). ÉcoLogo[®] est une étiquette écologique certifiée de type I. Le programme ÉcoLogo[®] propose de nombreuses normes pour divers produits de consommation, notamment pour les dégraissants et les nettoyants. Pour qu'un produit donné puisse arborer l'ÉcoLogo[®]⁴⁹, le fabricant doit satisfaire aux critères énoncés dans la norme visée. Le Tableau 3 présente les normes ÉcoLogo[®] pour les

⁴⁶ <http://www.ec.gc.ca/subsnouvelles-news/subs/default.asp?lang=Fr&n=22FC25C8-1>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

⁴⁷ <http://www.ec.gc.ca/subsnouvelles-news/subs/default.asp?lang=Fr&n=B303D023-1>. [Dernière consultation : 2013-06-01]. La correspondance entre le numéro d'enzyme de l'Union internationale de biochimie et de biologie moléculaire (UIBBM) et son libellé est disponible en ligne (197) : <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/>. [Dernière consultation : 2013-06-01]. À titre d'exemple, le numéro 3.4.21.62 correspond à la subtilisine. Certaines enzymes seulement ont un numéro d'enregistrement CAS (p. ex. 9014-01-1 pour la subtilisine), mais elles ont toutes un numéro UIBBM.

⁴⁸ Rapport entre la concentration dans l'organisme vivant sur la concentration dans le milieu.

⁴⁹ <http://www.ecologo.org/fr/abouttheprogram/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

dégraissants, les nettoyants et les produits assimilés, exigeant ou permettant la présence de bactéries ou d'enzymes.

Tableau 3
Normes du programme Choix environnemental^{MC} (ÉcoLogo[®]) exigeant ou permettant la présence de bactéries ou d'enzymes

N° norme	Libellé	Présence de bactéries	Présence d'enzymes	Référence
DCC-110	Composés biologiques nettoyants et dégraissants	$\geq 10^7$ UFC/ml avant la dilution recommandée; microorganismes du groupe de risque 1 uniquement	Non mentionnée	(254)
CCD-112	Additifs digestifs biologiques pour nettoyer et contrôler les odeurs	Non mentionnée spécifiquement dans la norme	Non mentionnée spécifiquement dans la norme ⁵⁰	(255)
DCC-146	Nettoyant pour surfaces dures	Non mentionnée spécifiquement	Non mentionnée spécifiquement, mais certaines enzymes sont implicitement permises ⁵¹	(256)

Le site Web d'ÉcoLogo^{®52} fournit la liste de tous les dégraissants et nettoyants certifiés en vertu des normes du Tableau 3. La société Underwriters Laboratories qui gère le programme ÉcoLogo a publié, en 2012 aux États-Unis, la norme UL 2792. Le préambule de cette dernière affirme qu'il ne s'agit que d'une republication de la norme ÉcoLogo DCC-110. Il y a pourtant une différence notable : la norme UL 2792 ne comporte plus l'exigence d'une concentration microbienne minimale de 10^7 UFC/ml (268).

⁵⁰ L'adjectif « enzymatique » apparaît dans les libellés des cinq types d'additifs listés pour la norme CCD-112 sur le site Web du programme ÉcoLogo[®] : http://www.ecologo.org/fr/seeourcriteria/category.asp?category_id=21. [Dernière consultation : 2013-06-01].

⁵¹ La norme DCC-146 exige l'absence de substances causant l'asthme dans la formulation des nettoyants pour surfaces dures (256). Ces substances sont définies comme étant celles apparaissant sur la liste des substances causant l'asthme de l'Association of Occupational and Environmental Clinics (Washington, DC) avec la mention « G » (« Generally accepted ») ou « Rs » (« Sensitizer ») que l'on retrouve à l'adresse Web suivante : <http://www.aoecdata.org>. Les enzymes issues de *Bacillus subtilis* ont la mention « Rs » dans cette liste. Il s'en suit que les enzymes telles que les subtilisines sont proscrites par la norme DCC-146. Les amylases sont aussi nommément proscrites. Par contre, les lipases, cellulases et uréases ne sont pas listées. Ces trois enzymes peuvent donc se retrouver dans un nettoyant certifié en vertu de la norme DCC-146.

⁵² www.ecologo.org. [Dernière consultation : 2013-06-01].

Il existe d'autres organismes indépendants de certification possédant des normes pour les nettoyeurs, incluant ceux contenant des enzymes et des microorganismes. À titre d'exemple, la norme GS-37 de Green Seal (Washington, DC) énumère une série de restrictions à l'introduction d'enzymes et de microorganismes dans les nettoyeurs à usage industriel et institutionnel, notamment l'utilisation exclusive de bactéries du groupe de risque 1 (147). Une norme des pays nordiques ne permet pas la présence d'enzymes dans les nettoyeurs employés en aérosols (206). Le U.S. EPA propose une norme pour les produits nettoyeurs incluant une section concernant les bactéries et les enzymes (266).

3.12 Prévention

Cette section se rapporte aux moyens de prévention et de surveillance à adopter pour réduire les effets délétères potentiels des dégraissants et nettoyeurs à base de bactéries et d'enzymes sur la santé et l'environnement.

3.12.1 Premiers secours

Les premiers secours réfèrent aux soins prodigués à une personne blessée, tombée soudainement malade ou incommodée, avant l'arrivée du personnel médical. La diversité des préparations commerciales contenant des bactéries et des enzymes fait en sorte qu'il n'y a aucun protocole d'intervention spécifique à suivre en cas d'intoxication. Les utilisateurs de ces produits et les secouristes doivent se référer en priorité à la FDS, notamment parce qu'une préparation donnée contient d'autres substances que les bactéries et les enzymes (voir Section 3.5). Dans le cas des dégraissants usés, la présence de salissures toxiques doit également être prise en compte. Les intervenants doivent aussi se référer aux publications de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) concernant le secourisme afin de bien évaluer toute situation d'urgence (79,194).

Les fabricants de dégraissants et de nettoyeurs biotechnologiques devraient consulter le document du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail pour l'élaboration des consignes de premiers soins (56). Les données présentées dans les FDS consultées dans le cadre de cette étude sont le plus souvent d'ordre relativement général, avec notamment le lavage de la peau contaminée en cas de projection cutanée, l'irrigation des yeux en cas de projection oculaire, l'éloignement de la source en cas de symptômes liés à l'inhalation et la consultation d'un médecin en cas de persistance des symptômes.

3.12.2 Fuites accidentelles

Les fabricants des dégraissants et de nettoyeurs contenant des cultures bactériennes ne proposent pas de méthodes particulières en cas de déversements accidentels dans leurs FDS. On recommande généralement d'empêcher le liquide de migrer dans les égouts, d'utiliser une matière absorbante inerte, ininflammable et incombustible pour le ramasser et de rincer à l'eau.

Dans le cas d'une fuite accidentelle, le fabricant de l'Alcalase[®] 2.5 L, un liquide contenant 10-20 % de subtilisine, recommande de ne pas laisser se répandre et sécher la préparation afin d'éviter la formation de poussière. Il faudrait de préférence utiliser un aspirateur muni d'un filtre à haute efficacité pour enlever la préparation enzymatique et rincer soigneusement le restant avec

beaucoup d'eau. On recommande d'éviter les éclaboussures, le lavage à haute pression et l'emploi d'air comprimé afin de prévenir la formation d'aérosols (210). L'AMFEP préconise essentiellement le respect des mêmes consignes (12).

3.12.3 Manipulation et stockage

Les fabricants de biofontaines rappellent la nécessité d'une hygiène individuelle rigoureuse (278,290). Boucher et coll. recommandent les mesures d'hygiène suivantes : le lavage des mains après avoir enlevé ses gants et avant de porter ses mains à la bouche ou de manipuler des objets portés à la bouche tels que boisson, cigarette, crayon et nourriture ainsi qu'avant et après le passage aux toilettes (43).

Même si le risque d'allergie respiratoire et d'irritation dépend du type d'enzyme, l'AMFEP préconise de traiter toutes les préparations enzymatiques d'une manière uniforme. Une attention particulière doit être apportée pour prévenir l'émission de poussières et d'aérosols (12). Il n'y aurait pas de substances avec lesquelles l'alpha-amylase, la lipase et la subtilisine seraient incompatibles (203,209,272). Toutefois, puisque les préparations commerciales contiennent d'autres substances, la consultation de la FDS est essentielle. Ainsi, le fabricant 3M recommande d'éviter le contact de son nettoyant enzymatique avec les acides forts (1). En matière d'entreposage des dégraissants et nettoyants à base de bactéries et d'enzymes, les fabricants préconisent généralement d'éviter la chaleur, le gel, l'humidité, les rayons directs du soleil et de maintenir les récipients hermétiquement fermés.

3.12.4 Équipement de protection individuelle

3.12.4.1 Protection cutanée

Le fabricant J. Walter recommande le port de gants en nitrile (copolymère du butadiène et de l'acrylonitrile) d'une épaisseur de 0,4 mm s'il y a contact prolongé avec son dégraissant pour biofontaine Bio-Circle (278). Le fabricant français DACD préconise le port de gants certifiés en vertu de la norme européenne NF EN 374 pour la manipulation du dégraissant Dégraizym utilisé en biofontaine (82). Les gants certifiés NF EN 374 offriront une protection contre les produits chimiques et les microorganismes (9). D'autres fabricants de biofontaines recommandent de porter des gants, sans spécifier la nature du matériau protecteur de ces gants (62,290). David et coll. préconisent le port de gants et de vêtements de travail protégeant la peau ainsi que la protection des plaies lors de l'utilisation des biofontaines (85).

Le fabricant Novozymes recommande le port de gants d'examen jetables en nitrile pour la manipulation de ses nettoyants à plancher à base de bactéries (207,208). Le fournisseur Univar Canada préconise également l'utilisation de gants d'examen jetables en nitrile lors de la manipulation d'une préparation aqueuse, concentrée, à base de bactéries (271). Cette préparation, fabriquée par Novozymes, contient un mélange de spores du genre *Bacillus* et est utilisée pour formuler divers produits finis (p. ex. additif pour collecteur de graisse et fosse septique, détachant, nettoyant et désodorisant pour salle de bain) (270). Le fabricant Enviro-Solutions

recommande le port de gants en caoutchouc, en vinyle ou en latex⁵³ pour la manipulation de son nettoyant pour salles de toilettes Bio Solution 920 (253). Sans formellement préconiser le port de gants, le fabricant Innu-Science recommande d'éviter le contact avec la peau lors de l'utilisation de son nettoyant Nu-PowerKleen pour salles de bain (158). Le fabricant Wood Wyant préconise le port de gants étanches et résistants aux produits chimiques pour la manipulation de son nettoyant et désodorisant pour salles de bain Vert-2-Go Bio « si une évaluation du risque indique que cela est nécessaire » (285).

Le NIOSH recommande de prévenir le contact cutané avec la subtilisine (203). Le fabricant Novozymes préconise le port de vêtements à manches longues et de gants en nitrile ou en néoprène (polychloroprène) ayant une épaisseur minimale de 0,3 mm pour la manipulation de l'Alcalase[®] 2.5 L, un liquide contenant 10-20 % en poids de subtilisine (210).

3.12.4.2 Protection oculaire

Le fabricant J. Walter recommande le port de lunettes protectrices contre les agents chimiques ou un écran facial lors de l'utilisation de son dégraissant industriel Bio-Circle à base de bactéries (278). Le fabricant Innu-Science préconise le port de lunettes de sécurité lors de l'utilisation de son nettoyant pour salle de bain Nu-KleenSmell à base de bactéries (160). Le fabricant Enviro-Solutions recommande le port de lunettes de protection pour la manipulation de son nettoyant pour salles de toilettes Bio Solution 920 (253). Le fabricant Wood Wyant préconise le port de lunettes de sécurité pour la manipulation de son nettoyant et désodorisant pour salles de bain Vert-2-Go Bio (285).

L'AMFEP et le fabricant Novozymes recommandent le port de lunettes de sécurité pour la manipulation des préparations contenant de la subtilisine (12,210).

3.12.4.3 Protection respiratoire

Le fabricant de biofontaine J. Walter ne mentionne pas la protection respiratoire dans la FDS de son dégraissant Bio-Circle (278). Le fabricant de biofontaine ChemFree indique dans la FDS de son dégraissant Ozzy-Juice[®] SW-4 que la protection respiratoire n'est pas nécessaire (62). Boucher et coll. n'ont pas de recommandation spécifique adressée aux utilisateurs de biofontaines concernant la protection respiratoire (43).

Dans sa FDS pour un nettoyant à plancher à base de bactéries, certifié ÉcoLogo DCC-110, le fabricant Novozymes indique qu'aucune protection respiratoire n'est requise « pour un usage normal » (207). Le fabricant Enviro-Solutions ne recommande pas le port d'un APR pour la manipulation de son nettoyant pour salles de toilettes Bio Solutions 920 « si une bonne ventilation est maintenue » (253). Le fabricant Innu-Science ne préconise pas le port d'un APR lors de l'emploi de son nettoyant Nu-PowerKleen pour salles de bain dans « les conditions d'utilisation normales et prévues » (158).

⁵³ Le terme « caoutchouc » se réfère peut-être à un polymère synthétique puisque le terme « latex » utilisé dans l'énumération se rapporte normalement au caoutchouc naturel. Le terme « vinyle » signifie probablement « poly(chlorure de vinyle) ».

Dans sa FDS pour l'Alcalase[®] 2.5 L, un liquide contenant 10-20 % en poids de subtilisine, le fabricant Novozymes recommande l'utilisation d'un APR à filtre à particule P 100⁵⁴ (210).

3.12.4.4 Milieux de soins

Pour le compte du Comité sur les infections nosocomiales du Québec (CINQ) et dans un avis concernant la protection contre la tuberculose en milieux de soins, Gourdeau estime que les préposés lavant manuellement des bronchoscopes doivent toujours porter une blouse à manches longues, des gants, un masque antiprojections⁵⁵ et une protection oculaire puisqu'ils sont potentiellement exposés aux éclaboussures d'un mélange de nettoyant et de microorganismes pathogènes (123). Un APR de type N-95 serait requis uniquement « en présence d'un cas présumé ou confirmé atteint de tuberculose contagieuse seulement si le retraitement est réalisé dans le local de bronchoscopie ». L'auteure ne recommande pas le port d'un APR de type N-95 dans les cas où le nettoyage des bronchoscopes utilisés sur des patients tuberculeux est réalisé dans une pièce distincte de la salle de bronchoscopie, bien ventilée (8 changements d'air à l'heure, dont le quart d'air frais) et où les pratiques de travail réduisent au minimum les éclaboussures et la génération d'aérosols (123).

3.12.5 Élimination des déchets

Les fabricants et distributeurs de dégraissants et de nettoyants à base de bactéries et d'enzymes ne proposent pas de méthode particulière pour l'élimination des déchets. Il faut donc se référer à la réglementation pertinente pour la gestion de ces derniers (voir Section 3.10.2).

3.12.6 Prélèvement et analyse

3.12.6.1 Bactéries

L'échantillonnage des bioaérosols se fait par impaction et par filtration. L'analyse des échantillons, soit le dénombrement et l'identification des bactéries, se fait par microscopie et par des méthodes de culture sur milieux nutritifs. Le dénombrement des bactéries cultivées ne permet toutefois pas de connaître l'exposition professionnelle à toutes les bactéries, car certaines bactéries sont incultivables. Il existe d'autres méthodes d'identification des bactéries, p. ex. par l'étude de leur profil en acides gras ou par les méthodes de biologie moléculaire comme l'amplification en chaîne par polymérase (« polymerase chain reaction », PCR) (94,104).

Le Comité européen de normalisation a publié une norme pour le mesurage des microorganismes en suspension dans l'air (58). L'IRSSST possède plusieurs méthodes pour l'identification et le dénombrement des bactéries dans l'air des lieux de travail (162,185,186,187). L'American Industrial Hygiene Association (AIHA) gère un programme d'accréditation des laboratoires⁵⁶,

⁵⁴ Les filtres P 100 retiennent au minimum 99,97 % des particules aéroportées et résistent à l'huile (176).

⁵⁵ L'expression « masque antiprojections » signifie masque chirurgical, c'est-à-dire un masque qui empêche les projections du soignant d'atteindre le patient (30,188).

⁵⁶ <http://admin.aihaaccreditedlabs.org/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

notamment pour le mesurage des bactéries. Au Québec, seul l'IRSST est accrédité par l'AIHA pour le mesurage de ces dernières.

3.12.6.2 Enzymes

Il existe deux grandes catégories de méthodes analytiques pour les enzymes : les immunoessais, p. ex. ELISA, et la mesure de l'activité enzymatique. Weeks et coll. ont utilisé une méthode ELISA, essentiellement semblable à celle de Miller et coll. (193), dans leur étude expérimentale visant à estimer l'exposition à la subtilisine par la voie respiratoire d'un utilisateur de détachant enzymatique pour tissus appliqué à l'aide d'un pulvérisateur à gâchette (281). Les prélèvements sur filtre en polytétrafluoroéthylène étaient effectués avec deux types de pompes à haut débit (18 l/min et 200 l/min) et duraient environ dix minutes. Les auteurs n'indiquent pas leur limite de détection, mais rapportent des niveaux moyens d'enzymes de $12 \pm 0,92 \text{ ng/m}^3$ (pompe à 18 l/min) et $17 \pm 1,6 \text{ ng/m}^3$ (pompe à 200 l/min).

Après avoir effectué des prélèvements à l'aide de l'échantillonneur personnel IOM, Adishes et coll. ont utilisé la mesure de l'activité enzymatique dans leur étude de l'exposition professionnelle aux protéases en milieu de soins (voir Section 3.7) (7). Le Health and Safety Laboratory au Royaume-Uni a développé une méthode fluorométrique pour mesurer l'activité enzymatique des protéases. La limite de détection de cette méthode analytique serait de 3 ng de subtilisine par m^3 d'air (225).

Le Salt Lake Technical Center de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) des États-Unis possède une méthode analytique non publiée pour le mesurage de la subtilisine, mais uniquement dans les échantillons de procédés⁵⁷ (220). La société britannique City Technology a développé un système de prélèvement personnel pour la subtilisine basé sur la mesure de l'activité enzymatique où le résultat serait obtenu *in situ* en quinze minutes (279). Les méthodes analytiques basées sur les immunoessais (ELISA) seraient plus sensibles que celles basées sur la mesure de l'activité enzymatique (111).

Une méthode pour le prélèvement et l'analyse de la subtilisine est en développement à l'IRSST (Marchand et coll., projet IRSST 0099-9010 en cours, mai 2014).

