

1984

L'oxyde d'éthylène dans les établissements de santé au Québec : problématique et mesures de contrôle

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

Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur affaires sociales (APSSAP)

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

Citation recommandée

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail et Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur affaires sociales. (1984). *L'oxyde d'éthylène dans les établissements de santé au Québec : problématique et mesures de contrôle* (Rapport n° E-009). IRSST.

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

**L'oxyde d'éthylène
dans les établissements
de santé au Québec**



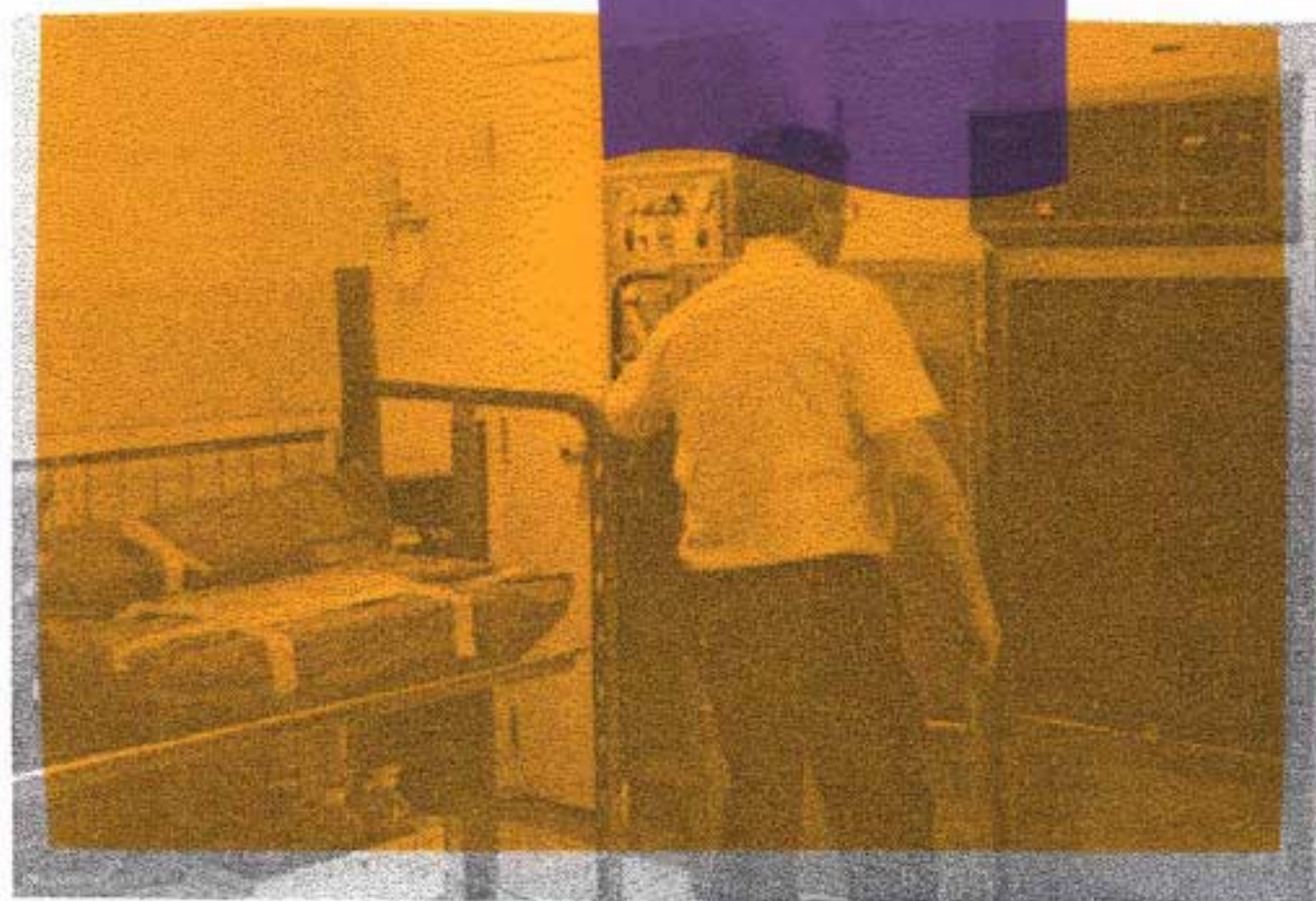
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