3.12.7 Surveillance médicale

Il y a très peu d'information relative à la surveillance médicale des travailleurs exposés aux dégraissants et nettoyants bactériens et enzymatiques. En France, dans le cas des biofontaines, David et coll. recommandent de porter une attention particulière aux personnes immunodéprimées afin d'éviter que des bactéries opportunistes puissent les infecter (84). Concernant le risque d'asthme professionnel en général, l'OMS recommande de connaître le statut atopique des travailleurs lors des examens d'embauchage (anamnèse) (214). Les autorités sanitaires australiennes considèrent toutefois qu'il n'est pas justifié d'exclure les sujets sur la base de leur atopie (201).

⁵⁷ Seulement 13 échantillons de procédé auraient été analysés par OSHA. Pour voir les résultats de ces analyses, saisir le chiffre 9220 dans la case « IMIS » sur la page Web suivante : <http://www.osha.gov/opengov/healthsamples.html>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

4.1 Préparations à base de bactéries à usage industriel

4.1.1 Biofontaines

La revue de la littérature (voir Section 3.6.1), nos observations dans quatre milieux de travail (Annexe D) et nos discussions avec divers intervenants révèlent que les biofontaines remplacent de plus en plus les fontaines traditionnelles à base de solvant, particulièrement dans le domaine de l'entretien mécanique. Les biofontaines ont fait leur preuve du point de vue technique. L'élimination de l'utilisation des solvants organiques par le passage aux biofontaines est automatiquement un avantage du point de vue sécuritaire, par la suppression du risque lié aux solvants inflammables ou combustibles. C'est également un gain du point de vue sanitaire puisque le travailleur n'est plus exposé aux solvants par les voies respiratoire et cutanée. Bien que Schulte et coll. aient rapporté un cas d'alvéolite allergique extrinsèque chez un utilisateur de biofontaine (246), ce cas demeure unique. Par ailleurs, la consultation réalisée dans le cadre de la présente recherche n'a révélé aucun effet délétère sur la santé. La protection de l'environnement est renforcée puisque les préparations à base de bactéries minéralisent *in situ* les salissures organiques. En outre, ces dégraissants sont facilement biodégradables s'ils se retrouvent dans l'environnement, en particulier ceux qui sont certifiés en vertu d'un programme d'étiquetage environnemental de type I (164).

L'utilisation des biofontaines souffre parfois de certaines restrictions. Il est ainsi possible de détruire accidentellement la flore bactérienne par l'introduction d'une salissure incompatible (voir l'Annexe D, atelier d'usinage). Brasseur rapporte le cas d'une entreprise dans laquelle l'utilisation d'une biofontaine laisse une légère pellicule à la surface des pièces, empêchant l'application subséquente de peinture (46). Cependant, en l'absence d'un inventaire de l'ensemble des utilisations des biofontaines, il n'est pas possible de généraliser cette contre-indication. Certains changements aux méthodes de travail sont nécessaires, p. ex. le séchage des pièces métalliques pour éviter leur oxydation (198). La durée des tâches de dégraissage serait parfois un peu plus longue comparativement au temps requis par l'utilisation des solvants pétroliers (196).

Notamment parce que les fluides dégraissants dans les biofontaines en utilisation peuvent contenir des bactéries du groupe de risque infectieux 2 (43) ainsi que des salissures indésirables, il demeure important pour les utilisateurs de se protéger la peau (gants, vêtement à manches longues), de minimiser la formation d'aérosols lors de l'utilisation d'une soufflette pour le séchage des pièces après leur dégraissage et de se protéger les yeux contre les éclaboussures lors du brossage des pièces souillées. Pour prévenir le contact avec les yeux, il est justifié de recommander le port de lunettes de sécurité. La protection des plaies est également prescrite (85). Les mesures d'hygiène individuelle suivantes sont aussi importantes (43): lavage des mains après avoir enlevé ses gants et avant de porter ses mains à la bouche ou de manipuler des objets portés à la bouche tels que boisson, cigarette, crayon et nourriture ainsi qu'avant et après le passage au cabinet d'aisance.

Les fabricants ne recommandent pas l'utilisation d'un APR pour l'utilisation de leur biofontaine (voir Section 3.12.4). Or, l'utilisation de soufflettes⁵⁸ pour le séchage des pièces dégraissées préalablement dans les biofontaines pourrait occasionnellement générer des aérosols, particulièrement lors du séchage de surfaces irrégulières (p. ex. trous borgnes) comme cela a été observé par Scaife et coll. pour le nettoyage à la soufflette de surfaces métalliques souillées de fluides de coupe aqueux (245). Se pose alors la question de la protection respiratoire.

L'ACNOR a publié un guide permettant le choix de l'APR approprié pour se protéger des bioaérosols basé sur la gestion graduée des risques (« control banding ») (5). En faisant l'hypothèse que le dégraissant d'une biofontaine peut contenir des bactéries du groupe de risque 2, que la génération d'aérosols est dans la catégorie « faible ou nulle » lors de l'utilisation d'une soufflette et que le taux de changement d'air dans le milieu de travail est égal à 4 [exigence du RSST pour un garage d'entretien (142)], la matrice de l'ACNOR recommande le port d'un APR tel qu'un masque filtrant à cartouche ou un masque jetable.

Lavoie et coll. ont développé récemment un autre guide pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols utilisant également la gestion graduée des risques (180). Cette méthode classe les microorganismes dans les mêmes quatre groupes de risques infectieux décrits à la Section 3.1 et dans le guide de l'ACNOR. L'exposition est estimée en considérant le niveau de maîtrise des aérosols et leur taux de génération. Le niveau de maîtrise est divisé en cinq catégories, le pire scénario obtenant 2,0 points, p. ex. pour les tâches effectuées en espace confiné et 0 point pour la meilleure situation, p. ex. lorsqu'une opération est effectuée en circuit fermé. Le taux de génération est également divisé en cinq catégories, le pire scénario se voyant attribuer 8,0 points, p. ex. dans le cas d'un travailleur dont la zone respiratoire est située dans le panache d'aérosols et 0 point pour la meilleure situation où il n'y a aucune production d'aérosol. On voit ainsi que le niveau de maîtrise compte pour 20 % des points alors que le taux de génération compte pour 80 % des points. Une matrice associant le groupe de risque des microorganismes considérés dans un cas donné et le niveau d'exposition estimé pour le poste de travail considéré (somme des points attribués pour le niveau de maîtrise et le taux de génération) permet d'obtenir le facteur de protection caractéristique (FPC : aucun, 10, 25, 50, 1000) et ainsi de choisir l'APR approprié. Le niveau d'exposition dans cette matrice est divisé en cinq classes allant de « très faible » (pointage de 0 à 2) à « très élevé » (pointage de 9,5 à 10).

En prenant le cas d'un mécanicien utilisant sporadiquement une biofontaine dans un garage d'entretien automobile et en employant l'outil élaboré par Lavoie et coll., on obtient les pointages suivants : niveau de maîtrise = 1,5 point [4 changements d'air frais à l'heure exigés par le RSST (142)] et taux de génération faible = 2,0 points (utilisation d'une soufflette sur des objets métalliques à géométrie complexe avec trous borgnes) pour un total de 3,5 points. En considérant que la biofontaine contient un mélange de bactéries des groupes de risque 1 et 2 comme les biofontaines françaises dans l'étude de Boucher et coll. (43), la matrice indique un FPC = 10, signifiant qu'un APR à épuration d'air serait requis pendant l'utilisation éventuelle d'une soufflette.

⁵⁸ Rappelons que la pression de l'air comprimé utilisé pour la soufflette doit être < 200 kPa (29 psi) en vertu du RSST (article 326) (142).

Il n'existe pas de VLE pour les bactéries. Goyer et coll. ont proposé des critères d'action sous la forme de concentrations de bactéries totales ou gram-négatives non infectieuses dans l'air des milieux de travail justifiant une intervention (voir Section 3.10.1). Aucune donnée d'exposition aux bactéries par la voie respiratoire n'est disponible pour les utilisateurs de biofontaines. Nos observations (Annexe D) indiquent qu'une exposition aux brouillards de dégraissant contenant des bactéries est possible en raison de l'utilisation des soufflettes pour assécher les pièces dégraissées alors que Boucher et coll. formulent l'hypothèse que des aérosols soient émis lors du dégraissage par brossage (43). Cependant, la concentration de brouillard est probablement faible, entraînant un risque faible d'inhalation. Il est toutefois justifié de recommander que ce genre de situation soit étudié par la mesure des concentrations de bactéries (UFC/m³) dans la zone respiratoire des utilisateurs de biofontaines. Cette étude pourrait également se faire en déterminant la concentration des bactéries dans le dégraissant en usage (UFC/ml) et celle du brouillard de dégraissant dans l'air respiré par les travailleurs (mg/m³). En attendant de documenter l'exposition et si l'on soupçonne la présence d'aérosols en raison p. ex. de l'utilisation intensive d'une soufflette, le port d'un APR⁵⁹ tel qu'une pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95 serait justifié. Une solution simple pour éviter le port d'un APR serait de faire suivre l'opération de dégraissage dans la biofontaine par un rinçage des pièces à l'eau propre avant l'utilisation de la soufflette afin d'éviter que les aérosols générés ne contiennent des bactéries. Le rinçage doit être effectué en évitant la génération d'aérosols.

4.1.2 Nettoyage de véhicules de transport en commun par pulvérisation

En appliquant au nettoyage de moteurs et soubassements de bus par pulvérisation la méthode de gestion graduée des risques élaborée par Lavoie et coll. pour le choix d'un APR contre les bioaérosols (180), on obtient les scores suivants : 1,5 point pour le niveau de maîtrise de l'exposition (ventilation générale) et 6,0 points pour le taux de génération (production élevée d'aérosols en raison de la méthode d'application), pour un total de 7,5 points, correspondant à un niveau d'exposition élevé. Ce dernier, associé aux bactéries du groupe de risque 1 contenues dans le dégraissant, donne un FPC = 10. Un APR à épuration d'air serait alors indiqué. L'application de la méthode ACNOR (5) donne le même résultat. En attendant que soient mesurés les niveaux d'exposition des travailleurs pulvérisant des dégraissants bactériens, le port d'un APR⁶⁰ à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95 est recommandé.

4.1.3 Systèmes intégrés de dégraissage

Les systèmes intégrés de dégraissage à base de bactéries (voir Section 3.6.2) pour le nettoyage de surfaces métalliques avant le revêtement (galvanisation, peinture) sont employés en Europe et aux États-Unis, mais leur utilisation locale est cependant non documentée. Le fait que le dégraissage et la dégradation des salissures se font en circuit fermé est un avantage du point de vue de la santé au travail. Un autre atout est la présence d'une membrane semi-perméable placée entre le bain où les bactéries effectuent la biodégradation des salissures et le bain dégraissant où

⁵⁹ Dans un tel cas, un programme de protection respiratoire devrait être élaboré et mis en application en conformité avec la norme CSA-Z94.4-F11 (5).

⁶⁰ Dans un tel cas, un programme de protection respiratoire devrait être élaboré et mis en application en conformité avec la norme CSA-Z94.4-F11 (5).

les salissures sont d'abord délogées de la surface à nettoyer. Cela limite la propagation des bactéries à l'extérieur du bain de biodégradation. Il serait d'ailleurs souhaitable d'étudier la possibilité d'installer de telles membranes dans le circuit de recirculation du dégraissant des biofontaines. Cela permettrait que le dégraissant auquel le travailleur est potentiellement exposé lorsqu'il nettoie une pièce dans l'évier soit exempt de bactéries.

4.2 Nettoyants à base d'enzymes en milieux de soins

Les nettoyants à base d'enzymes sont largement utilisés dans les milieux de soins pour le nettoyage des instruments chirurgicaux et diagnostiques. Les nettoyants enzymatiques sont d'ailleurs explicitement mentionnés pour le lavage des endoscopes dans la norme canadienne sur la décontamination des dispositifs médicaux réutilisables (77).

La littérature rapporte quelques cas de sensibilisation respiratoire de travailleurs manipulant des nettoyants à base de subtilisine dans les hôpitaux (7,184). Cette protéase est celle qui a été la plus étudiée en raison de son emploi dans les détergents à lessive, à partir de la fin des années 1960. Il existe cependant d'autres protéases utilisées dans les nettoyants employés en milieux de soins. C'est le cas de l'Esperase[®] (n° CAS 9073-77-2), constituante du nettoyant Renuzyme Plus (118) employé dans l'hôpital visité (Annexe D). Cette enzyme peut causer une sensibilisation cutanée et respiratoire (231). Le nettoyant Medzyme utilisé dans le même hôpital contiendrait neuf enzymes s'attaquant aux glucides, lipides et protéines (247), mais ne contiendrait pas de subtilisine en concentration $\geq 0,1$ % P/P; sa FDS indiquant qu'il ne contient aucun ingrédient dangereux (248).

La seule VLE réglementaire pour les enzymes au Québec est celle de la subtilisine (60 ng/m³, valeur plafond) (142). Cette norme vise à prévenir la survenue de l'asthme professionnel ainsi que l'irritation de la peau et des voies respiratoires (2). La subtilisine est présente dans certains nettoyants pour instruments chirurgicaux et diagnostiques employés dans les hôpitaux québécois : EnzyCare 2[®] (98) et Renuzyme Plus (118) (Annexes D et E). L'exposition des utilisateurs par la voie respiratoire n'est pas documentée. La seule donnée d'exposition disponible est le niveau de 10 ng/m³ de subtilisine mesuré en poste fixe près d'un préposé au nettoyage de cystoscopes au Royaume-Uni (7). Notre observation dans un hôpital (Annexe D) nous porte à croire qu'il pourrait y avoir génération d'aérosols lors de l'utilisation d'une soufflette pour le séchage des instruments chirurgicaux après avoir été lavés avec un nettoyant enzymatique. Des éclaboussures ont été observées lors de la manipulation et du nettoyage des endoscopes dans l'évier contenant un nettoyant enzymatique. Cette observation est corroborée par Gourdeau dans le cas du nettoyage des bronchoscopes (123). La génération d'un aérosol est alors également possible, quoique moins probable que dans le cas de l'utilisation d'une soufflette.

Dans l'hôpital visité (Annexe D), les préposés au nettoyage d'instruments chirurgicaux ne portaient pas d'APR. Ils enfilait un masque chirurgical. Les préposés au nettoyage des endoscopes n'utilisaient ni APR ni masque chirurgical. Les fabricants de certains nettoyants à base de subtilisine utilisés dans les hôpitaux québécois ne recommandent pas le port d'un APR, p. ex. Enzy-Clean[®] (50) et Renuzyme Plus (118) (Annexe C). Un autre fabricant recommande le port d'un APR de type N-95 pour son nettoyant enzymatique à base de subtilisine dans le cas où celui-ci est pulvérisé ou si la ventilation est inadéquate (98). En attendant que la méthode

d'analyse de l'IRSSST pour la subtilisine soit mise en œuvre, que les concentrations de cette protéase soient documentées dans l'air des locaux de lavage manuel des endoscopes et des instruments chirurgicaux, si l'on soupçonne la présence d'aérosols et en l'absence de hotte de laboratoire, il semble approprié de recommander le port d'un APR⁶¹ à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95.

Par ailleurs, Gourdeau recommande le port d'un masque chirurgical pour protéger le travailleur contre les éclaboussures (123). Cependant, il est nécessaire de rappeler qu'un masque chirurgical ordinaire, également appelé masque antiprojection, vise d'abord la protection du patient et son environnement contre les projections du soignant (30). Afin que les travailleurs soient protégés contre les éclaboussures observées par les auteurs de ce rapport (Annexe D) et rapportées par Gourdeau (123), l'APR de type N-95 recommandé plus haut devrait en outre respecter la norme ASTM F1862 concernant la résistance des masques médicaux aux projections liquides (23). Les autres recommandations de Gourdeau concernant les équipements de protection individuelle devraient être suivies : port de gants, blouses à manches longues et protection oculaire (123). Le port d'un bonnet et de couvre-chaussures observé dans l'hôpital visité est également approprié comme protection contre les éclaboussures. Concernant les gants en nitrile portés par les préposés au nettoyage des instruments dans l'hôpital visité (Annexe D), il serait souhaitable d'évaluer la pertinence d'exiger qu'ils soient conformes à la norme ASTM F1671 en ce qui a trait à leur résistance à la pénétration des microorganismes pathogènes (22).

En résumé, dans le cas du nettoyage manuel d'instruments chirurgicaux et diagnostiques, si l'on soupçonne la présence d'aérosols et en l'absence de hotte de laboratoire, le port d'un APR à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95 est préférable à l'utilisation d'un simple masque chirurgical. De plus, l'APR devrait résister aux projections liquides.

4.3 Autres utilisations

4.3.1 *Nettoyants bactériens et enzymatiques pour l'entretien ménager*

La documentation technique concernant les nettoyants à base de bactéries et d'enzymes utilisés pour l'entretien ménager est insuffisante. L'Association canadienne des produits de consommation spécialisés ne mentionne d'ailleurs les bactéries et les enzymes comme ingrédients actifs dans les nettoyants ménagers que pour les produits de débouchage (conduit, évier) (6). Le Conseil européen des fédérations de l'industrie chimique et l'AISE ne listent pas les bactéries comme ingrédients potentiels dans les nettoyants alors que les enzymes ne sont inventoriées que pour certains produits non manipulés normalement par les préposés à l'entretien ménager, p. ex. détachants et détergents à lessive, tablettes pour lave-vaisselle (57). La documentation scientifique est quasiment inexistante concernant la fabrication, l'utilisation, l'exposition professionnelle et les effets sanitaires potentiels des nettoyants contenant des bactéries et des enzymes destinés à l'entretien ménager. La littérature commerciale est par contre abondante et parfois dithyrambique, mais elle est peu informative sur la composition de ces

⁶¹ Dans un tel cas, un programme de protection respiratoire devrait être élaboré et mis en application en conformité avec la norme CSA-Z94.4-F11 (5).

préparations. Certains produits sont certifiés en vertu de la norme ÉcoLogo DCC-110. Cela garantit en théorie qu'ils ne contiennent pas de bactéries pathogènes (groupes de risques infectieux ≥ 2). Encore faut-il qu'ils soient mis en œuvre de façon à éviter leur contamination. Il apparaît ainsi souhaitable que les institutions emploient les systèmes de dilution et de distribution automatiques en circuit fermé proposés par les fournisseurs, car ces dispositifs minimisent la contamination bactérienne. Les nettoyeurs respectant les critères de la norme ÉcoLogo DCC-110 doivent être techniquement performants puisqu'ils doivent satisfaire aux critères d'efficacité de nettoyage d'une norme de l'Office général des normes du Canada (216) ou d'une norme états-unienne⁶².

Au vu des recommandations de certains fabricants concernant les équipements de protection personnelle (voir Section 3.12.4), la protection cutanée et oculaire est fortement suggérée même si la préparation diluée n'est pas contrôlée en vertu du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT). Cette recommandation est basée non seulement sur le nettoyeur lui-même, mais sur l'exposition potentielle aux salissures à éliminer dans le cadre du travail du nettoyeur. Mentionnons à titre d'exemple les éclaboussures qui peuvent résulter de l'utilisation d'une balayette pour l'entretien d'une cuvette de cabinet d'aisance ainsi que le potentiel d'exposition cutanée aux matières fécales lorsqu'on la nettoie avec un chiffon.

Certains nettoyeurs bactériens peuvent être appliqués à l'aide d'un pulvérisateur à gâchette (28,175). La présence d'un aérosol dans la zone respiratoire de l'utilisateur est ainsi possible. L'absence de données sur l'exposition respiratoire des travailleurs à ces nettoyeurs rend la question du port d'un APR difficile à résoudre. Néanmoins, en attendant d'obtenir des données métrologiques sur lesquelles baser une décision éclairée et dans le cas d'une pulvérisation intensive d'un nettoyeur bactérien dans un espace confiné, le port d'un APR⁶³ à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95 serait souhaitable.

Le remplacement des nettoyeurs ménagers traditionnels dans les institutions par des nettoyeurs à base de bactéries s'accompagne parfois d'un corollaire inquiétant, à savoir l'abandon de l'étape de désinfection à l'eau de Javel des installations communes. Nous avons été informés que c'était le cas dans deux établissements d'enseignement. Il est donc utile de rappeler que le RSST exige notamment que les salles à manger (article 153) et les salles de toilettes (article 165) doivent être désinfectées quotidiennement. La désinfection doit être effectuée à l'aide d'une solution d'eau de Javel ou d'un produit sanitaire équivalent (article 152). La notion de « produit sanitaire équivalent » n'est pas définie dans le RSST. Fong et coll. rapportent en outre les limites de certains produits de désinfection verts substitutifs (114).

À la suite d'études financées par l'IRSST, la CSST a publié en 2003 un guide pour le choix du bon nettoyeur à plancher dans le but d'éviter les chutes de travailleurs par glissade, particulièrement où il y a accumulation de matières grasses (228). Il est important de prendre en compte cet aspect de la sécurité du travail dans tout projet de substitution des nettoyeurs à

⁶² La norme ASTM D4488-95 indiquée dans le document d'ÉcoLogo a été retirée en 2009 : <http://www.astm.org/Standards/D4488.htm>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

⁶³ Dans un tel cas, un programme de protection respiratoire devrait être élaboré et mis en application en conformité avec la norme CSA-Z94.4-F11 (5).

plancher traditionnels par des nettoyants à base de bactéries et d'enzymes dans ce type de milieux.

4.3.2 Diverses utilisations

Puisque l'ACIA publie sur son site Web une liste des nettoyants commerciaux dont l'utilisation est jugée acceptable dans les entreprises de transformation alimentaire (3), il serait souhaitable que Santé Canada publie les critères toxicologiques sur lesquels est basée leur acceptabilité. L'exposition professionnelle aux enzymes pourrait être problématique lors de l'utilisation de certaines préparations dans l'industrie de la transformation des aliments. À titre d'exemple, le nettoyant Duozyme contenant une lipase et une protéase est appliqué par moussage, trempage ou pulvérisation, à une température de 38 à 71 °C (73). La pulvérisation à une telle température pourrait générer un brouillard important de nettoyant enzymatique. Le port d'un APR⁶⁴ approprié serait alors indiqué.

4.4 Étiquettes écologiques

Les gouvernements du Québec et du Canada font la promotion des étiquettes écologiques (109,195). La présence, sur le contenant ou sur la fiche technique d'un dégraissant ou d'un nettoyant commercial, d'une étiquette écologique certifiée de type I, c'est-à-dire approuvée par un organisme indépendant de certification en vertu de la norme ISO 14024, est un avantage certain. Il assure à l'utilisateur que la préparation possède des caractéristiques minimales visant à protéger l'environnement sur la base de considérations relatives au cycle de vie (164). Les produits certifiés ÉcoLogo DCC-110 (« Composés biologiques nettoyants et dégraissants ») en sont des exemples⁶⁵. De plus, cette norme exige notamment l'absence de microorganismes pathogènes (groupes de risque infectieux ≥ 2) et de certaines substances chimiques (p. ex. 2-butoxyéthanol, solvants aromatiques ou chlorés). La norme ÉcoLogo DCC-110 ne traite pas actuellement des enzymes ou autres substances pouvant causer l'asthme. Par conséquent, leur utilisation est implicitement permise. À titre d'exemple, le nettoyant dégraissant Ambio-Sol (Choisy) est certifié ÉcoLogo DCC-110 et contient des lipases (65,68). Par contre, la norme ÉcoLogo DCC-146 concernant les nettoyants pour surfaces dures exige l'absence de substances causant l'asthme (256). Ces substances sont définies dans cette norme comme étant celles apparaissant sur la liste⁶⁶ des substances causant l'asthme de l'Association of Occupational and Environmental Clinics (AOEC). Ainsi, les nettoyants certifiés DCC-146 ne peuvent pas contenir d'alpha-amylase et de subtilisine alors que d'autres enzymes telles que les lipases sont implicitement acceptées.

Certaines solutions concentrées de bactéries importées des États-Unis possèdent la certification ÉcoLogo DCC-110. C'est le cas p. ex. du Floor Cleaner Concentrate 5X CAN du fabricant Novozymes (207). Certains fournisseurs locaux de dégraissants et de nettoyants achètent ces solutions concentrées, car ils ne cultivent pas eux-mêmes les bactéries destinées aux dégraissants

⁶⁴ Dans un tel cas, un programme de protection respiratoire devrait être élaboré et mis en application en conformité avec la norme CSA-Z94.4-F11 (5).

⁶⁵ La version française de la norme ÉcoLogo DCC-110 comporte des erreurs de traduction telles que l'exigence incongrue suivante : « avoir avant dilution un pH supérieur à 2,0 ou plus grand que 11,5 » (254).

⁶⁶ <http://www.aoecdata.org/>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

et aux nettoyants qu'ils fabriquent. Ils peuvent alors y ajouter un colorant et un parfum puis conditionner ces liquides sous leur propre marque de commerce, tout en arborant la certification ÉcoLogo DCC-110. Afin de s'assurer qu'il n'y ait pas de contamination par des microorganismes des groupes de risque infectieux ≥ 2 lors de la formulation locale de ces dégraissants et nettoyants, nous suggérons que les acheteurs ultimes de ces préparations exigent à cet effet des certificats d'analyse microbiologique de leur fournisseur.

La norme états-unienne GS-37 de Green Seal concernant les nettoyants à usage industriel et institutionnel comporte des exigences semblables à celles de la norme ÉcoLogo DCC-110. On y retrouve ainsi l'obligation d'une concentration microbienne minimale de 10^7 UFC/ml. La présence d'enzymes est permise. Ces substances sont même nommément exclues de la catégorie des sensibilisants respiratoires (147). Cette dernière caractéristique est à l'origine de la décision du Service de santé au travail de la Direction de santé publique de l'État de la Californie de ne pas recommander les nettoyants certifiés en vertu de la norme GS-37 (212).

La législation européenne encadre l'utilisation des labels écologiques pour les nettoyants en établissant des critères bien définis, notamment pour les substances sensibilisantes incluant les enzymes. Cependant, la présence intentionnelle de bactéries n'a pas été prise en compte dans la réglementation (69).

4.5 Fiches de données de sécurité

Quel que soit le domaine, la littérature rapporte plusieurs problèmes avec les FDS tels que l'absence de divulgation d'ingrédients qui auraient dû l'être ainsi que des données inexactes ou incomplètes, entraînant parfois des conséquences graves (35,53,55,115,173,224,244,282). Nous avons remarqué des incongruités dans certaines FDS dans le cadre de cette recherche. Le cas d'un nettoyant enzymatique (Annexe B, milieu hospitalier) en est un exemple : sa fiche technique rapporte une concentration de 28 % d'enzymes alors que sa FDS indique l'absence d'ingrédients dangereux, aucun potentiel de sensibilisation des voies respiratoires et de la peau et ne recommande ni le port d'un APR ni une protection cutanée (248). La FDS d'un autre nettoyant enzymatique (Annexe B, milieu hospitalier) contenant de la subtilisine et une autre protéase ne mentionne pas la possibilité de sensibilisation des voies respiratoires en présence d'aérosols (118). La FDS d'un dégraissant pour le secteur alimentaire (Annexe B, alimentaire) indique un pH de 13,4 et la classification E (matière corrosive) du SIMDUT, des informations incompatibles avec le fait que le dégraissant serait certifié en vertu de la norme ÉcoLogo DCC-110, exigeant un pH > 2 et $< 11,5$ et l'absence d'un classement E (178).

Puisque les fabricants d'enzymes affirment que l'inhalation répétée d'aérosols contenant des enzymes peut provoquer une réaction allergique (113), que des fabricants européens de détergents à lessive mettent en œuvre des moyens de prévention pour se conformer à des VLE plus sévères que les VLE réglementaires (111) et que plusieurs auteurs sont d'avis qu'il faut considérer toutes les enzymes comme des sensibilisants potentiels (32,45), il est recommandé que les FDS des nettoyants enzymatiques mentionnent clairement le risque de sensibilisation.

On retrouve parfois sur les FDS une note voulant que la composition de la préparation constitue un secret de fabrication. Or, il est important de rappeler que si un nettoyant ou un dégraissant contient un ou plusieurs produits contrôlés en quantité suffisante ($\geq 0,1$ ou $1,0$ % selon la nature

de sa toxicité) en vertu du Règlement sur les produits contrôlés (136), cette prétention légitime doit être accompagnée d'une mention indiquant qu'une dérogation a été formellement obtenue de Santé Canada en vertu de la Loi sur le contrôle des renseignements relatifs aux matières dangereuses. De plus, cette dérogation n'exempte pas le fournisseur d'indiquer dans la FDS les données toxicologiques pertinentes et les moyens de prévention appropriés à mettre en œuvre (129).

Dans le cas des enzymes, le Règlement sur les produits contrôlés devrait exiger que les FDS indiquent le numéro d'identification de l'Union internationale de biochimie et de biologie moléculaire à l'instar d'Environnement Canada pour la Liste intérieure des substances, en plus d'un numéro CAS éventuel. Lorsqu'un doute apparaît quant à la fiabilité des données toxicologiques retrouvées dans une FDS, les utilisateurs de dégraissants et nettoyeurs bactériens et enzymatiques devraient se prévaloir des dispositions de l'article 31 du Règlement sur les produits contrôlés leur permettant d'exiger du fabricant l'obtention de la source des données toxicologiques utilisées pour sa rédaction (136).

4.6 Réglementation

Puisque Santé Canada (241) se réfère aux groupes de risque 1, 2, 3 et 4 de l'OMS dans son interprétation de l'article 64 (matières infectieuses) du Règlement sur les produits contrôlés (136), il est suggéré d'établir une liste de référence exhaustive des microorganismes de ces quatre groupes. Cette liste pourrait également bonifier la liste relativement courte des microorganismes déjà incluse dans les annexes de la Loi sur les agents pathogènes humains et les toxines (130).

La subtilisine étant un sensibilisant respiratoire avéré (232), la notation « S » devrait être ajoutée pour cette enzyme dans la partie 1 de l'annexe I du RSST. À l'instar de la réglementation allemande, la notation « S » pourrait être élargie à d'autres enzymes (voir Section 3.10.1.3). Des VLE devraient être établies pour d'autres enzymes couramment utilisées au Québec telles que l'alpha-amylase.

La LSST inclut les microorganismes dans sa définition d'un contaminant, obligeant notamment les employeurs à informer les travailleurs concernant les risques qui leur sont associés. Par contre, le RSST ne traite aucunement des microbes. Ce paradoxe ne favorise pas la prévention à une époque où les biotechnologies sont en forte expansion. Il serait donc souhaitable que le législateur introduise dans le RSST une section traitant des microorganismes, leur caractérisation et les moyens de gestion et de prévention appropriés.

Le législateur devrait définir ce qu'est un « produit sanitaire équivalent » dans l'article 152 du RSST en se référant à des critères et une méthode de laboratoire reconnus pour la vérification de l'efficacité des agents antimicrobiens.

5. CONCLUSION

Bien que la littérature scientifique et technique sur les aspects santé et sécurité du travail de l'utilisation de nettoyeurs à base de bactéries et d'enzymes soit encore fragmentaire, cette recherche a permis de mettre en évidence diverses conclusions portant principalement sur les biofontaines à base bactérienne et sur les nettoyeurs enzymatiques en milieu de soins.

Les biofontaines utilisent des préparations aqueuses formulées avec des bactéries de risque infectieux faible ou nul. Elles remplacent de plus en plus souvent les fontaines traditionnelles à base de solvants, particulièrement dans le domaine de l'entretien mécanique. L'élimination des solvants y est avantageuse d'un point de vue sécuritaire et sanitaire. À part un cas de sensibilisation respiratoire rapporté dans la littérature, aucun effet sur la santé n'a été démontré à la suite de l'utilisation des biofontaines. Par ailleurs, la protection de l'environnement est renforcée par l'utilisation de ces produits puisque les bactéries transforment en grande partie les salissures organiques en eau et en dioxyde de carbone. Cependant certaines études montrent la présence, dans des biofontaines en cours d'utilisation, de bactéries présentant un risque infectieux modéré pour les individus. Il est donc recommandé aux utilisateurs de se protéger la peau (gants, manches longues) et les yeux (lunettes de sécurité) ainsi que de se conformer à diverses mesures d'hygiène individuelle. La génération d'aérosols est possible lorsqu'il y a utilisation de soufflettes pour le séchage des pièces nettoyées. En l'absence de données sur ce type d'exposition par inhalation, il est recommandé de rincer les pièces à l'eau avant le séchage ou sinon de porter un APR à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95. Ce travail a également permis de documenter l'utilisation de préparations bactériennes appliquées par pulvérisation. Dans ce type de situation, le port d'un APR à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95 serait recommandé dans l'attente de données métrologiques.

En ce qui concerne les nettoyeurs bactériens en général, il faut noter la possibilité qu'ils soient certifiés sur une base volontaire avec une étiquette écologique selon la norme ÉcoLogo DCC-110 qui assure que certains critères liés à la protection de l'environnement sont respectés, qu'ils sont formulés sans microorganismes pathogènes et qu'ils sont techniquement performants. Dans un contexte où l'encadrement réglementaire de l'utilisation de microorganismes en milieu de travail est insuffisant, l'utilisation de cette norme doit être encouragée.

Les nettoyeurs à base d'enzymes sont largement utilisés dans les milieux de soins pour les instruments chirurgicaux et diagnostiques. La littérature rapporte quelques cas de sensibilisation respiratoire de travailleurs manipulant de tels nettoyeurs à base de subtilisine. Il n'y a encore que très peu de données sur les niveaux d'exposition à la subtilisine ou aux autres enzymes dans ces milieux, bien que la présence d'aérosols soit possible, notamment lors de l'utilisation de soufflettes pour le séchage des instruments. En attendant que les niveaux soient mieux documentés, si l'on soupçonne la présence d'aérosols, p. ex. lors du lavage manuel des instruments, il semble approprié de recommander le port d'un APR à pièce faciale filtrante (masque jetable) N-95 plutôt que d'un simple masque chirurgical. Par ailleurs, pour la protection contre de possibles éclaboussures, l'APR devrait résister aux projections liquides. Le port de gants, blouse à manches longues, protection oculaire, bonnet et couvre-chaussures est aussi recommandé.

Ce travail a mis en évidence plusieurs axes potentiels de recherche.

En ce qui concerne les préparations bactériennes, Boucher et coll. (43), ainsi que David et coll. (85) ayant mis à jour la présence de bactéries du groupe de risque infectieux 2 dans des biofontaines françaises, il convient d'étudier la flore bactérienne des biofontaines utilisées au Québec. Une diversité de marques de biofontaines devrait faire l'objet d'un suivi dans le temps dans une variété de milieux de travail. Cette étude devrait aussi permettre de documenter les déterminants de la contamination microbienne, notamment la nature du consortium bactérien original, les types de salissures, la durée et la fréquence d'utilisation des biofontaines et leur programme d'entretien.

Une étude métrologique visant à documenter les niveaux d'exposition aux bioaérosols de préparations bactériennes devrait être réalisée. Elle viserait les travailleurs pulvérisant des dégraissants bactériens et ceux utilisant une biofontaine, notamment lors de l'utilisation d'air comprimé pour enlever les résidus de dégraissant bactérien sur les pièces nettoyées.

Étant donné le petit nombre d'entreprises (5) utilisant des produits bactériens visités dans le cadre de la présente étude (Annexe D) et le fait que les utilisations concernaient principalement l'entretien mécanique, il serait souhaitable qu'une cartographie québécoise de l'utilisation des dégraissants et nettoyeurs bactériens soit réalisée. Cette cartographie fournirait un portrait d'ensemble de l'utilisation de ces produits dans les différentes branches de l'activité économique québécoise. Elle fournirait un inventaire et le volume des préparations utilisées, les modes de mise en œuvre et les déterminants de l'exposition des travailleurs. Cela permettrait d'orienter les futures recherches en hygiène du travail pour ces produits biotechnologiques en pleine évolution.

En ce qui concerne les préparations enzymatiques, la revue de la littérature a démontré que les problèmes respiratoires liés aux enzymes ne se limitent pas uniquement aux subtilisines (32,45,81). En outre, les nettoyeurs enzymatiques contiennent souvent plus d'un type d'enzymes (Annexe B). Aussi, puisque des travaux sont en cours à l'IRSST pour le développement d'une méthode d'analyse et de prélèvement des subtilisines, il apparaît justifié de recommander le développement de telles méthodes pour les autres enzymes utilisées dans les nettoyeurs, en particulier les enzymes glycolytiques (alpha-amylase, cellulase), lipolytiques (lipase) et protéolytiques (non issues de *Bacillus subtilis*).