IRSST
RSSTARS

Avril 1984

E-009

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

L'oxyde d'éthylène dans les établissements de santé au Québec

Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec,
Association paritaire pour la santé et la sécurité au travail -
secteur affaires sociales

RECHERCHES
SANTÉ ET
SÉCURITÉ
AU TRAVAIL

RAPPORT

Groupe de travail

Jan-Erik Deadman*	hygiéniste industriel	IRSST
Claude Gallant	directeur du service de programmation et assistance technique	ASSTSAS
Renée Julien*	conseillère en prévention	ASSTSAS
Alain Lajoie	coordonnateur du secteur soutien analytique	IRSST
Jean-Guy Martel*	coordonnateur du secteur sécurité-ingénierie	IRSST
Jean-Yves Savoie	directeur scientifique et directeur des services de laboratoire	IRSST

Nous tenons à remercier tous les établissements qui nous ont permis de réaliser l'étude d'hygiène industrielle ainsi que toutes les personnes qui ont collaboré à la production de ce document.

Également, nous aimerions remercier tous ceux et celles qui ont participé à la réalisation de ce projet, notamment mesdames Jocelyne Marion et Brigitte Roberge ainsi que monsieur Louis Gendreau pour le support analytique sur le terrain, monsieur Daniel Drolet pour le support analytique au laboratoire, messieurs Daniel Boismenu et F.-Pierre Dussault pour la révision du texte et mesdames Danielle Charlebois, Marie-France Narbonne et Josée Poirier pour le traitement de texte.

* Coordination du travail sur le terrain et rédaction

Table des matières

	Page		
1. Introduction	7	9.6 Utilisation des techniques d'échantillonnage et d'analyse	40
2. Caractéristiques et utilisations de l'oxyde d'éthylène	9	10.Recommandations	41
3. Effets sur la santé	11	10.1 Procédés.....	41
4. Seuils d'exposition.....	13	10.2 Installations	41
4.1 États-Unis	13	10.3 Habitudes de travail	42
4.2 Canada	13		
5. Description des procédés de stérilisation à l'oxyde d'éthylène utilisés en milieu hospitalier.....	15	Annexes	
5.1 Formes commerciales utilisées	15	I Questionnaire préliminaire envoyé aux établissements	43
5.2 Procédé de stérilisation lors de l'utilisation de l'Oxyfume 12 ^{md} ou du Steri-Gaz ^{md}	15	II Questionnaire rempli lors de la visite d'échantillonnage	47
5.3 Procédé de stérilisation lors de l'utilisation de l'Anprolene ^{md}	18	III Méthodes d'échantillonnage et d'analyse	51
6. Cartographie des travailleurs exposés	19	IV Liste des principaux distributeurs de stérilisateur... ..	55
6.1 Cueillette des données	19	V Distribution géographique des établissements de santé.....	57
6.2 Validation des données du questionnaire.....	19	Références	59
6.3 Critères de sélection des réponses.....	19	Bibliographie.....	61
6.4 Compilation des réponses..	19	Liste des tableaux	
7. Étude d'hygiène industrielle en milieu hospitalier	21		
7.1 Critères de sélection des centres hospitaliers	21	Tableau 1: Employés affectés au procédé de stérilisation	19
7.2 Éléments retenus pour l'étude d'hygiène industrielle	23	Tableau 2: Modèles de stérilisateur.....	19
7.3 Cueillette des données	25	Tableau 3: Consommation d'oxyde d'éthylène	20
7.4 Stratégie d'échantillonnage	26	Tableau 4: Emplacement des stérilisateur	20
8. Résultats et discussion de l'étude d'hygiène industrielle....	31	Tableau 5: Ventilation mécanique	20
8.1 Avant le cycle de stérilisation.....	31	Tableau 6: Temps d'attente après la stérilisation.....	20
8.2 Pendant la stérilisation.....	31	Tableau 7: Programme d'entretien préventif.....	20
8.3 Après la stérilisation	34	Tableau 8: Programme de surveillance environnementale.....	20
8.4 Synthèse des résultats de l'étude d'hygiène industrielle	37	Tableau 9: Oxyde d'éthylène comme risque	20
9. Conclusions	39	Tableau 10: Odeur d'oxyde d'éthylène	20
9.1 Cartographie des travailleurs exposés	39	Tableau 11: Liste des critères retenus pour le choix des 14 centres hospitaliers	22
9.2 Sources d'exposition	39	Tableau 12: Éléments retenus dans l'évaluation du procédé.....	23
9.3 Types d'exposition	39	Tableau 13: Éléments retenus dans l'évaluation des installations.....	23
9.4 Moyens de contrôle	39	Tableau 14: Éléments retenus dans l'évaluation des habitudes de travail ...	24
9.5 Niveau résiduel dans l'air ambiant lorsque le système fonctionne de façon optimale	40	Tableau 15: Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, avant le début de la période d'exposition.....	27