Puisqu'un seul milieu de travail utilisant des nettoyeurs enzymatiques a été observé dans le cadre de cette étude (Annexe D), il serait souhaitable qu'une cartographie québécoise de l'utilisation de tels nettoyeurs soit réalisée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] 3M (2010-01-13) **Material Safety Data Sheet: 3M 70500 Rapid Multi-Enzyme Cleaner**. 3M, International Operations, Infection Prevention Division, St. Paul, MN.
- [2] ACGIH (2001) *Subtilisins*. Dans : **Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices**, pp. 1-2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH.
- [3] ACIA (2013) **Liste de référence pour les matériaux de construction, les matériaux d'emballage, et les produits chimiques non alimentaires acceptés**. Agence canadienne d'inspection des aliments, Ottawa.
- [4] ACIA (2011-02) **Produits chimiques non alimentaires – Demande d'évaluation pour fins d'utilisation dans les établissements de transformation d'aliments agréés au fédéral**. Agence canadienne d'inspection des aliments, Ottawa.
- [5] ACNOR (2011) **Choix, utilisation et entretien des appareils de protection respiratoire**. CAN/CSA-Z94.4-F11. Association canadienne de normalisation, Mississauga, ON.
- [6] ACPCS (2012) **Types de produits nettoyants ménagers**. Association canadienne des produits de consommation spécialisés, Ottawa.
- [7] Adishes, A.; Murphy, E.; Barber, C.M.; Ayres, J.G. (2011) Occupational asthma and rhinitis due to detergent enzymes in healthcare. **Occupational Medicine** 61(5):364-369.
- [8] Aehle, W., Ed. (2007) **Enzymes in industry: Production and Applications**. Wiley-VCH, Weinheim.
- [9] AFNOR (2004) **Gants de protection contre les produits chimiques et les micro-organismes - Partie 1 : terminologie et exigences de performance**. NF EN 374-1. Association française de normalisation, Paris.
- [10] Agriculture Canada (1976) **Glossaire des termes de la science des sols**. Publication n° 1459. Direction de la recherche, ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa.
- [11] AISE (2010-10-06) **Exposure measurements of enzymes for risk assessment of spray products**. International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products, Brussels.
- [12] AMFEP (2002) **Guide to the safe handling of microbial enzyme preparations**. Association of Manufacturers and Formulators of Enzyme Products, Brussels.
- [13] AMFEP (2007) **HERA Human & Environmental Risk Assessment - Subtilisins (Protease)**. Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of household cleaning products, HERA Enzyme Safety Task Force, Association of Manufacturers and Formulators of Enzyme Products, Brussels.
- [14] AMFEP (2009-10) **List of enzymes**. Association of Manufacturers and Formulators of Enzyme Products, Brussels.
- [15] Anonymous (2002) Biological cleaning. **Product Finishing (London)** 55(2):18.
- [16] ARLA (2010-02-18) **Bacillus subtilis souche QST 713**. Décision d'homologation RD-2010-03. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, Santé Canada, Ottawa.
- [17] ARLA (2007-10-22) **Souche QST 713 de Bacillus subtilis - Rapport d'évaluation n° ERC2007-06. Serenade MAX, Serenade ASO, Rhapsody ASO, Serenade Garden Concentrate, Serenade Garden Ready To Use**. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, Santé Canada, Ottawa.
- [18] ARLA (2010-04-13) **Souche MBI 600 de Bacillus subtilis et biofongicide liquide Integral™** Décision d'homologation RD-2010-04. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, Santé Canada, Ottawa.

- [19] ASPC (2011) *Kebsiella spp.* - **Fiche technique santé-sécurité : agents pathogènes.** Agence de la santé publique du Canada, Ottawa.
- [20] ASPC (2011) *Pseudomonas spp.* - **Fiche technique santé-sécurité : agents pathogènes.** Agence de la santé publique du Canada, Ottawa.
- [21] Association des gestionnaires en stérilisation (Québec) (Janvier 2009) Nettoyage et réparation des endoscopes. **Info-AGS 9(1):4-9.**
- [22] ASTM (2007) **Standard Test Method for Resistance of Materials Used in Protective Clothing to Penetration by Blood-Borne Pathogens Using Phi-X174 Bacteriophage Penetration as a Test System.** F1671-07. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- [23] ASTM (2007) **Standard Test Method for Resistance of Medical Face Masks to Penetration by Synthetic Blood (Horizontal Projection of Fixed Volume at a Known Velocity).** ASTM F1862-07. American Standard for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- [24] Avmor (2011) **Fiche signalétique : Biomor Dégraissant industriel et nettoyant pour béton.** Code 2092. Avmor Ltée, Laval, QC.
- [25] Avmor (2011) **Fiche technique : Dégraissant industriel et nettoyant pour béton.** Avmor Ltée, Laval, QC.
- [26] Avmor (2011-02-08) **Fiche signalétique : Biomor A.S.A.P. Dégraissant pour planchers.** Avmor Ltée, Laval, QC.
- [27] Avmor[®] (2012) **Biomor^{MC} a.s.a.p.^{MC} dégraissant pour planchers.** Avmor Limitée, Laval, QC.
- [28] B.O.D. (2010-06-14) **Fiche technique : Bio-Tech P.** Les Chimiques B.O.D. Inc., Saint-Hubert, QC.
- [29] B.O.D. (2010-03-15) **Fiche signalétique : Bio-Tech P.** Les Chimiques B.O.D. Inc., Saint-Hubert, QC.
- [30] Balty, I. (2003) **Appareils de protection respiratoire et métiers de la santé.** ED 105. Institut national de recherche et de sécurité, Paris.
- [31] Basketter, D.A.; Broekhuizen, C.; Fieldsend, M.; Kirkwood, S.; Mascarenhas, R.; Maurer, K.; Pedersen, C.; Rodriguez, C.; Schiff, H.-E. (2010) Defining occupational and consumer exposure limits for enzyme protein respiratory allergens under REACH. **Toxicology 268(3):165-170.**
- [32] Baur, X. (2005) Enzymes as occupational and environmental respiratory sensitizers. **International Archives of Occupational & Environmental Health 78(4):279-286.**
- [33] Bédard, S.; Dubreuil, B.; Castonguay, Y.; Frenette, S.; Gélinas, N.; Gobeil, M.; Jenkins, H.; Lavoie, D.; Léonard, P.; Marchand, R.; Paillé, M.; Pichette, G.; Rodrigues, R.; Sicotte, D.; Thibeault, M.; Trahan, P.; Vachon, D. (Août 2010) **Hygiène et salubrité en milieu de soins : Démarche pour le développement de stratégies d'entretien des surfaces.** Groupe Hygiène et salubrité au regard de la lutte aux infections nosocomiales, Ministère de la Santé et des Services sociaux, Gouvernement du Québec, Québec.
- [34] Bello, A.; Quinn, M.M.; Perry, M.J.; Milton, D.K. (2009) Characterization of occupational exposures to cleaning products used for common cleaning tasks - a pilot study of hospital cleaners. **Environmental Health 8:11.**
- [35] Bennett, D. (2008) The right to know about chemical hazards in Canada, 1982-2006. **New Solutions 18(2):233-243.**

- [36] Best, M.; Graham, M.L.; Leitner, R.; Ouellette, M.; Ugwu, K. (2004) **Lignes directrices en matière de biosécurité en laboratoire**. Santé Canada, Direction générale de la santé de la population et de la santé publique, Centre de mesures et d'intervention d'urgence, Bureau de la sécurité des laboratoires, Ottawa, ON.
- [37] Bio-Wise (2001) **Enzyme cleaner helps solvent costs evaporate**. Case study 10. United Kingdom Department of Trade and Industry (DTI). Bio-Wise, managed on behalf of the DTI by AEA Technology plc Didcot, Oxon, UK.
- [38] Bionetix (2007) **BCL5000 Parts Washer Fluid**. Bionetix international, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC.
- [39] Bionetix (2012-02-29) **Material Safety Data Sheet: BCL5000**. Bionetix international, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC.
- [40] Böhle, M.; Glade, T.; Rabente, T.; Warfolomeow, I. (2005) **Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Metallindustrie**. BGI 805. Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften (VMBG), Düsseldorf.
- [41] Boivin, C.; Durif, F.; Faucher, P.; Drouillard, J.-B.; Blanchet, V.; Beauchamp, S.-A.; Malo, S.; Alao, M.C.; Martel, J. (2011) **Les stratégies de positionnement vert dans le secteur des produits d'entretien ménager au Québec**. Éthiquette pour un marché responsable et Observatoire de la Consommation Responsable, Université de Sherbrooke, Montréal et Sherbrooke.
- [42] Boss, M.J.; Day, D.W.; Rau, E. (2003) *General Infection Control*. Dans : **Biological Risk Engineering Handbook - Infection Control and Decontamination**, pp. 183-220. M.J. Boss; D.W. Day, Eds. CRC Press, Boca Raton, FL.
- [43] Boucher, D.; Laffaire, J.B.; Jaziri, F.; David, C.; Biderre-Petit, C.; Duquenne, P.; Peyretailade, E.; Peyret, P. (2011) Bacterial Community Composition of Biological Degreasing Systems and Health Risk Assessment for Workers. **Microbial Ecology** 62(4):868-881.
- [44] Bowman, J.; Feeley, J.F. (1989) **Waste Not...: The Safety-Kleen Story**. J.G. Ferguson Publishing Company, Chicago.
- [45] Brant, A.; Hole, A.; Cannon, J.; Helm, J.; Swales, C.; Welch, J.; Newman Taylor, A.; Cullinan, P. (2004) Occupational asthma caused by cellulase and lipase in the detergent industry. **Occupational and Environmental Medicine** 61(9):793-795.
- [46] Brasseur, G. (2005) Biotechnologies - Des bactéries "mange-graisses" dans l'industrie. **Travail & Sécurité N° 652**:38-41.
- [47] Brasseur, G.; Bondéelle, A.; Ravallec, C. (2010) Solvants : La nouvelle donne. **Travail & Sécurité n° 712**:19-33.
- [48] Brisman, J. (1994) The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals 111. Industrial Enzymes. **Arbete och Hälsa N° 28**:1-26.
- [49] Bruckner, J.V.; Anand, S.S.; Warren, D.A. (2008) *Toxic Effects of Solvents and Vapors*. Dans : **Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**, pp. 981-1051. C.D. Klaassen, Ed. Seventh Edition. McGraw-Hill New York, NY.
- [50] Cardinal (2008-10-17) **Material Safety Data Sheet: Dual Enzy-Clean Low Suds**. Cardinal Health, McGaw Park, IL.
- [51] Cardinal (2012) **Enzy-Clean® Dual Enzyme Cleaning Solution**. Cardinal Health, McGaw Park, IL.
- [52] CAS (2012) **SciFinder**. American Chemical Society, Chemical Abstracts Service, Columbus, OH.
- [53] CCHST (2007) Nouvelles du CCHST. **Le rapport sur la santé et la sécurité** 5(10):8.

- [54] CCHST (2012) **Références SST**. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, Hamilton, ON.
- [55] CCHST (2010-01) Accumulation de poussières, combustibles et explosions. **Rapport sur la santé et la sécurité 8(1):1**.
- [56] CCOHS (2005) **The Material Safety Data Sheet - A Practical Guide to First Aid**. Canadian Centre for Occupational Health and Safety, Hamilton, ON.
- [57] CEFIC et AISE (2009) **Cleanright**. Conseil européen des fédérations de l'industrie chimique et Association internationale de la Savonnerie, de la Détergence et des Produits d'Entretien, Bruxelles.
- [58] CEN (2000) **Atmosphères des lieux de travail - Règles pour le mesurage de micro-organismes et d'endotoxine en suspension dans l'air**. EN 13098:2000. Comité européen de normalisation, Bruxelles.
- [59] ChemFree (2012) **FL-4 Multi-Layer OzzyMat™**. ChemFree Corporation, Norcross, GA. [Dernière consultation : 2012-10-23].
- [60] ChemFree (2012) **SW-4 Heavy Duty Degreasing Solution**. ChemFree Corporation, Norcross, GA. <http://www.chemfree.com/products/sw-4.html> [Dernière consultation : 2010-10-23].
- [61] ChemFree (2012-01-04) **Fiche technique de sécurité : Tapis d'activation de fluide Ozzy Mat™ FL-4 pour SmartWasher®**. ChemFree Corporation, Norcross, GA.
- [62] ChemFree (2012-01-04) **Material Safety Data Sheet: Ozzy-Juice® SW-4 Heavy Duty Degreasing Solution**. ChemFree Corporation, Norcross, GA.
- [63] Chester, D.; Rosenman, K.D. (2012) Fatal Exposure to Methylene Chloride Among Bathtub Refinishers - United States, 2000-2011. **Morbidity and Mortality Weekly Report 61(7):119-122**.
- [64] Choisy (2009-07-27) **Ambio-Film**. 4511. Laboratoires Choisy Ltée, Louiseville, QC.
- [65] Choisy (2009-07-27) **Ambio-Sol : Nettoyant dégraissant enzymatique pour sols et joints**. Code 4505. Laboratoires Choisy Ltée, Louiseville, QC.
- [66] Choisy (2010-06-09) **AMBIO-DHER : Détergent dégraissant enzymatique pour établissements alimentaires**. Laboratoires Choisy Ltée, Louiseville, QC.
- [67] Choisy (2011-06-29) **Fiche signalétique : AMBIO-DHER**. Laboratoires Choisy Ltée, Louiseville, QC.
- [68] Choisy (2011-06-29) **Fiche signalétique : Ambio-Sol**. Code 4505. Laboratoires Choisy Ltée, Louiseville, QC.
- [69] Commission des communautés européennes (2005-05-04) Décision de la Commission du 23 mars 2005 établissant les critères écologiques pour l'attribution du label écologique communautaire aux nettoyeurs universels et aux nettoyeurs pour sanitaires. **Journal officiel de l'Union européenne L 115:42-68**.
- [70] Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988) **Notre avenir à tous**. Les éditions du Fleuve, Montréal.
- [71] Committee on Biological Agents (ABAS) (December 2010) **Classification of Prokaryotes (Bacteria and Archaea) into Risk Groups**. Technical Rules for Biological Agents. TRBA 466. Federal Ministry of Labour and Social Affairs, Berlin.
- [72] Constant (2011-01-06) **Fiche signalétique : Duozyne**. Constant America, Montréal
- [73] Constant (2013) **Duozyne: Heavy Duty Enzymatic Biodegradable Liquid Cleaner**. Constant America, Montréal.

- [74] CQVB (mars 2013) **Produits nettoyants écoresponsables**. BTD-13-05. Centre québécois de valorisation des biotechnologies, Québec.
- [75] Crawford, R.L. (2006) *Bioremediation*. Dans : **The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria, Volume I**, pp. 850-863. M. Dworkin; S. Falkow; E. Rosenberg; K.H. Schleifer; E. Stackebrandt, Eds. Third Edition. Springer Science+Business Media, New York.
- [76] CRIQ (2012) **iCRIQ.com : Banque d'information industrielle**. Centre de recherche industrielle du Québec, Québec.
- [77] CSA (2009) **Decontamination of reusable medical devices**. CAN/CSA-Z314.8-08. Canadian Standards Association, Mississauga, ON.
- [78] CSB (2008) **Barton Solvents - Static Spark Ignites Explosion Inside Flammable Liquid Storage Tank - Case Study No. 2007-06-I-KS**. United States Chemical Safety and Hazard Investigation Board, Washington, DC.
- [79] CSST (2008) **Secourisme en milieu de travail**. Sixième édition. Commission de la santé et de la sécurité du travail. Les Publications du Québec, Québec.
- [80] CSST (2012) **Information en santé et sécurité du travail (ISST)**. Commission de la santé et de la sécurité du travail, Centre de documentation, Montréal.
- [81] Cullinan, P.; Harris, J.M.; Newman Taylor, A.J.; Hole, A.M.; Jones, M.; Barnes, F.; Jolliffe, G. (2000) An outbreak of asthma in a modern detergent factory. **The Lancet** **356**(9245):1899-1900.
- [82] DACD (2012) **Fiche de données de sécurité : Dégraizym**. DACD, Saint-Marcel-lès-Valence.
- [83] DACD (2012) **Fiche technique : Dégraizym**. DACD, Saint-Marcel-lès-Valence.
- [84] David, C. (2005) Évaluation des risques des fontaines de biodégradation des graisses. **Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires N° 201**:73-79.
- [85] David, C.; Boucher, D.; Duquenne, P.; Brugnot, C. (2009) Suivi de la flore microbiologique des fontaines de biodégradation des graisses. **Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires n° 214**:25-35, a1-a5.
- [86] Debrieux, C. (2004) **Lutte contre les odeurs de l'assainissement**. Document technique FNDAE n° 13. Fonds national pour le développement des adductions d'eau. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales, Paris
- [87] Destefani, J. (2006) Pretreatment Switch Nets Six-Figure Annual Savings. **Products Finishing** **70**(12):58-61.
- [88] Deutsche Forschungsgemeinschaft (2012) **List of MAK and BAT Values 2012**. Report No. 48. Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area. Wiley-VCH, Weinheim.
- [89] Dieye, O. (2010) **175 questions-réponses sur les produits ménagers et leur empreinte sur l'environnement et la santé**. Les Éditions de l'Homme, Montréal.
- [90] Diversey (2011-04-29) **Fiche signalétique : Suma Bio-Floor Cleaner**. Diversey Canada, Oakville, ON.
- [91] Dotsenko, G.N.; Feofilova, E.P.; Tereshina, V.M.; Memorskaya, A.C. (2001) The Use of Micromycetes for Cleaning Parts of Aircraft Engines. **Applied Biochemistry and Microbiology** **37**(1):65-67.
- [92] Duchesne, B. (2010) **Bilan environnemental et plan d'action 2010-2013**. Collège Gérald-Godin, Montréal.
- [93] Dunlop, D.R. (2012-08-01) **Fiche signalétique : Bio-Bac**. Les Produits Dustbane Limitée, Ottawa, ON.

- [94] Duquenne, P.; Greff-Mirguet, G. (2005) L'échantillonnage et l'analyse des aérosols microbiens. **Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires n° 198**:23-28.
- [95] Durif, F.; Boivin, C.; Julien, C. (2010) In search of a green product definition. **Innovative Marketing 6**(1):23-31.
- [96] Dustbane (2010) **Bio-Bac et Oxy D.S.T.** Les Produits Dustbane Limitée, Ottawa, ON.
- [97] Dustbane (2013) **Bio-Bac II - Nettoyant et désodorisant à base de souches biologiques.** Les Produits Dustbane Ltée, Ottawa, ON.
- [98] Ebers, M. (2010-05-05) **Fiche signalétique : EnzyCARE 2®.** Steris Corporation, St. Louis, MO.
- [99] Ebers, M. (2008-02-28) **Fiche signalétique n° 1673 : Klenzyme® - Produit de nettoyage et pré-trempage enzymatique.** Steris Corporation, St. Louis, MO.
- [100] Ebers, M. (2011-06-27) **Fiche signalétique n° 1C03 : Prolystica® Ultra Concentrate Enzymatic Cleaner.** Steris Corporation, St. Louis.
- [101] Ebiox (2010-01-15) **Safety Data Sheet: Neozyme.** Ebiox Limited, Warrington, UK
- [102] Ecolab (2008) **Wash 'n Walk.** Ecolab, St. Paul, MN.
- [103] Ecolab (2011-02-17) **Fiche signalétique : Wash 'n Walk No-Rinse Floor Cleaner.** Ecolab, Mississauga, ON.
- [104] Eduard, W.; Heederik, D.; Duchaine, C.; Green, B.J. (2012) Bioaerosol exposure assessment in the workplace: the past, present and recent advances. **Journal of Environmental Monitoring 14**(2):334-339.
- [105] Elsevier (2012) **Embase.** Wolters Kluwer Health, Ovid Technologies, New York, NY.
- [106] Elsevier (2012) **Engineering Village.** Elsevier, New York, NY.
- [107] Enviro-Solutions (2009-12-10) **Enviro-Solutions 920C Nettoyant bio actif pour salles de bains.** Enviro-Solutions Limited, Peterborough, ON.
- [108] Environnement Canada (2011) **Établissement des priorités concernant les micro-organismes inscrits sur la Liste intérieure des substances avant leur évaluation préalable en vertu de l'article 74 de la LCPE (1999).** Environnement Canada, Ottawa.
- [109] Environnement Canada (2011-06-17) **Acheter vert ou comment s'assurer de faire des achats vraiment écologiques.** Environnement Canada, Ottawa.
<http://www.ec.gc.ca/education/default.asp?lang=Fr&n=F37DC0B8-1> [Dernière consultation : 2013-05-01].
- [110] Environnement Canada et Santé Canada (2011) **Cadre d'évaluation scientifique des risques liés aux micro-organismes réglementés en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999).** Environnement Canada et Santé Canada, Ottawa.
- [111] Enzymes Occupational Exposure Working Group (2002) **Guidelines for the safe handling of enzymes in detergent manufacturing.** International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products, Brussels.
- [112] Eskamani, G.; Brown, D.; Daniels, A. (2000) **Evaluation of BioClean USA, LLC Biological Degreasing System for the Recycling of Alkaline Cleaners.** Environmental Technology Verification Report VR-P2MF-00-02 prepared by Concurrent Technologies Corporation under a Cooperative Agreement CR 826492-01-0 with the National Risk Management Research Laboratory, United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- [113] ETA (2002) **Working Safely With Enzymes.** Enzyme Technical Association, Washington, DC.

- [114] Fong, D.; Gaulin, C.; L  , M.-L.; Shum, M. (2011) **Efficacité des agents antimicrobiens de substitution pour la désinfection des surfaces dures**. Centre de collaboration nationale en santé environnementale, Vancouver, BC.
- [115] Frazier, L.M.; Beasley, B.W.; Sharma, G.K.; Mohyuddin, A.A. (2001) Health information in material safety data sheets for a chemical which causes asthma. **Journal of General Internal Medicine** **16**(2):89-93.
- [116] Gagn  , L. (2012-02) Le savon    tout faire. **Québec Science** **50**(5):12-13
- [117] Garnier, M.; Delamare, V. (1985) **Dictionnaire des termes techniques de médecine**. Maloine, Paris.
- [118] Getinge (2011-02-07) **Material Safety Data Sheet : Renuzyme Plus**. Product Code: 816. Getinge USA, Rochester, NY.
- [119] Getinge (2011-09-01) **Triple Enzyme Concentrate**. Product Code: 0812. Getinge USA, Rochester, NY.
- [120] Getinge (2012) **Powercon Triple Enzyme Detergent Concentrate Product Specification**. Getinge USA, Rochester, NY.
- [121] Getinge (2012) **Renuzyme Plus Product Specification**. Getinge USA, Rochester, NY.
- [122] Gobierno de Espana (2011) **Limites de Exposicion Profesional para Agentes Quimicos en Espana**. Ministerio de trabajo e inmigracion, Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, Madrid.
- [123] Gourdeau, M. (2011) **  valuation du risque et opinion sur le port d'un appareil de protection respiratoire de type N-95 lors du retraitement d'un bronchoscope potentiellement contaminé par un bacille tuberculeux**. Institut national de santé publique du Québec, Québec.
- [124] Gouvernement du Canada (2009-10-03) Avis concernant les substances animées (micro-organismes) inscrites sur la Liste intérieure. **Gazette du Canada, Partie I, 143**(40):2936-2945.
- [125] Gouvernement du Canada (1988-01-20) Liste de divulgation des ingrédients DORS/88-64. **Gazette du Canada Partie II 122**(2):488-545.
- [126] Gouvernement du Canada (2006) **Directives pour la déclaration et les essais de substances nouvelles : substances chimiques et polymères. En application de l'article 69 de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)**. Version 2005. Numéro de catalogue : En84-25/2005. SPE M-689. Environnement Canada, Ottawa, ON.
- [127] Gouvernement du Canada (2013) **Code canadien du travail**. L.R.C. (1985), ch. L-2. Gouvernement du Canada, Ministère de la justice, Ottawa.
- [128] Gouvernement du Canada (2013) **Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)**. L.C. 1999, ch. 33. Ministère de la justice du Canada, Ottawa.
- [129] Gouvernement du Canada (2013) **Loi sur le contrôle des renseignements relatifs aux matières dangereuses**. L.R.C., 1985, ch. 24 (3e suppl.). Ministère de la Justice du Canada, Ottawa.
- [130] Gouvernement du Canada (2013) **Loi sur les agents pathogènes humains et les toxines**. L.C. 2009, ch. 24. Ministère de la Justice, Ottawa.
- [131] Gouvernement du Canada (2013) **Loi sur les produits dangereux**. L.R.C. 1985, ch. H-3. Gouvernement du Canada, Ministère de la Justice, Ottawa.
- [132] Gouvernement du Canada (2013) **Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail**. DORS/86-304. Gouvernement du Canada, Ministère de la justice, Ottawa.
- [133] Gouvernement du Canada (2013) **Règlement sur l'importation des agents anthropopathog  nes**. DORS/94-558. Ministère de la justice, Ottawa.

- [134] Gouvernement du Canada (2013) **Règlement sur la persistance et la bioaccumulation**. DORS/2000-107. Ministère de la justice du Canada, Ottawa.
- [135] Gouvernement du Canada (2013) **Règlement sur le contrôle des renseignements relatifs aux matières dangereuses**. DORS/88-456. Ministère de la Justice du Canada, Ottawa.
- [136] Gouvernement du Canada (2013) **Règlement sur les produits contrôlés**. DORS/88-66. Gouvernement du Canada, Ministère de la Justice, Ottawa.
- [137] Gouvernement du Canada (2013) **Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (organismes)**. DORS/2005-248. Ministère de la Justice, Gouvernement du Canada, Ottawa.
- [138] Gouvernement du Canada (2013) **Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (substances chimiques et polymères)**. DORS/2005-247. Ministère de la justice du Canada, Ottawa.
- [139] Gouvernement du Québec (2012) **Loi sur le développement durable**. L.R.Q., chapitre D-8.1.1. Éditeur officiel du Québec, Québec.
- [140] Gouvernement du Québec (2013) **Loi sur la santé et la sécurité du travail - L.R.Q., c. S-2.1**. Éditeur officiel, Québec.
- [141] Gouvernement du Québec (2013) **Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles**. chapitre A-3.001. Éditeur officiel du Québec, Québec.
- [142] Gouvernement du Québec (2013) **Règlement sur la santé et la sécurité du travail**. c. S-2.1, r. 13. Éditeur officiel du Québec, Québec.
- [143] Gouvernement du Québec (2013) **Règlement sur les déchets biomédicaux**. chapitre Q-2, r. 12. Éditeur officiel du Québec, Québec.
- [144] Gouvernement du Québec (2013) **Règlement sur les matières dangereuses**. Chapitre Q-2, r. 32. Éditeur officiel du Québec, Québec.
- [145] Goyer, N.; Lavoie, J.; Lazure, L.; Marchand, G. (2001) **Les bioaérosols en milieu de travail : guide d'évaluation, de contrôle et de prévention**. Guide technique T-23. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal.
- [146] Graves, B.A. (1998) Parts Cleaning: Cleaner Helps Bottom Line. **Products Finishing** 62(7):68.
- [147] Green Seal (2012-07-12) **GS-37 Green Seal Standard for Cleaning Products for Industrial and Institutional Use**. Seventh Edition. Green Seal, Inc., Washington, DC.
- [148] Hasbach, A. (1999) Bacteria Doubles Degreasing Efficiency and Eliminates Sludge. **Pollution Engineering** 31(9):53-54.
- [149] Haydu, J. (2002) Today's Biological Cleaning. **CleanTech** 2(6):30-32.
- [150] Haydu, J.; Norman, M. (2002) Equipment for Biological Cleaning. **Metal Finishing** 100(10):35-37.
- [151] Hayes, D.G.; Kitamoto, D.; Solaiman, D.K.Y.; Ashby, R.D., Eds. (2009) **Biobased Surfactants and Detergents: Synthesis, Properties, and Applications**. AOCS Press, Urbana, IL.
- [152] Hervé, R.; Keevil, C.W. (2013) Current limitations about the cleaning of luminal endoscopes. **Journal of Hospital Infection** 83(1):22-29
- [153] HSE (2011) **EH40/2005 Workplace exposure limits**. Second edition. United Kingdom Health and Safety Executive, London, UK.
- [154] HSE (2001-06) **Chemical hazard Alert Notice: Subtilisins**. CHAN 24. United Kingdom Health and Safety Executive, London, UK.

- [155] Innu-Science (2006) **Fiche technique : Nu-Grip Plus™**. Innu-Science Canada, Sainte-Julie, QC.
- [156] Innu-Science (2012) **Nu-PowerKleen™**. Innu-Science Canada, Sainte-Julie, QC.
<http://www.innu-science.com/fre/Products/NU-POWERKLEEN.aspx> [Dernière consultation : 2012-10-25].
- [157] Innu-Science (2010-08) **Fiche signalétique : Nu-Life**. Innu-Science Canada, Sainte-Julie, QC.
- [158] Innu-Science (2009-04) **Fiche signalétique : Nu-PowerKleen™**. Innu-Science Canada, Sainte-Julie, QC.
- [159] Innu-Science (2011-02) **Nu-Life - Dégraissant écologique pour travaux lourds**. Innu-Science Canada, Sainte-Julie, QC.
- [160] Innu-Science (2012-01) **Fiche de données de sécurité : Nu-KleenSmell™**. Innu-Science, Sainte-Julie, QC.
- [161] Innu-Science (2009-06) **Fiche signalétique : Nu-Grip Plus**. Innu-Science Canada, Sainte-Julie, QC.
- [162] IRSST (2011-01-05) **Identification des bactéries par leur profil en acides gras. I-MIC-021**. No. Révision : 7. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal.
- [163] ISO (1999) **ISO 14021: Environmental labels and declarations - Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)**. International Organization for Standardization, Genève.
- [164] ISO (1999) **ISO 14024: Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures**. International Organization for Standardization, Genève
- [165] Iwashita, S.; Callahan, T.P.; Haydu, J.; Wood, T.K. (2004) Mesophilic aerobic degradation of a metal lubricant by a biological consortium. **Applied Microbiology and Biotechnology** **65**(5):620-626.
- [166] Johnson, C.L.; Bernstein, I.L.; Gallagher, J.S.; Bonventre, P.F.; Brooks, S.M. (1980) Familial Hypersensitivity Pneumonitis Induced by *Bacillus subtilis*. **American Review of Respiratory Disease** **122**(2):339-348.
- [167] JohnsonDiversey (2005) **Suma® Bio-Floor™ Cleaner**. JohnsonDiversey, Sturtevant, WI.
- [168] Keir (2007) **alpha Detergents**. Keir Surgical Limited, Vancouver, BC.
- [169] Keir (2007) **alpha Detergents Dilution Rates**. Keir Surgical Limited, Vancouver, BC.
- [170] Keir (2012-06-01) **Fiche Technique Santé Sécurité : Alphazyme PC**. Keir Surgical Limited, Vancouver, BC.
- [171] Kirk, O.; Damhus, T.; Borchert, T.V.; Fuglsang, C.C.; Olsen, H.S.; Hansen, T.T.; Lund, H.; Schiff, H.E.; Nielsen, L.K. (2004) *Enzyme Applications, Industrial*. Dans : **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Volume 10**, pp. 248-317. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- [172] Kjellin, M.; Johansson, I., Eds. (2010) **Surfactants from Renewable Resources**. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex, UK.
- [173] Kolp, P.W.; Williams, P.L.; Burtan, R.C. (1995) Assessment of the Accuracy of Material Safety Data Sheets. **American Industrial Hygiene Association Journal** **56**(2):178-183.
- [174] Kroschwitz, J.I., Ed. (1999) **Kirk-Othmer Concise Encyclopedia of Chemical Technology**. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- [175] Lalema (2008) **Bio-Ranet, nettoyant multi-surface bioactif**. Lalema Inc., Montréal.

- [176] Lara, J.; Vennes, M. (2003) **Guide pratique de protection respiratoire**. 2^e édition. DC 200-1635-2 (05-11). Commission de la santé et de la sécurité du travail, Montréal.
- [177] Larose (2008) **Bio Solutions 650 - Dégraissant milieu alimentaire - Formulation Bio active[®]**. Larose et Fils Limitée, Laval, QC.
- [178] Larose (2009-05-25) **Fiche signalétique : Bio Solutions 650 Dégraisseur alimentaire**. Larose & Fils Limitée, Laval, QC.
- [179] Lavoie, J.; Cloutier, Y.; Lara, J.; Marchand, G. (2007) **Guide sur la protection respiratoire contre les bioaérosols - Recommandations sur le choix et l'utilisation**. Rapport RG-497. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal.
- [180] Lavoie, J.; Neesham-Grenon, E.; Debia, M.; Cloutier, Y.; Marchand, G. (2013) **Développement d'un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols**. Études et recherche, rapport R-766. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal.
- [181] Lavoué, J.; Bégin, D.; Gérin, M. (2002) **La substitution des solvants par les nettoyants aqueux - Le dégraissage des métaux**. Rapport B-064. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal, QC.
- [182] Lavoué, J.; Bégin, D.; Gérin, M. (2003) Technical, Occupational Health and Environmental Aspects of Metal Degreasing with Aqueous Cleaners. **Annals of Occupational Hygiene** 47(6):441-459.
- [183] Lawrason's (2012-01-01) **Material Safety Data Sheet: COC Liquid Enzyme Cleaner**. Lawrason's Inc., Oakville, ON.
- [184] Lemièrre, C.; Cartier, A.; Dolovich, J.; Malo, J.L. (1996) Isolated Late Asthmatic Reaction After Exposure to a High-Molecular-Weight Occupational Agent, Subtilisin. **Chest** 110(3):823-824.
- [185] Marchand, G. (2000) **Dénombrement des bactéries et moisissures viables**. Méthode analytique n° 264-3. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Montréal.
- [186] Marchand, G. (2009) **Identification des bactéries cultivables - Méthode analytique n° 341**. Méthodes de laboratoire. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal. <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/M-341-NV.pdf> [Dernière consultation : 2014-02-04].
- [187] Marchand, G.; Pépin, C.; Tremblay, C. (1999) **Méthode d'analyse des bactéries par leur profil en acides gras**. 344-1. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Montréal.
- [188] Massad, R. (2004) Masque chirurgical et masque N 95, du pareil au même? **Objectif prévention** 27(3):25.
- [189] McNally, T. (2011) It's Alive! Bioremediation enters parts cleaning's mainstream. **Process Cleaning** 6(5):14-19.
- [190] Medisafe (2007-01-22) **Material Safety Data Sheet: 3E-Zyme**. Medisafe UK Limited, Bishop's Stortford, Hertfordshire, UK.
- [191] Metrex (2003) **Enzymatic Detergents EmPower, MetriZyme, DetergeZyme - Technical Bulletin**. Metrex, Orange, CA.
- [192] Metrex (2011-02) **Material Safety Data Sheet: MetriZyme**. Metrex Research Corporation, Orange, CA.
- [193] Miller, L.S.; Bhullar, B.S.; Moore, V.S.; Scovell, L.J.; Lamm, J.; Sawhney, A.; Smith, L.A. (1994) A robotic immunoassay system for detergent enzymes. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems: Laboratory Information Management** 26(2):79-87.

- [194] Morin, H.; Deschênes, C.; Lacasse, A. (2012) **Guide pratique du secouriste en milieu de travail : protocoles d'intervention** Commission de la santé et de la sécurité du travail. Les Publications du Québec, Québec.
- [195] Morin, L.A.; Faucher, C.; Gravan, V.; Tremblay, A. (2008) **Les écoétiquettes : un nouvel outil pour des acquisitions écoresponsables** Centre de services partagés du Québec, Direction générale des acquisitions, Gouvernement du Québec, Québec.
- [196] Morris, M.; Wolf, K. (1997) **Parts Cleaning in Auto Repair Facilities - The Conversion to Water**. State of California, California Environmental Protection Agency, Department of Toxic Substances Control (Doc. No. 614), Sacramento, CA.
- [197] Moss, G.P. (2013) **Enzyme Nomenclature: Recommendations of the Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology on the Nomenclature and Classification of Enzymes by the Reactions they Catalyse**. School of Biological & Chemical Sciences at Queen Mary, University of London, London, UK.
- [198] Mouawad, C.; Gérin, M.; Jargot, J. (2002) *Essais d'utilisation de nettoyeurs aqueux dans des garages de réparation automobile au Québec*. Dans : **24^e Congrès de l'AQHSST - La prévention : une démarche de qualité**, Saint-Sauveur-des-Monts, QC, 8-10 mai 2002, pp. 24-29. Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail, Anjou, QC.
- [199] NASA (2005-02-20) **Final Report on Part Washer Alternatives Project Including: A Consumer's Guide to Alternative Part Washer Chemistries**. Contract NAS10-03029, Task Order No. 8. National Aeronautics and Space Administration, NASA Acquisition Pollution Prevention Program Office, John F. Kennedy Space Center, Florida.
- [200] Nazaroff, W.W.; Coleman, B.K.; Destailats, H.; Hodgson, A.T.; Liu, D.L.; Lunden, M.M.; Singer, B.C.; Weschler, C.J. (2006) **Indoor Air Chemistry: Cleaning Agents, Ozone and Toxic Air Contaminants. Final Report: Contract No. 01-336**. Prepared for the California Air Resources Board and the California Environmental Protection Agency: California Air Resources Board Research Division. Prepared at the Department of Civil and Environmental Engineering, University of California and the Indoor Environment Department, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
- [201] NICNAS (1993) **"Savinase" - Proteolytic Enzymes in Detergents**. Priority Existing Chemical Number 2. National Industrial Chemicals Notification & Assessment Scheme, Worksafe Australia, Sydney.
- [202] NIOSH (1992) **NIOSH Recommendations for Occupational Safety and Health - Compendium of Policy Documents and Statements**. United States Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Standards Development and Technology Transfer (DHHS (NIOSH) Publication No. 92-100), Cincinnati, OH.
- [203] NIOSH (2007) **NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards**. DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-149. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.
- [204] Nitsch, C.; Heitland, H.J.; Marsen, H.; Schlüssler, H.J. (2005) *Cleansing Agents*. Dans : **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (on-line)**, pp. 1-23. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- [205] NLM (2012) **TOXLINE**. Toxicology Data Network (TOXNET), United States Department of Health & Human Services, National Institutes of Health, National Library of Medicine, Bethesda, MD.