Tableau 16: Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, durant la période d'exposition	27	Tableau 28: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR, lors de l'ouverture de la porte, à l'intérieur des stérilisateur ayant un premier vacuum seulement	34
Tableau 17: Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, durant l'évacuation	28	Tableau 29: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA, lors de l'ouverture de la porte, à l'intérieur des stérilisateur ayant un premier vacuum seulement	34
Tableau 18: Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, lors de l'ouverture de la porte du stérilisateur ..	28	Tableau 30: Concentrations maximales d'oxyde d'éthylène mesurées par CPG, durant le temps d'attente après l'ouverture de la porte, à 60 cm devant la porte des stérilisateur munis d'une hotte	35
Tableau 19: Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, durant le transfert du matériel à l'aérateur et durant le fonctionnement de l'aérateur ..	29	Tableau 31: Concentrations maximales d'oxyde d'éthylène mesurées par CPG ou par IR, durant le temps d'attente après l'ouverture de la porte, à 60 cm ou plus devant la porte des stérilisateur n'ayant aucune hotte	35
Tableau 20: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA, au niveau de la canalisation dans la salle de mécanique, durant la période d'exposition	31	Tableau 32: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées dans la zone respiratoire lors du transfert du matériel à l'aérateur	36
Tableau 21: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR ou CPG autour de la porte des stérilisateur, durant la période d'exposition (stérilisateur avec ou sans hotte)	32	Tableau 33: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées au niveau du joint d'étanchéité de la porte de l'aérateur au début de l'aération	36
Tableau 22: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA autour de la porte des stérilisateur, durant la période d'exposition (stérilisateur avec ou sans hotte)	32	Tableau 34: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées devant l'aérateur, au niveau de la zone respiratoire des travailleurs au début de l'aération	37
Tableau 23: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CPG ou CA dans la zone respiratoire, devant la porte des stérilisateur, durant la période d'exposition	33	Tableau 35: Tableau synthèse des résultats d'hygiène industrielle	38
Tableau 24: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR au niveau du drain lors de l'évacuation des stérilisateur munis d'un séparateur gaz et eau	33	Tableau 36: Distribution régionale des centres hospitaliers et des populations exposées	57
Tableau 25: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR au niveau du drain lors de l'évacuation des stérilisateur n'ayant aucun séparateur gaz et eau	33		
Tableau 26: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR, lors de l'ouverture de la porte, à l'intérieur des stérilisateur programmés pour effectuer un post-vacuum ou un cycle de purge	34		
Tableau 27: Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA, lors de l'ouverture de la porte, à l'intérieur des stérilisateur programmés pour effectuer un post-vacuum ou un cycle de purge	34		

Liste des figures		Page
Figure 1: Cycle de stérilisation à l'Oxyfume 12 ^{md}		16
Figure 2: Cycle de stérilisation au Steri-Gaz ^{md}		16
Figure 3: Moyens de contrôle recommandés		42

1. Introduction

L'oxyde d'éthylène (OE) est principalement utilisé comme matière première dans l'industrie chimique pour la fabrication de différents produits industriels et commerciaux.