- [206] Nordic Ecolabelling (2012) **Nordic Ecolabelling of Cleaning products**. Version 4.6, 13 December 2007 – 30 June 2014. Ecolabelling Norway, Oslo.
- [207] Novozymes (2003-02-04) **Material Safety Data Sheet: BI-CHEM[®] Floor Cleaner Concentrate 5X CAN**. Product Code 7002030. Novozymes Biologicals, Inc., Salem, VA.
- [208] Novozymes (2006-06-12) **Material Safety Data Sheet: Novo SurfClean C³ CAN**. Product Code 7002621. Novozymes Biologicals, Inc., Salem, VA.
- [209] Novozymes (2009-04-15) **Safety Data Sheet: Termamyl[®] 120 L, Type L**. Version No. 1. Novozymes A/S, Bagsvaerd.
- [210] Novozymes (2011-07-26) **Safety Data Sheet: Alcalase[®] 2.5 L**. Version No. 2. Novozymes North America, Inc., Franklinton, NC.
- [211] OEB (2012) **Registre européen des brevets**. Office européen des brevets, Munich.
- [212] OHB-CDPH (2012-02) **Certification Standards Help Employers and Cleaners Buy Safer Cleaning Products**. Occupational Health Branch, California Department of Public Health, Sacramento, CA.
- [213] OhioEPA (1999-Fall) Bioremedial Parts Washers Replacing Solvent-Based Parts Washers. **Prevention Quarterly**:6-7.
- [214] OMS (1989) **Le dépistage précoce des maladies professionnelles**. Organisation mondiale de la santé, Genève.
- [215] OMS (2005) **Manuel de sécurité biologique en laboratoire**. Troisième édition. Organisation mondiale de la santé, Genève.
- [216] ONGC (1994) **Méthodes d'échantillonnage et d'essai des savons et détergents. Détermination de l'efficacité du nettoyage**. CAN/CGSB-2.11-94. Méthode 20.3. Office des normes générales du Canada, Ottawa.
- [217] ONU (1992) *Action 21*. Dans : **Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement**, Rio de Janeiro, 3-14 juin 1992, Organisation des Nations unies, New York
- [218] OPIC (2012) **Base de données sur les brevets canadiens**. Industrie Canada, Office de la propriété intellectuelle du Canada, Ottawa.
- [219] OQLF (2010) *Étiquette écologique*. Dans : **Le grand dictionnaire terminologique**, Office québécois de la langue française, Montréal.
- [220] OSHA (2007) **Chemical Sampling Information: Subtilisins**. OSHA IMIS Code Number: 9220. Occupational Safety and Health Administration, Directorate of Technical Support and Emergency Management, Salt Lake Technical Center, Sandy, UT.
- [221] Overmann, J. (2006) *Principles of Enrichment, Isolation, Cultivation and Preservation of Prokaryotes*. Dans : **The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria, Volume I: Symbiotic associations, Biotechnology, Applied Microbiology**, pp. 80-136. M. Dworkin; S. Falkow; E. Rosenberg; K.H. Schleifer; E. Stackebrandt, Eds. Third Edition. Springer Science+Business Media, New York.
- [222] Palmer, B. (1959-08-04) **Cleaning Tool and Parts Washer**. Patent Number US002897830. Department of Commerce, United States Patents and Trademark Office, Washington, DC.
- [223] Parlement européen et Conseil de l'Union européenne (2006-12-30) Règlement (CE) N° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) n° 793/93 du Conseil et le règlement (CE) n° 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CEE du

Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission.

Journal officiel de l'Union européenne L396:1-849.

[224] Paul, M.; Kurt, S. (1994) Analysis of Reproductive Health Hazard Information on Material Safety Data Sheets for Lead and Ethylene Glycol Ethers. **American Journal of Industrial Medicine** 25(3):403-415.

[225] Pedersen, R. (2003) **Subtilisins - Proposal for a MEL**. Advisory Committee on Toxic Substances, Health and Safety Commission, London, UK.

[226] PHAC (2001) **Non-Pathogenic Organisms**. Office of Laboratory Security, Public Health Agency of Canada, Ottawa.

[227] Prince, R.C. (2009) *Bioremediation*. Dans : **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology (on-line)**, pp. 1-39. Wiley, Hoboken, NJ.

[228] Quirion, F. (2003) **Choisir un nettoyeur pour planchers - Guide de l'acheteur**.

Commission de la santé et de la sécurité du travail, Montréal.

[229] RB (2010-04-05) **RID-X[®] - Septic System Treatment (Liquid)**. Reckitt Benckiser, Parsippany, NJ.

[230] RCI (2012) **Biodiger : Tablettes de micro-organismes pour fontaine biologique**. Rhône Chimie Industrie, Tournon.

[231] RepTox (2001) **Espérase**. Service du répertoire toxicologique, Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, Montréal.

[232] RepTox (2007) **Subtilisine**. Service du répertoire toxicologique, Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, Montréal.

[233] Rey, A., Ed. (2005) **Le Grand Robert de la langue française**. Version électronique. Deuxième édition. Dictionnaires Le Robert, Paris.

[234] Ricard-Harvey, E. (2010) **En vert et pour tous**. Un docu-reportage sur le virage vert au Réseau de Transport de Longueuil. Durée : 15 minutes. Les Productions InSitu, Mode Couleur et Innu-Science Canada, Saint-Bruno-de-Montarville et Sainte-Julie, QC.

[235] Rosenberg, N. (2007) Asthme professionnel aux enzymes. **Documents pour le médecin du travail N° 112:553-564**.

[236] Ross (2011) **Material Safety Data Sheet: PDM-7 Bio-Tab Microbial Cultures**. Ross Environmental Products Ltd, Kidderminster, Worcestershire, UK.

[237] Ross (2012) **California Parts Washer Solution**. Ross Environmental Products Ltd, Kidderminster, Worcestershire, UK. <http://www.rossenvironmentalproductsLtd.co.uk/california-parts-washer.htm> [Dernière consultation : 2012-12-13].

[238] Samoto, H.; Fukui, Y.; Ukai, H.; Okamoto, S.; Takada, S.; Ohashi, F.; Moriguchi, J.; Ezaki, T.; Ikeda, M. (2006) Field survey on types of organic solvents used in enterprises of various sizes. **International Archives of Occupational and Environmental Health** 79(7):558-567.

[239] Sanitary Maintenance and ISSA (2011-09) **Report on 2010 Sanitary Supply Distributor Sales**. Trade Press Media Group Inc. and International Sanitary Supply Association, Milwaukee, WI, and Lincolnwood, IL.

[240] Santé Canada (2001-03-22) *RPC, article 56 - [catégories de produits contrôlés]; catégorie D2A, Substances pures et mélanges testés, Sensibilisation des voies respiratoires*. Dans : **Manuel de référence sur les exigences du SIMDUT en vertu de la Loi sur les produits dangereux et du Règlement sur les produits contrôlés**, pp. 56-1 - 56-3. Bureau national du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail, Santé Canada, Ottawa.

- [241] Santé Canada (2001-08-15) *Article 64, Catégorie D3, Matières infectieuses*. Dans : **Manuel de référence sur les exigences du SIMDUT en vertu de la Loi sur les produits dangereux et du Règlement sur les produits contrôlés**, pp. 64. Bureau national du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail, Santé Canada, Ottawa.
- [242] Santé Canada (2010-06-01) **Directives relatives aux demandes d'autorisation concernant les additifs indirects**. Directive n° 4. Bureau d'innocuité des produits chimiques (BIPC), Direction des aliments, Santé Canada, Ottawa.
- [243] Santé Canada (2011-06-01) **Ligne directrice : Renseignements devant être fournis par les fabricants pour le retraitement et la stérilisation des matériels médicaux réutilisables**. Santé Canada, Division de l'évaluation des matériels, Ottawa, ON.
- [244] Sattler, B.; Lippy, B.; Jordan, T.G. (1997-05-23) **Hazard Communication: A Review of the Science Underpinning the Art of Communication for Health and Safety**. Submitted to ToxaChemica International (Washington, DC) in a subcontract to the Occupational Safety and Health Administration by Environmental Health Education Center, University of Maryland School of Nursing, Baltimore, MD.
- [245] Scaife, H.; Pocock, D.; Bennett, S.; Evans, G. (2011) **Mists created by the use of compressed airlines for the removal of metalworking fluids: Assessment of the possible exposure health risks**. RR904 Research Report. Prepared by the Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive, Buxton, Derbyshire, UK.
- [246] Schulte, W.; Joest, M.; Sennekamp, J. (2008) Exogen-allergische Alveolitis von einem biologischen Reinigungsmittel. **Allergologie** 31(11):487-492.
- [247] Sipco (2012) **Medzyme Multi enzymes**. Sipco Industries Limited, Delta, BC. <http://www.sipcobio.com/medzyme3.htm> [Dernière consultation : 2012-10-18].
- [248] Sipco (2012-01) **Fiche signalétique : Medzyme**. Sipco Industries Limited, Delta, BC
- [249] Stackebrandt, E. (2006) *Defining Taxonomic Ranks*. Dans : **The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria, Volume I: Symbiotic associations, Biotechnology, Applied Microbiology**, pp. 29-57. M. Dworkin; S. Falkow; E. Rosenberg; K.H. Schleifer; E. Stackebrandt, Eds. Third Edition. Springer Science+Business Media, New York.
- [250] SUVA (2012) **Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2012**. Référence 1903.f. Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, Lucerne.
- [251] SWEA (2005) **Occupational Exposure Limit Values and Measures Against Air Contaminants - AFS 2005:17**. Swedish Work Environment Authority, Solna.
- [252] Teasdale, S.; Lafrance, C. (2002-04-23) **Hard surface cleaning composition. Patent No. 6,376,451**. United States Patent and Trademark Office, Washington, DC.
- [253] Techical Services Group (2011-09-30) **Fiche signalétique de produit : Bio Solutions 920**. Code de produit : ES920C. Enviro-Solutions Limited, Peterborough, ON.
- [254] TerraChoice (2011-04-19) **DCC 110 : Composés biologiques nettoyeurs et dégraissants**. Programme ÉcoLogo, TerraChoice Environmental Marketing Inc., Ottawa, ON
- [255] TerraChoice (2003) **Certification Criteria Document CCD-112: Biological Digestion Additives for Cleaning and Odour Control**. Environmental Choice Program, TerraChoice, Ottawa, ON.
- [256] TerraChoice (2011-08) **DCC 146 : Nettoyeurs pour surfaces dures**. Programme EcoLogo, TerraChoice Environmental Marketing, Ottawa, ON.
- [257] Tetra Tech EM Inc. (1999-08) **Alternative Aqueous Cleaners Demonstration Project - Final Report**. City of Los Angeles, Environmental Affairs Department, Hazardous and Toxic Materials Office, Los Angeles, CA.

- [258] Tetra Tech EM Inc. (1999-07) **Final Report - Aqueous Cleaning Demonstration Project - City and County of San Francisco**. City and County of San Francisco, Hazardous Waste Management Program, Administrative Service Department, San Francisco, CA.
- [259] Thomson Reuters (2012) **Biological Abstracts**. Wolters Kluwer Health, Ovid Technologies, New York, NY.
- [260] Tortora, G.J.; Funke, B.R.; Case, C.L. (2003) **Introduction à la microbiologie**. Éditions du Renouveau Pédagogique, Saint-Laurent, QC.
- [261] TR (2012) **Current Contents Connect**. Thomson Reuters, New York, NY
- [262] Tregenza, T. (2009) **Preventing harm to cleaning workers**. TE-WE-09-006-EN-C. European Agency for Safety and Health at Work. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [263] Tripathi, A.; Grammer, L.C. (2001) Extrinsic allergic alveolitis from a proteolytic enzyme. **Annals of Allergy, Asthma & Immunology** **86**(4):425-427.
- [264] Trivedi, H.K.; Massey, M.L.; Bhattacharya, R.S.; Strahl, G.A.; Collum, D. (2004) Cleaners for military machine parts—is there a green alternative? **Journal of Cleaner Production** **12**(7):771–780.
- [265] TU (2013) **Anlagen und Kosten (Les installations et les coûts)**. Dans : Biologische Reinigung (Traitement biologique), Dans : Das Portal Bauteilreinigung (Portail sur le nettoyage de pièces). Technische Universität, Dortmund. <http://app.gwv-fachverlage.de/bauteile/auswahlsystem/verfahren/biologischereinigung/zusammenfassung.htm> [Dernière consultation : 2013-01-04].
- [266] U.S. EPA (2012-09) **EPA’s DfE Standard for Safer Cleaning Products (SSCP)**. Design for the Environment. Office of Pollution Prevention & Toxics. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- [267] U.S. NLM (2012) **PubMed**. United States Department of Health & Human Services, National Institutes of Health, National Library of Medicine, Bethesda, MD.
- [268] UL (2012-04-16) **Standard for Sustainability for Cleaning and Degreasing Compounds: Biologically-based**. UL 2792. Underwriters Laboratories, Northbrook, Illinois.
- [269] UNEP (1995) *Biological degreasing with closed rinse water system*. Dans : **Cleaner Production Worldwide, Volume II**, pp. 36-37. United Nations Environment Programme, Industry and Environment Programme Activity Centre, Paris.
- [270] Univar (2006-12-20) **Uni-Zyme 10X FF**. Univar Canada, Dorval, QC.
- [271] Univar (2008-06-27) **Fiche de données de sécurité : Uni-Zyme 10X FF**. Univar Canada Ltd., Richmond, BC.
- [272] Univar (2010-06-02) **Fiche de données de sécurité : Uni-Zyme Lipase L-100L**. Univar Canada Limited, Richmond, BC.
- [273] USEPA (1997-02) **Bacillus subtilis Final Risk Assessment**. Biotechnology Program Under Toxic Substances Control Act (TSCA), United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. http://www.epa.gov/biotech_rule/pubs/fra/fra009.htm [Dernière consultation : 2013-02-27].
- [274] USPTO (2012) **USPTO Patent Full-Text and Image Database (PatFT)**. Department of Commerce, United States Patents and Trademark Office, Washington, DC.
- [275] Vézina, M.; Cloutier, E.; Stock, S.; Lippel, K.; Fortin, É.; Delisle, A.; St-Vincent, M.; Funes, A.; Duguay, P.; Vézina, S.; Prud’homme, P. (2011) **Enquête québécoise sur des conditions de travail, d’emploi et de santé et de sécurité du travail (EQCOTESST)**. Rapport

- R-691. Institut national de santé publique du Québec, Institut de la statistique du Québec et Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Québec et Montréal.
- [276] Vincent, R.; Cicolella, A.; Subra, I.; Rieger, B.; Poirot, P.; Pierre, F. (1993) Occupational Exposure to 2-Butoxyethanol for Workers Using Window Cleaning Agents. **Applied Occupational and Environmental Hygiene** 8(6):580-586.
- [277] Walter (2006) **Fiche technique : Bio-Circle™ Nettoyant/Dégraissant Bioremédiant**. J. Walter Limitée, Pointe-Claire, QC.
- [278] Walter (2012-02-21) **Fiche signalétique : Bio-Circle L. L-78F**. J. Walter Compagnie Limitée, Pointe-Claire, QC.
- [279] Warburton, J. (2006-05) Monitoring Individual Exposures to Enzymes in the Workplace. **Industrial Hygiene News**.
- [280] Washington State Department of Ecology (1998) Gunk-Eating Bacteria Swallow Waste. **Shoptalk** 8(3):1.
- [281] Weeks, J.A.; Harper, R.A.; Simon, R.A.; Burdick, J.D. (2011) Assessment of sensitization risk of a laundry pre-spotter containing protease. **Cutaneous and Ocular Toxicology** 30(4):272-279.
- [282] Welsh, M.S.; Lamesse, M.; Karpinski, E. (2000) The Verification of Hazardous Ingredients Disclosures in Selected Material Safety Data Sheets. **Applied Occupational and Environmental Hygiene** 15(5):409-420.
- [283] Willey, J.M.; Sherwood, L.M.; Woolverton, C.J. (2010) **Microbiologie**. 3^e édition. Éditions De Boeck Université, Bruxelles.
- [284] Wolf, K.; Morris, M. (1997) Aqueous Parts Cleaning for Auto Repair Shops. **Pollution Prevention Review** 7(4):9-32.
- [285] Wood Wyant (2011-01-31) **Fiche signalétique : Vert-2-Go Bio Nettoyant et Désodorisant pour Salles de Bain**. Wood Wyant, Sani-Marc, Victoriaville, QC.
- [286] Wood Wyant (2011-08-18) **Fiche signalétique : Vert-2-Go Bio Dégraissant industriel**. Wood Wyant, Sani-Marc, Victoriaville, QC.
- [287] Wood Wyant (2012) **Vert-2-Go bio Dégraissant industriel**. Wood Wyant, Sani-Marc, Victoriaville, QC. http://web.woodwyant.com/Enews_NI/WW/Octobre08/bio_degr_ind_fr.html [Dernière consultation : 2012-10-25].
- [288] Wood Wyant (2012) **Vert-2-Go Bio Nettoyant & désodorisant salle de bain**. Wood Wyant, Sani-Marc, Victoriaville, QC. <http://b2b.sanimarc.com/Produit/AfficherDetails.aspx?ID=1112235&Categorie=2001&catalogue=WW&langue=fr> [Dernière consultation : 2012-10-25].
- [289] Würth (2011) **Würth Biomatic - Système de dégraissage des pièces mécaniques sans solvants**. Würth Canada Limitée, Mississauga, ON.
- [290] Würth (2011-09-26) **Fiche de Données de Sécurité / Fiche Signalétique : Fluide Biomatic**. Würth Canada Limited, Mississauga, ON.
- [291] Zep (2007) **Bio Parts Cleaner - Nettoyeur biologique pour pièces**. Produits n° Q067. Zep, Edmonton, AB.
- [292] Zep (2009-12-18) **Fiche signalétique : Bio Parts Cleaner**. Code de produit : Q067. Zep, Edmonton, AB.
- [293] Zhu, J.; Cao, X.L.; Beauchamp, R. (2001) Determination of 2-butoxyethanol emissions from selected consumer products and its application in assessment of inhalation exposure associated with cleaning tasks. **Environment International** 26:589-597.

[294] Zymo (2007-10-01) **Material Safety Data Sheet: Microbial Gel Capsule**. Zymo USA Incorporated, Fleming Island, FL.

[295] Zymo (2007-10-17) **Material Safety Data Sheet: Surfzyme HD Concentrate**. Zymo USA Incorporated, Fleming Island, FL.

ANNEXE A : BACTÉRIES IDENTIFIÉES DANS L'ÉTUDE DE BOUCHER ET COLL. (43)

Tableau A1 - Groupes de risque infectieux des 31 espèces bactériennes représentant > 1 % des colonies cultivées et identifiées à partir des fluides de 7 biofontaines.

Bactérie	Groupe de risque*
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	2
<i>Bacillus cereus</i>	2 ^A
<i>Bacillus flexus</i>	1
<i>Bacillus psychrodurans</i>	1
<i>Bacillus pumilus</i>	1
<i>Bacillus subtilis</i>	1
<i>Burkholderia tuberum</i>	1
<i>Citrobacter farmeri</i>	2 ^A
<i>Citrobacter freundii</i>	2 ^A
<i>Citrobacter rodentium</i>	2
<i>Enterobacter cloacae</i>	2 ^A
<i>Enterobacter radincitans</i>	1
<i>Grimontella senegalensis</i>	NR ^{**}
<i>Kerstersia gyiorum</i>	2
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2 ^A
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2 ^A
<i>Moellerella wisconsensis</i>	2
<i>Ochrobactrum anthropi</i>	2
<i>Ochrobactrum tritici</i>	1
<i>Providencia rustigianii</i>	2
<i>Providencia stuartii</i>	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2 ^A
<i>Pseudomonas extremorientalis</i>	1
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1
<i>Pseudomonas grimontii</i>	1
<i>Pseudomonas monteilii</i>	1
<i>Pseudomonas veronii</i>	1
<i>Serratia marcescens</i>	2 ^A
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	2
<i>Thiobacter subterraneus</i>	1
<i>Xenorhabdus innexi</i>	1

* Selon la classification réglementaire allemande (71); ** Non répertorié;

^A Ces bactéries font l'objet de FDS de l'ASPC :

<http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-fra.php>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

Tableau A2 - Groupes de risque infectieux des 39 espèces bactériennes représentant > 1 % des séquences identifiées directement dans les fluides de 7 biofontaines.

Bactérie	Groupe de risque *
<i>Achromobacter</i> sp. GKA-1	NR**
<i>Achromobacter xylooxidans</i>	2
<i>Bordetella trematum</i>	2
<i>Brucellaceae bacterium</i> 47211606	NR
<i>Citrobacter amalonaticus</i>	2 ^A
<i>Citrobacter</i> sp. clone 1013-1-CG30	NR
<i>Citrobacter</i> sp. clone aab19a06	NR
<i>Citrobacter</i> sp. enteric group 137	NR
<i>Cronobacter sakazakii</i>	2
<i>Enterobacter cloacae</i>	2 ^A
<i>Enterobacter</i> sp. AAJ3	NR
<i>Firmicutes</i> sp. clone BX005	NR
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2 ^A
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2 ^A
<i>Klebsiella</i> sp. clone SJTU_B_01_11	NR
<i>Klebsiella</i> sp. strain zmmo	NR
<i>Ochrobactrum anthropi</i>	2
<i>Ochrobactrum</i> sp. 3CB5	NR
<i>Ochrobactrum</i> sp. mp-3	NR
<i>Pantoea agglomerans</i>	2 ^A
<i>Providencia rettgeri</i>	2
<i>Providencia stuartii</i>	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2 ^A
<i>Pseudomonas cf. synxantha</i> V4.BP.03	NR
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1
<i>Pseudomonas mendocina</i>	2
<i>Pseudomonas putida</i>	2
<i>Pseudomonas</i> sp. BCb12/1	NR
<i>Pseudomonas</i> sp. saltmarsh LCP-79	NR
<i>Pseudomonas veronii</i>	1
<i>Ralstonia basilensis</i>	1
<i>Ralstonia eutropha</i>	1
<i>Ralstonia mannitolilytica</i>	2
<i>Ralstonia pickettii</i>	2
<i>Raoultella planticola</i>	1
<i>Serratia liquefaciens</i>	2 ^A
<i>Serratia marcescens</i>	2 ^A

Bactérie	Groupe de risque[*]
<i>Serratia sp. bacterium K2-47</i>	NR
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	2

^{*} Selon la classification réglementaire allemande (71); ^{**} NR = non répertorié;

^A Ces bactéries font l'objet de FDS de l'ASPC :

<http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-fra.php>. [Dernière consultation : 2013-06-01].

ANNEXE B : COMPOSITION DE DÉGRAISSANTS ET NETTOYANTS À BASE DE BACTÉRIES ET D'ENZYMES⁶⁷

Milieu hospitalier : nettoyage d'instruments chirurgicaux et d'endoscopes

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
3M 70500 Rapid Multi-Enzyme Cleaner	3M		Éther laurylique du copolymère des oxydes d'éthylène et de propylène Sel sodique de l'acide dodécylbenzènesulfonique Éther méthylique du dipropylène glycol Propylène glycol Éthylène glycol Borax Glycérol Protéase 1-Dodécyl-2-pyrrolidinone alpha-Amylase Cellulase Couleur ⁶⁸ verte, odeur de citron	37311-00-5 25155-30-0 34590-94-8 57-55-6 107-21-1 1303-96-4 56-81-5 9014-01-1 2687-96-9 9000-90-2 9012-54-8	(1)
Prolystica [®] Ultra Concentrate Enzymatic Cleaner	Steris		Alcools secondaires C ₁₂ -C ₁₆ éthoxylés Subtilisine Glycérol Propylène glycol Couleur ambre	84133-50-6 9014-01-1 56-81-5 57-55-6	(100)
Renuzyme Plus	Getinge USA	Couleur verte, odeur de pomme	Protéase alcaline Subtilisine	9073-77-2 9014-01-1	(118,121)

⁶⁷ Ce tableau non exhaustif contient 33 entrées, mais dans deux cas la mise en œuvre des préparations exige l'utilisation de deux produits. Ainsi, dans le cas de la société ChemFree, le tapis d'activation contient les bactéries alors que le liquide comprend les tensioactifs. Dans le cas de la société Zymo, les capsules libérant les bactéries sont ajoutées au liquide contenant les tensioactifs.

⁶⁸ La mention de la couleur et de l'odeur indique que la préparation peut contenir un colorant et un parfum.

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Powercon Triple Enzyme Detergent Concentrate	Getinge USA	Mélange d'enzymes (secret de fabrication ⁶⁹), couleur rosée, odeur de pêche	Isopropanol	67-63-0	(119,120)
MetriZyme	Metrex	Contient deux enzymes	Propylène glycol Subtilisine Alkylphénoxyéthoxyéthanol Composés aliphatiques polyalkoxylés Couleur bleue verdâtre, odeur de menthe	57-55-6 9014-01-1 101962-77-0 n° CAS non divulgué	(191,192)
Medzyme	Sipco	Contient 28 % d'enzymes	Aucune substance dangereuse Couleur bleue verdâtre	Aucun n° CAS	(247,248)
alphaZYME PC	Keir Surgical	Formule multienzymatique	Aucune substance toxique Couleur bleue	Aucun n° CAS	(168,170)
Enzy-Clean	Cardinal Health	Deux enzymes	Subtilisine alpha-Amylase Couleur verte, odeur de menthe	9014-01-1 9000-90-2	(50,51)

Industrie et services alimentaires : nettoyage des aires de travail, sans contact avec les aliments

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Biomor a.s.a.p. dégraissant pour planchers	Avmor	Tensioactifs Spores bactériennes Incolore Inodore	Alcools C ₁₂ -C ₁₅ éthoxylés	68131-39-5	(26,27)

⁶⁹ La fiche technique du fabricant indique ce qui suit : «...liquid combination of surfactants, conditioners, builders, stabilizers and a proprietary blend of enzymes » (...combinaison liquide de tensioactifs, améliorants, adjuvants, stabilisants et un mélange secret d'enzymes). Il n'y a cependant aucune indication sur cette fiche ni sur la FDS que le fabricant a obtenu le droit de ne pas divulguer la nature de ces ingrédients. L'obtention d'une telle dérogation est exigée en vertu de la Loi sur le contrôle des renseignements relatifs aux matières dangereuses (129) si la préparation contient des produits contrôlés. Il faut donc en déduire que cette préparation ne contient aucun produit contrôlé sauf l'isopropanol, notamment pas de subtilisine ($\geq 0,1$ % P/P) ni de tensioactifs traditionnels (généralement classés dans la catégorie D2B, c'est-à-dire « matières toxiques ayant d'autres effets » en vertu du SIMDUT) à plus de 1 %.

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Ambio-Dher Détergent dégraissant enzymatique pour établissements alimentaires	Laboratoires Choisy	Couleur rouge	Tétraborate de sodium décahydraté Alcools C ₁₂ -C ₁₅ éthoxylés Diéthanolamine d'huile de noix de coco Sel sodique de l'acide octanesulfonique Lipase	1303-96-4 68131-39-5 68603-42-9 5324-84-5 9001-62-1	(66,67)
Duozyme	Constant America	Lipase Protéase Couleur ambre Odeur de fumée	Aucun ingrédient dangereux	Aucun n° CAS	(72,73)
Biosolutions 650 Dégraissant milieu alimentaire	Larose	Bactéries ⁷⁰	Aucun ingrédient dangereux Couleur bleue pH : 13,6	Aucun n° CAS	(177,178)
Nu-Grip Plus	Innu-Science	Bactéries	Alcools C ₁₂ -C ₁₅ éthoxylés Sel sodique de l'acide Dodécylbenzènesulfonique Acétate de sodium Culture bactérienne	68131-39-5 25155-30-0 127-09-3	(155,161)
Suma Bio-Floor Cleaner	Diversey	Cinq souches de bactéries produisant les enzymes lipase, protéase, amylase et cellulase Tensioactif Solvant	Éther monométhyle du propylène glycol Couleur verte Odeur d'agrumes	107-98-2	(90,167)
Bio-Bac	Dustbane	<i>Bacillus</i>	Bacille Tensioactif Couleur beige Odeur florale	Aucun n° CAS	(93,96)

⁷⁰ La fiche technique et la FDS ne mentionnent pas explicitement la présence de bactéries, mais puisque ce dégraissant possède la certification DCC-110 d'ÉcoLogo (http://www.ecologo.org/fr/participatingcompanies/details.asp?client_id=426. [Dernière consultation : 2012-10-22]), elle doit contenir des microorganismes en concentration $\geq 10^7$ UFC/ml (254). Le pH de 13,4 rapporté dans la FDS est cependant incompatible avec la norme DCC-110 qui exige un pH > 2.0 et < 11,5 (254).

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Wash n'Walk	Ecolab	Enzymes	Composé de l'acide borique avec 2-aminoéthanol (1:1) Propylène glycol Glycérol Composé d'acide 4-dodécylbenzènesulfonique avec 2-aminoéthanol (1:1) Alcools en C ₁₂ -C ₁₆ éthoxylés Xylène sulfonate de sodium Sel sodique de <i>N,N</i> -bis(carboxyméthyl)-alanine Oxydes de coco alkyl diméthylamines Acide borique Lipase	68586-07-2 57-55-6 56-81-5 58089-99-9 68551-12-2 1300-72-7 164462-16-2 61788-90-7 10043-35-3 9001-62-1	(102,103)
Bio-Tech P	Les Chimiques B.O.D.	Bactéries Tensioactifs d-Limonène Parfum Colorant	Sel sodique de l'acide dodécylbenzènesulfonique Sel d'ammonium de l'ester dodécylique de l'acide sulfurique d-Limonène	25155-30-0 2235-54-3 5989-27-5	(28,29)

Entretien mécanique et fabrication métallique : fontaines de dégraissage (biofontaines)

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Bio-Circle L	J. Walter	Microorganismes de Classe 1 ATCC ⁷¹ Inhibiteurs de corrosion Odeur de pomme	Aucun ingrédient nocif	Aucun n° CAS	(277,278)

⁷¹ ATCC = American Type Culture Collection. La classe 1 de l'ATCC signifie que le microorganisme en question ne cause pas la maladie chez l'humain adulte et sain (« Agents not associated with disease in healthy adult humans »). Le Bio-Circle L possède la certification DCC-110 d'ÉcoLogo (http://www.ecologo.org/fr/participatingcompanies/details.asp?client_id=248 [Dernière consultation : 2012-10-22]). En conséquence, il doit contenir des microorganismes en concentration $\geq 10^7$ UFC/ml (254).

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Ozzy-Juice® SW-4 Heavy Duty Degreasing Solution (pour fontaine SmartWasher®)	ChemFree	Tensioactifs	Aucune substance dangereuse	Aucun n° CAS	(60,62)
Tapis d'activation de fluide OzzyMat™ FL-4 pour SmartWasher®	ChemFree	Microbes	Aucune substance dangereuse	Aucun n° CAS	(59,61)
Dégraizym	Orapi	Tensioactifs Spores du genre <i>Bacillus</i> Inhibiteurs de corrosion	Alcools en C ₉ -C ₁₁ éthoxylés Sels sodiques de sulfonates d'alcane secondaires en C ₁₃ -C ₁₇ Acide benzènedodécylsulfonique Extrait d'orange	68439-46-3 85711-69-9 27176-87-0 8028-48-6	(82,83)
Fluide Biomatic	Würth	Microorganismes de classe 1 ⁷²	Éther monométhyle du dipropylène glycol Alcools en C ₇ -C ₂₁ éthoxylés	34590-94-8 68991-48-0	(289,290)
Nettoyeur biologique pour pièces	Zep	Tensioactifs Bactéries non sporogènes Couleur bleue	Alcools en C ₇ -C ₂₁ éthoxylés	68991-48-0	(291,292)
Surfzyme HD Concentrate	Zymo		Tensioactifs (secret de fabrication) Couleur ambre	Aucun n° CAS	(295)
Microbial Gel Capsule	Zymo		Bactéries Enzymes Nutriments Substrat végétal Couleur tannée	Aucun n° CAS	(294)
BCL Parts Washer Fluid	Bionetix	Tensioactifs Couleur bleue	Bactéries Alcools en C ₆ -C ₁₀ éthoxylés et propoxylés	68987-81-5	(38,39)

⁷² Le fluide neuf ne contient pas de bactéries. Ces dernières sont introduites dans le fluide lorsqu'il circule au travers du filtre imprégné de microorganismes lors de la mise en œuvre du système de dégraissage Biomatic.

Milieux industriels : dégraissage des sols en béton et du matériel

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Dégraissant industriel et nettoyant pour béton	Avmor	Microorganismes Microbes Couleur blanche Odeur parfumée	Aucun ingrédient listé	Aucun n° CAS	(24,25)
Nu-Life	Innu-Science	Tensioactifs Bactéries Couleur jaune Parfum	Alcools en C ₁₂ -C ₁₆ éthoxylés Culture bactérienne	68551-12-2	(157,159)
Vert-2-Go Bio Dégraissant industriel	Wood Wyant	Tensioactifs Bactéries ⁷³	Solution enzymatique Couleur paille	Aucun n° CAS	(286,287)

⁷³ Ce dégraissant étant certifié en vertu de la norme DCC-110 d'ÉcoLogo (http://www.ecologo.org/fr/participatingcompanies/details.asp?client_id=224&brand=Vert-2-Go%20Bio [Dernière consultation : 2012-10-29]), il s'en suit qu'il doit contenir des microorganismes en concentration $\geq 10^7$ UFC/ml (254).

Milieus institutionnels : nettoyage des cabinets de toilette (baignoires, cuvettes, douches, lavabos, urinoirs)

Nom	Fabricant ou distributeur	Fiche technique	Fiche de données de sécurité	N° CAS	Référence
Bio Solutions 920	Enviro-Solutions	Tensioactifs Bactéries	Alcools en C ₇ -C ₂₁ éthoxylés Culture bactérienne Laurylsulfate de sodium Gluconate de sodium Citrate de sodium Protéase Propylène glycol 2-Bromo-2-nitro-1,3-propanediol Glycérol Parfum Gomme de xanthane Sel sodique de fluorescéine Sel sodique de l'acide 1-amino-9,10-dihydroxy-9,10-dioxo-4-phénylamino-2-anthracènesulfonique	68991-48-0 151-21-3 527-07-1 68-04-2 n° CAS non divulgué 57-55-6 52-51-7 56-81-5 n° CAS non divulgué 11138-66-2 518-47-8 6408-78-2	(107,253)
Nu-PowerKleen	Innu-Science	Parfum	Tensioactifs Bactéries Couleur rose Odeur florale	Aucun n° CAS	(156,158)
Vert-2-Go Bio Nettoyant et désodorisant pour salles de bain	Wood Wyant	Tensioactifs Bactéries	Acide benzènesulfonique d'alkyles en C ₁₀ -C ₁₆ Alcools en C ₁₁ -C ₁₄ , riches en C ₁₃ , éthoxylés Couleur brune jaunâtre	68584-22-5 78330-21-9	(285,288)

ANNEXE C : RÉSULTATS DE LA CONSULTATION PAR QUESTIONNAIRE

Fabricant de véhicules récréatifs (2012-03-19)⁷⁴	
1. Produits utilisés	Bio-Circle L (J. Walter)
2. Secteurs d'utilisation	Non précisé.
3. Méthode d'utilisation	Deux fontaines de dégraissage de pièces.
4. Certification	EcoLogo.
5. Degré de pénétration	Deux fontaines de Bio-Circle à l'essai. Quinze autres fontaines traditionnelles à base de solvants.
6. Degré de satisfaction des utilisateurs	<p>La première fontaine est utilisée par un nombre limité d'utilisateurs. L'utilisateur principal est très satisfait. Il aime l'odeur et le fait que le liquide soit légèrement chauffé. Il l'utilise depuis 2008.</p> <p>La deuxième fontaine est utilisée par plusieurs travailleurs. L'utilisateur principal n'est pas satisfait : le produit serait trop « fragile ». Le nombre élevé d'utilisateurs augmenterait le risque d'inactivation du dégraissant bactérien en y introduisant une salissure incompatible.</p>
7. Problèmes techniques, de santé ou d'environnement	Voir la section précédente pour les problèmes techniques. Aucun problème sanitaire ou environnemental rapporté.

⁷⁴ Cette date est celle où le questionnaire a été retourné aux auteurs du rapport.