Une faible proportion de la production d'oxyde d'éthylène est utilisée comme stérilisant. C'est cependant cette utilisation qui entraîne l'exposition du plus grand nombre de travailleurs à des concentrations élevées contrairement à celles retrouvées dans l'industrie chimique (1).

Les centres hospitaliers et cliniques médicales ou dentaires qui utilisent des stérilisateurs à l'oxyde d'éthylène sont donc particulièrement concernés par le débat qui entoure présentement cette substance.

Jusqu'à récemment, les seuils d'exposition pour les travailleurs exposés à l'oxyde d'éthylène avaient été édictés à partir des connaissances reliées à des effets aigus ou chroniques non malins. Or, au cours des dernières années, plusieurs recherches effectuées laissent entrevoir un potentiel carcinogène pour cette substance. Ces données ont entraîné une série de recommandations de différents organismes ou pays en vue d'abaisser de façon drastique les normes existantes.

Le Québec ne peut demeurer indifférent au débat et négliger ce nouvel aspect de la toxicité de l'oxyde d'éthylène d'autant plus que, jusqu'à présent du moins, il applique de façon quasi intégrale les seuils américains qui ne manqueront pas d'être réévalués dans ce cas particulier.

Déjà, Santé et Bien-être Social Canada (2), l'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (3) qui réévalue le seuil d'exposition, le NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) (4) et d'autres ont émis des recommandations strictes quant à l'utilisation de l'oxyde d'éthylène. À ce jour, le seuil d'exposition québécois demeure cependant inchangé.

Dans ce contexte général, un groupe de travail impliquant l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail et l'Association pour la santé et la sécurité du travail, secteur affaires sociales, a entrepris une démarche qui vise essentiellement à mieux documenter les sources d'exposition à l'oxyde d'éthylène auxquelles peuvent être soumis les travailleurs hos-

pitaliers et à faciliter ainsi la prise en charge par le milieu telle que prévue par la Loi sur la santé et la sécurité du travail.

Cette démarche tente de répondre à un certain nombre de questions relatives:

- au nombre de centres hospitaliers impliqués;
- au nombre de travailleurs exposés;
- aux types de stérilisateurs utilisés;
- aux méthodes de travail des utilisateurs;
- aux méthodes de mesures environnementales à différentes concentrations;
- aux sources de contamination de l'air ambiant;
- au type d'exposition des travailleurs;
- à la nature des différents moyens d'élimination de ces sources d'exposition;
- au niveau résiduel d'oxyde d'éthylène dans l'air ambiant lorsque toutes les sources d'émission d'OE sont contrôlées.

Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire adressé à tous les centres hospitaliers et par une évaluation détaillée des sources d'exposition et des moyens de contrôle dans 14 centres hospitaliers.

Les données recueillies devraient permettre au milieu de se situer par rapport aux seuils d'exposition actuellement en vigueur, de comprendre l'importance de certaines recommandations et de prévoir l'impact éventuel d'un abaissement du seuil d'exposition. Elles devraient aussi indiquer aux différents centres hospitaliers, les moyens les plus efficaces pour abaisser le niveau d'exposition à partir d'une meilleure identification des sources de contamination. Cependant, l'étude ne vise pas à évaluer le niveau réel d'exposition sur une base de 8 heures, des travailleurs affectés à la stérilisation. De façon plus globale, elle devrait fournir à l'Association sectorielle les éléments de connaissance nécessaires à l'élaboration de toute politique d'information ou d'intervention sur le sujet.