Hôpital n° 1 (2012-04-05)	
1. Produits utilisés	Enzycare 2 (Steris) : 3000 L / an, FS de 2004 fournie, FT non fournie ⁷⁵ . Enzy-Clean (Cardinal Health) : 6000 L / an, FS de 2005 fournie, FT non fournie. Medzyme (Prime Focus → Sipco) : consommation non fournie, FS et FT non fournies. PowerCon Triple Enzyme (Getinge) : consommation non fournie, FS de 2011 fournie, FT non fournie.
2. Secteurs d'utilisation	Stérilisation, Endoscopie, Obstétrique, Cardiologie
3. Méthode d'utilisation	Lavage manuel : « Procédure générale de décontamination - Lavage manuel » de l'hôpital fournie. Pulvérisation à l'intérieur de machines de lavage et désinfection : aucun document fourni.
4. Certification	Aucune.
5. Degré de pénétration	Ce genre de nettoyant est utilisé dans tous les établissements où il y a des « unités de retraitement des dispositifs chirurgicaux ».
6. Degré de satisfaction des utilisateurs	Pas de réponse spécifique à cette question. On affirme que l'utilisation de tels nettoyants est nécessaire, l'action enzymatique permettant d'enlever le sang et les déchets organiques.
7. Problèmes techniques, de santé ou d'environnement	On nous a fourni une copie électronique des deux documents suivants : [1] Lemière, C.; Cartier, A.; Dolovich, J.; Malo, J.L. (1996) Isolated Late Asthmatic Reaction After Exposure to a High-Molecular-Weight Occupational Agent, <i>Subtilisin</i> . <i>Chest</i> 110(3):823-824 [2] Bourbonnais, R. (2006-12-7) Déclaration de situations dangereuses de 2 préposées à la stérilisation - Utilisation de la solution EnzyCare 2 (Steris). Centre de santé et de services sociaux de Laval, Laval, QC On nous a fourni les références bibliographiques pour les deux documents suivants : [1] Tripathi, A.; Grammer, L.C. (2001) Extrinsic allergic alveolitis from a proteolytic enzyme. <i>Annals of Allergy, Asthma & Immunology</i> 86(4):425-427 [2] Rosenberg, N. (2007) Asthme professionnel aux enzymes. <i>Documents pour le médecin du travail</i> N° 112:553-564 Enfin, on indique à la fin du questionnaire que la ventilation locale a été améliorée au-dessus de la machine

⁷⁵ La mention « non fournie » indique que la personne qui a rempli et retourné le questionnaire aux auteurs ne leur a pas transmis le document en question.

Hôpital n° 1 (2012-04-05)	
	effectuant le lavage automatique (pulvérisation) des instruments souillés dans le service de stérilisation du bloc opératoire.

Hôpital n° 2 (2012-07-05)	
1. Produits utilisés	Liquid Enzyme Cleaner (Lawrason's), consommation, FS et FT non fournies. L'intervenant a fourni une petite reproduction d'un contenant du nettoyant en question, accompagné d'une description en anglais de son utilisation. Renuzyme Plus (Getinge), consommation, FS et FT non fournies. Powercon Triple Enzyme (Getinge), consommation, FS et FT non fournies.
2. Secteurs d'utilisation	Liquid Enzyme Cleaner : surfaces dures, maîtrise des odeurs (urine), application par pulvérisation dans les drains pour masquer les odeurs, ajout dans les bacs à compost. Renuzyme Plus et Powercon Triple Enzyme : utilisé à la stérilisation.
3. Méthode d'utilisation	Non précisé sauf pour la pulvérisation du Liquid Enzyme Cleaner dans les drains (voir Section 2)
4. Certification	Aucune.
5. Degré de pénétration	Non précisé.
6. Degré de satisfaction des utilisateurs	Le « Liquid Enzyme Cleaner » serait très apprécié pour masquer les odeurs.
7. Problèmes techniques, de santé ou d'environnement	Aucun problème rapporté.

Auto Prévention (2012-08-01)	
1. Produits utilisés	Bio-Circle L (T. Walter), SmartWasher (ChemFree), Biomatic (Würth), SafeWasher (Cintas)
2. Secteurs d'utilisation	Dégraissage de pièces mécaniques dans les ateliers d'entretien de cinq concessionnaires automobiles et d'un centre de formation professionnelle.
3. Méthode d'utilisation	Nettoyage manuel à l'aide d'une fontaine munie d'un robinet flexible et d'un pinceau-arrosoir. Fourniture du manuel d'instructions pour la fontaine Biomatic. Fourniture d'un tableau synthèse incluant les noms et coordonnées des entreprises, dates d'acquisition des fontaines, l'abandon ou la poursuite de l'utilisation des dégraissants en aérosol, le port de gants, la performance des produits sur une échelle ordinaire de 0 à 5, la formation, la fréquence du remplacement du fluide dégraissant et du filtre, la gestion des boues résiduelles, les problèmes sanitaires et techniques. Le questionnaire retourné contenait en outre des informations sur les coûts d'acquisition des fontaines, fluides et filtres. À noter que pour trois des six milieux de travail l'information fournie est très incomplète. Pour les trois autres (concessionnaires) les utilisateurs se déclaraient très satisfaits de la performance des produits.
4. Certification	Aucune.
5. Degré de pénétration	Les entreprises du secteur automobile utilisant ces fontaines sont en minorité, mais le marché pour ces produits serait en pleine expansion.
6. Degré de satisfaction des utilisateurs	Les utilisateurs rencontrés étaient grandement satisfaits, les dépenses pour les nettoyeurs traditionnels en aérosol ayant diminué de moitié dans un cas.
7. Problèmes techniques, de santé ou d'environnement	Aucune donnée ne permet de conclure de façon précise que le fluide biologique serait un vecteur de maladies.

ANNEXE D : VISITES D'OBSERVATION DANS SIX MILIEUX DE TRAVAIL

Hôpital (2012-03-29)⁷⁶	
1. Produits utilisés	Medzyme (Sipco), First Step 200 ml EP-4 (Cygnus), AlphaZyme PC (Keir), Renuzyme Plus (Getinge)
2. Secteurs d'utilisation	<p>Le Medzyme est utilisé dans la « salle de stérilisation sale » du service d'endoscopie où les préposés effectuent un premier nettoyage des endoscopes.</p> <p>Le First Step 200 ml EP-4 (une éponge imbibée d'un nettoyant à base d'enzymes) est utilisé dans la salle d'examen des patients qui font l'objet d'une endoscopie.</p> <p>L'Alphazyme PC est un gel contenant des enzymes qui amorcent le processus de nettoyage des instruments chirurgicaux immédiatement après leur utilisation.</p> <p>Le Renuzyme est utilisé pour le nettoyage des instruments chirurgicaux dans une salle spéciale près du bloc opératoire.</p>
3. Méthode d'utilisation	<p>Le Medzyme est dilué dans l'eau tiède du robinet contenu dans un évier en acier inoxydable dans lequel trempent les endoscopes. Le nettoyage d'un duodénolescope a été observé : il a été effectué à l'aide d'un écouvillon et d'une seringue introduite dans l'appareil de diagnostic. Le Medzyme est également utilisé à l'étage du bloc opératoire selon une procédure semblable.</p> <p>L'utilisation du First Step 200 ml EP-4 n'a pas été observée.</p> <p>L'utilisation de l'Alphazyme PC n'a pas été observée. Ce produit serait employé par les infirmières du bloc opératoire.</p> <p>Le Medzyme et le Renuzyme sont utilisés dans la salle de nettoyage des instruments chirurgicaux du bloc opératoire de façon manuelle (petit instruments, p. ex. ciseaux) et dans un appareil en circuit fermé où les pièces de plus grandes dimensions (p. ex. plateaux) sont pulvérisées automatiquement, le liquide nettoyant enzymatique étant pompé à partir de contenants adjacents d'une capacité d'environ 20 l. De l'eau chaude du robinet est utilisée pour la dilution du nettoyant enzymatique pour le travail manuel. Une soufflette est utilisée pour assécher les pièces nettoyées manuellement.</p>

⁷⁶ Date de la visite.

Hôpital (2012-03-29)⁷⁶	
4. Moyens de prévention	<p>En endoscopie, les préposés au nettoyage des instruments portent un vêtement protecteur en tissu qui couvre l'ensemble du corps, un bonnet et des gants en nitrile⁷⁷. Ils ne portent pas de masque. La salle où le premier nettoyage est effectué comporte un système de ventilation général dont l'air est évacué totalement à l'extérieur de l'édifice.</p> <p>Dans la salle de nettoyage des instruments chirurgicaux du bloc opératoire, les préposés au nettoyage portent un vêtement protecteur en tissu couvrant l'ensemble du corps, sauf la tête qui est couverte d'un filet, des gants en nitrile comme ceux utilisés en endoscopie et un masque chirurgical. La salle comprend un système d'aspiration local situé au-dessus de l'appareil de nettoyage automatique des pièces de grande dimension.</p>
5. Exposition	<p>Des éclaboussures ont été observées lors de la manipulation et du nettoyage des endoscopes dans l'évier. Il pourrait donc y avoir génération d'aérosols. Ces derniers pourraient être inhalés puisque les préposés au nettoyage ne portent pas de masque.</p> <p>L'utilisation observée d'une soufflette pour le séchage des instruments chirurgicaux peut entraîner la formation d'aérosol. Les préposés au nettoyage dans la salle de nettoyage du bloc opératoire portent un masque chirurgical qui n'est pas un appareil de protection respiratoire (188).</p>

⁷⁷ Kimtech Purple Nitrile (Kimberly-Clark Professional, Roswell, GA)

Fabricants de véhicules récréatifs (2012-04-13)	
1. Produits utilisés	Bio-Circle (T. Walter)
2. Secteurs d'utilisation	La fontaine Bio-Circle est utilisée pour le dégraissage de pièces mécaniques dans une petite salle destinée à l'entretien de l'outillage employé dans l'usine. Une deuxième biofontaine est utilisée dans le centre de recherche (non visité).
3. Méthode d'utilisation	Les pièces sont nettoyées manuellement dans l'évier de la fontaine à l'aide d'un pinceau par lequel sort le liquide dégraissant. Elles sont ensuite asséchées à l'aide d'une soufflette.
4. Moyens de prévention	Le mécanicien préposé au dégraissage ne porte ni gants, ni masque. Il porte des lunettes de sécurité. Il n'y a pas de système de ventilation locale au-dessus de la fontaine Bio-Circle. La salle où la fontaine est utilisée est munie d'un système de ventilation générale incluant de la climatisation.
5. Exposition	Le liquide dégraissant Bio-Circle couvre les doigts du mécanicien lorsqu'il procède au dégraissage des pièces. Il est possible que l'utilisation observée d'une soufflette pour l'assèchement des pièces entraîne la formation d'aérosols que le mécanicien pourrait inhaler en l'absence de masque protecteur. En l'absence de protection pour les mains, des bactéries présentes dans le liquide dégraissant pourraient entrer dans l'organisme du travailleur p. ex. s'il porte ses mains à sa bouche ou s'il touche sa muqueuse oculaire.

Fabricants d'aéronefs (2012-05-16)	
1. Produits utilisés	Bio-Circle (T. Walter)
2. Secteurs d'utilisation	Sept fontaines Bio-Circle sont utilisées dans l'atelier d'entretien mécanique pour le dégraissage de divers outils utilisés dans l'usine et dans le garage d'entretien des véhicules automobiles. Ces fontaines ne sont pas utilisées sur les pièces faisant partie des aéronefs.
3. Méthode d'utilisation	Les pièces sont nettoyées manuellement dans l'évier de la fontaine à l'aide d'un pinceau par lequel sort le liquide dégraissant. Une soufflette ou un chiffon est utilisé pour assécher les pièces nettoyées. Aucun dégraissage de pièce n'a été observé lors de la visite.
4. Moyens de prévention	Les mécaniciens nettoyant les pièces ne portent ni gants ni masque. Ils portent des lunettes de sécurité. Il n'y a pas de système de ventilation locale au-dessus des fontaines de dégraissage biologique.
5. Exposition	L'utilisation d'une soufflette pour assécher les pièces pourrait entraîner la formation d'aérosols. Ceux-ci pourraient être inhalés par les travailleurs ne portant pas de masque protecteur. En l'absence de protection pour les mains, des bactéries présentes dans le liquide dégraissant pourraient entrer dans l'organisme du travailleur p. ex. s'il porte ses mains à sa bouche ou s'il touche sa muqueuse oculaire. Les visiteurs ont observé le liquide brun malodorant d'une des fontaines, indiquant un problème d'intégrité de la culture bactérienne d'origine.

Atelier d'usinage (2012-06-01)	
1. Produits utilisés	Bio-Circle (T. Walter)
2. Secteurs d'utilisation	L'atelier utilise huit fontaines Bio-Circle pour le nettoyage des pièces usinées et pour le dégraissage dans l'entretien mécanique. Les pièces usinées sont destinées à l'industrie aéronautique et aérospatiale.
3. Méthode d'utilisation	Aucun nettoyage de routine n'a été observé lors de la visite. Une simulation a cependant été effectuée à la demande des visiteurs. Un boîtier de turbine en acier a été nettoyé manuellement dans l'évier de la fontaine à l'aide d'un pinceau par lequel sort le liquide dégraissant. À la suite de cette opération, la pièce a été introduite dans une boîte à gants (sans gants) où elle a été rincée à l'eau sous pression. La porte de côté de l'enceinte a ensuite été ouverte afin que la pièce soit asséchée manuellement à l'aide d'une soufflette. Lorsque les pièces sont couvertes de fluide de coupe, elles sont préalablement rincées à l'eau avant leur nettoyage dans la fontaine Bio-Circle. Certaines salissures détruiraient la culture bactérienne de la fontaine Bio-Circle, notamment le fluide hydraulique ignifuge Skydrol (Solutia).
4. Moyens de prévention	Les travailleurs qui nettoient les pièces ne portent ni gants ni masques. Ils portent des lunettes de sécurité. Il n'y a pas de système de ventilation locale au-dessus des fontaines de dégraissage biologique. L'usine possède un système de ventilation générale.
5. Exposition	Les visiteurs ont observé un travailleur qui s'est lavé les mains et avant-bras dans la fontaine Bio-Circle. Des bactéries présentes dans le liquide dégraissant pourraient entrer dans l'organisme du travailleur p. ex. s'il porte ses mains à sa bouche ou s'il touche sa muqueuse oculaire. Des aérosols pourraient être générés lors du séchage des pièces à la soufflette.

Entreprise de télécommunications (2012-06-15)	
1. Produits utilisés	SmartWasher (ChemFree)
2. Secteurs d'utilisation	Dégraissage de pièces de divers véhicules de service lourds dans un atelier d'entretien mécanique.
3. Méthode d'utilisation	Les pièces sont nettoyées manuellement dans l'évier d'une fontaine de dégraissage biologique à l'aide d'un pinceau par lequel sort le liquide dégraissant OzzyJuice. Le séchage des pièces est ensuite effectué manuellement à l'aide d'un chiffon. Les pièces nettoyées sont parfois rincées à l'eau et asséchées à l'aide d'une soufflette.
4. Moyens de prévention	Les travailleurs qui dégraissent les pièces ne portent généralement pas de gants protecteurs. Ils ne portent pas de protection respiratoire. Ils portent des lunettes de sécurité.
5. Exposition	Il y a possibilité de génération d'aérosols lors du rinçage à l'eau si l'opération est effectuée sous pression. En l'absence de rinçage, l'utilisation de la soufflette pourrait générer des aérosols inhalables contenant des bactéries. L'absence de protection cutanée lors du nettoyage manuel des pièces dans la fontaine pourrait faire en sorte que le travailleur s'inocule des bactéries indésirables par les muqueuses.

Société de transport en commun (2012-06-28)	
1. Produits utilisés	1.1- Nu-Attraktion, Nu-KarpetKare, Nu-KleenSmell, Nu-Life, Nu-Relation 1.2- Nu-Action 3, Nu-BioCal, Nu-BioScrub, Nu-KarpetKare, Nu-KleenSmell, Nu-Odor
2. Secteurs d'utilisation	Les produits listés à la Section 1.1 sont utilisés pour l'entretien des bus alors que ceux listés à la Section 1.2 sont utilisés pour l'entretien ménager.
3. Méthode d'utilisation	<p>3.1 - Nettoyage des bus</p> <p>Le Nu-Attraktion est utilisé par pulvérisation automatique pour le nettoyage extérieur des bus alors qu'un chauffeur fait avancer lentement le véhicule à travers le poste de lavage automatique des bus. Le Nu-Life est utilisé par pulvérisation pneumatique pour le nettoyage des moteurs et le soubassement de la carrosserie. Le Nu-Relation est appliqué à la brosse sur les murs intérieurs et le plancher des bus. Le Nu-KarpetKare est appliqué à l'aide d'une machine mobile pour le nettoyage du tissu des sièges. Le Nu-KleenSmell est utilisé pour les miroirs et les surfaces chromées.</p> <p>3.2 - Entretien ménager</p> <p>Le Nu-Action 3, appliqué au balai à franges, est utilisé pour nettoyer les taches coriaces sur les sols et les tables. Le Nu-BioCal est utilisé en hiver à l'aide d'un balai à franges ou à la machine pour enlever les dépôts de sel de déglacage. Le Nu-BioScrub est employé comme désincrustant et appliqué par pulvérisation hydraulique sur les murs et le sol de la salle de douche. Ce nettoyant est également appliqué à l'aide d'un pulvérisateur à gâchette sur les surfaces en acier inoxydable telles que les fontaines. Le Nu-KarpetKare est utilisé par pulvérisation manuelle ou à l'aide d'une machine pour nettoyer les tapis. Le Nu-KleenSmell est appliqué avec un pulvérisateur à gâchette ou à l'aide d'un balai à franges sur le sol des salles de toilettes. Le Nu-Odor, appliqué avec un pulvérisateur à gâchette, est utilisé occasionnellement pour éliminer les odeurs dans les poubelles.</p>
4. Moyens de prévention	Le chauffeur qui fait avancer son véhicule dans le poste de lavage automatique des bus ne porte aucun appareil de protection personnelle. Les travailleurs qui nettoient les moteurs et les soubassements des bus portent normalement un survêtement imperméable, une visière, des gants, des bottes et un casque de sécurité pour éviter que le nettoyant ne leur coule sur la tête lors du nettoyage du soubassement des bus. Le travailleur observé portait ces moyens de protection sauf pour la visière qui était remplacée par des lunettes de sécurité. La préposée à l'entretien ménager porte des lunettes correctrices, ne porte pas d'appareil de protection respiratoire et habituellement pas de gants.
5. Exposition	Il peut arriver que le chauffeur qui fait avancer le bus dans le poste de lavage automatique des bus soit exposé à un brouillard de nettoyant, car le bus n'est pas étanche vis-à-vis des portes. Le préposé au nettoyage des moteurs et des soubassements des bus est entouré d'un brouillard de nettoyant qu'il peut inhaler puisqu'il ne porte pas d'appareil de protection respiratoire. La préposée à l'entretien ménager est exposée aux nettoyants par la voie cutanée et possiblement par la voie respiratoire lors de l'utilisation des produits d'entretien par pulvérisation.