Ce document présente d'abord un relevé succinct des principaux effets toxiques de l'oxyde d'éthylène, les principales discussions entourant actuellement les normes d'exposition et une description des procédés utilisant l'oxyde d'éthylène. Il décrit par la suite la méthodologie et les données recueillies à l'aide du questionnaire et de l'étude d'hygiène industrielle. Après une brève discussion des résultats, il conclut sur un certain nombre de recommandations.

2. Caractéristiques et utilisations de l'oxyde d'éthylène

L'oxyde d'éthylène (C₂H₄O) est un gaz à température et pression normales, soluble dans l'eau, de densité supérieure à celle de l'air, facilement liquéfiable à température ambiante.

Du fait de son point d'ébullition de 10,4°C, l'oxyde d'éthylène est un gaz à la température de la pièce. La réactivité chimique du noyau époxyde de ce gaz lui confère un caractère électrophile qui lui permet de réagir avec des groupes nucléophiles de molécules biologiques telles que les enzymes et les protéines, les rendant inaptés à effectuer leurs fonctions métaboliques. L'oxyde d'éthylène a donc une activité biocide sur tout organisme possédant de telles molécules, que ce soit des bactéries, des champignons ou des animaux.

Cette propriété de l'oxyde d'éthylène est mise à profit dans l'industrie pharmaceutique, alimentaire ou cosmétique pour la stérilisation du matériel d'emballage. L'oxyde d'éthylène est aussi utilisé comme agent de stérilisation pour tout matériel sensible à la chaleur et à l'humidité. Par conséquent, il est utilisé pour tous les articles qui ne peuvent être stérilisés à la vapeur. La norme ACNOR 2314.2M-1977 (12) précise à l'article 3.4 que: « . . . Quand un matériel se prête aussi bien à la stérilisation à la vapeur qu'à une stérilisation à l'oxyde d'éthylène, la stérilisation à la vapeur est de rigueur. »

L'utilisation de ce gaz comme agent de stérilisation représente des avantages certains puisque:

- son action chimique permet de tuer tous les micro-organismes, y compris les spores les plus résistantes;

- le matériel à stériliser peut être emballé et stérilisé dans un même emballage qui le gardera stérile jusqu'à l'utilisation;

- ce gaz n'altère aucun des matériaux suivants: caoutchouc, métal, verre, plastique, tissu, papier;
- il pénètre entièrement les articles de forme irrégulière assurant ainsi une stérilisation complète.

Parmi les autres utilisations stérilisantes de l'oxyde d'éthylène il faut aussi citer la fumigation d'avions, de bateaux, d'articles muséologiques et de fourrures.

L'oxyde d'éthylène est utilisé de façon très importante dans l'industrie chimique pour la synthèse d'éthylène glycol, de surfactants et aussi pour la préparation d'amidon pour l'industrie papetière et textile.

Toutefois la réactivité que lui confère son cycle époxyde donne lieu à certains inconvénients. En effet, les réactions chimiques de l'oxyde d'éthylène sont hautement exothermiques et potentiellement explosives lorsqu'il est chauffé ou mis en contact avec des hydroxydes de métaux alcalins ou des surfaces catalytiques hautement réactives.

La présence de bases, d'acides, de chlorures anhydres de fer, d'étain et d'aluminium peut agir comme catalyseur et induire la polymérisation de l'oxyde d'éthylène. En présence de tels catalyseurs, la polymérisation peut être si rapide qu'une explosion peut se produire.

Ainsi donc, la manutention, l'entreposage et l'utilisation de l'oxyde d'éthylène doivent faire l'objet de sérieuses précautions, car même si l'oxyde d'éthylène sous forme liquide est relativement stable, des concentrations de vapeurs de 3 à 100% sont hautement inflammables et peuvent exploser lorsqu'exposées à la chaleur ou à une flamme nue.

3. Effets sur la santé

Les effets aigus et chroniques de l'oxyde d'éthylène ont fait récemment l'objet de plusieurs documents scientifiques synthèses: un bilan par Berthelette et Abenhaim (5), une revue de la littérature par Gennart et al. (6), un état de la question par Holliday et al. (7) et un bulletin spécial par le NIOSH (4).

Le but du présent document n'est pas de démontrer les effets toxiques de l'oxyde d'éthylène, mais bien de mesurer l'impact des découvertes récentes sur l'utilisation de ce produit. Seul un bref résumé de ces effets est donc présenté, laissant ainsi au lecteur intéressé le soin de consulter les documents synthèses cités.

Les cas d'intoxication argués à l'oxyde d'éthylène signalés dans la littérature sont rares. On sait néanmoins qu'une exposition de quelques minutes à des concentrations égales ou supérieures à 500 ppm en oxyde d'éthylène atteint les poumons et, à un moindre degré, le système nerveux. Avec des soins médicaux appropriés, ces lésions deviennent réversibles en quelques jours. Un contact avec l'oxyde d'éthylène peut par ailleurs provoquer des brûlures de la peau ou une irritation des yeux. Ces lésions sont également réversibles.

Le dossier de la toxicité chronique de l'oxyde d'éthylène révèle des propriétés qui incitent à la prudence: il signale des cas de sensibilisation, des effets sur les cellules du sang, des atteintes aux chromosomes, etc. Quelques auteurs d'études épidémiologiques ont observé que le nombre de décès par leucémie semblait plus élevé chez les travailleurs exposés à des mélanges de contaminants dont certains renfermaient de l'oxyde d'éthylène. Des expériences chez l'animal ont attribué, dans certains cas, des propriétés cancérogènes à l'oxyde d'éthylène.

L'ensemble de ces observations porte à considérer l'oxyde d'éthylène comme un cancérogène potentiel chez l'humain.

Comme les relations dose-effet dans le cas d'exposition à des substances cancérogènes ne sont pas évidentes, les différents organismes ayant un rôle à jouer au niveau de la réglementation ont tendance à minimiser l'usage de ces produits et à contrôler de très près leur utilisation. En termes concrets, ceci se traduit par un abaissement marqué des seuils d'exposition.

4. Seuils d'exposition

Avant la mise en évidence de son potentiel cancérigène et mutagène, la toxicité de l'oxyde d'éthylène était considérée seulement en fonction de ses effets aigus et chroniques non malins sur la santé.

Les seuils d'expositions en vigueur dans le passé et encore aujourd'hui reflètent l'état des connaissances de l'époque. Des révisions récentes des seuils d'expositions considérés comme étant sécuritaires (notamment, les révisions de l'OSHA (3)) tentent de formuler des critères d'expositions qui tiendraient compte des connaissances actuelles sur la toxicité de l'oxyde d'éthylène.

4.1 États-Unis

4.1.1 American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

Cet organisme est un regroupement d'hygiénistes industriels des milieux gouvernementaux et de l'éducation. L'organisme est voué au développement des aspects administratifs et techniques de la protection de la santé des travailleurs. Il ne s'agit pas d'un organisme gouvernemental.

Avant 1979, l'ACGIH recommandait de limiter l'exposition des travailleurs exposés à l'oxyde d'éthylène à 50 ppm comme seuil moyen pondéré. En 1979, il proposait de réduire ce seuil à 10 ppm. En 1981, cette proposition fut adoptée et le seuil moyen pondéré a été réduit à 10 ppm. À la même époque, l'ACGIH a recommandé de l'abaisser de nouveau, à 5 ppm, compte tenu des dernières études toxicologiques. Aujourd'hui, l'ACGIH considère la substance comme un cancérigène potentiel, et par conséquent, recommande de limiter l'exposition à 1 ppm (8).

4.1.2 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) et Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

Le NIOSH est un organisme gouvernemental américain ayant comme mandat la recherche appliquée dans le domaine de la santé et de la sécurité du travail.

L'OSHA est une agence gouvernementale américaine responsable de l'administration et de la législation en matière de santé et de sécurité. L'OSHA a le pouvoir de légaliser les seuils recommandés par le NIOSH.

En 1977, le NIOSH (1) a recommandé que l'exposition professionnelle à l'oxyde d'éthylène durant une journée de travail soit limitée à 50 ppm comme seuil moyen pondéré pour 8 heures et que l'exposition de courte durée soit limitée à 75 ppm comme seuil moyen pondéré pour 15 minutes (l'OSHA a adopté cette recommandation en 1979). En 1981, le NIOSH a recommandé que l'oxyde d'éthylène soit considéré comme un cancérigène professionnel et que le seuil de 50 ppm soit révisé (4). L'OSHA a émis en avril 1983 une proposition pour réduire de 50 fois le seuil existant (50 ppm) afin de minimiser un risque élevé d'ap-

parition de cancer et de prévenir des effets néfastes lors de la reproduction. Suite à cette proposition, l'OSHA a procédé en juillet 1983 à des audiences publiques afin de fixer un nouveau seuil. Les présentations des différents groupes impliqués se résument ainsi:

- Industrie: des représentants de divers utilisateurs d'oxyde d'éthylène appuient les efforts de l'OSHA dans la réduction du seuil; ils considèrent généralement que le seuil proposé de 1 ppm est amplement suffisant pour la protection de la santé et même possiblement trop sévère comme critère;
- Hôpitaux: des représentants du milieu hospitalier considèrent en général que l'atteinte du seuil de 1 ppm imposerait des contraintes économiques importantes aux utilisateurs. Plusieurs représentations insistent sur le fait que des difficultés technologiques et surtout monétaires rendraient le seuil de 1 ppm difficile à atteindre;
- Associations de travailleurs: plusieurs associations considèrent que le seuil de 1 ppm est encore trop élevé pour protéger adéquatement la santé des travailleurs. Des propositions pour fixer un seuil à ne jamais dépasser de 1 ppm et un seuil moyen pondéré pour 8 heures de 0,1 ou 0,05 ppm ont été émises par diverses associations, basées sur les études que l'OSHA a utilisées pour fixer le seuil à 1 ppm;
- Hygiénistes industriels: certains hygiénistes du milieu industriel considèrent que le seuil de 1 ppm est inadéquat en matière de protection de la santé. De plus, ils recommandent que l'OSHA propose un seuil à ne jamais dépasser, afin de respecter le profil des expositions élevées de courte durée lors de l'utilisation des stérilisateurs. Ils demandent également que l'OSHA spécifie des méthodes d'échantillonnage et d'analyse en même temps que le seuil moyen pondéré.

On attend toujours une décision de l'OSHA suite à ces audiences. Il est à noter que cette décision ne devra pas être considérée comme étant la position finale de l'OSHA sur ce sujet.

4.2 Canada

En 1982, le Conseil canadien de la sécurité dans son avis «Signal de danger V-1501-22» (9) recommande de considérer l'oxyde d'éthylène comme un produit potentiellement cancérigène. Le Conseil recommande aux utilisateurs du gaz d'évaluer volontairement les conditions d'exposition de leurs travailleurs à l'oxyde d'éthylène et de réduire l'exposition afin de ne pas dépasser le seuil moyen pondéré de 5 ppm.

L'Ontario a proposé en 1981 de fixer le seuil moyen pondéré à 10 ppm (10). Au Québec, le seuil d'exposition en vigueur actuellement est de 50 ppm comme seuil moyen pondéré pour 8 heures et 95 ppm comme seuil moyen pondéré durant 15 minutes (11). Il est à noter qu'il n'y a aucune logique pour expliquer le 95 ppm, sinon une erreur de typographie. On devrait plutôt lire une valeur de 75 ppm telle que celle en vigueur aux États-Unis.

5. Description des procédés de stérilisation à l'oxyde d'éthylène utilisés en milieu hospitalier

Après une brève explication des concentrations d'oxyde d'éthylène utilisées en stérilisation, ce chapitre présente la description des deux procédés de stérilisation disponibles, décrit les sources de contamination et explique les différents moyens de contrôle offerts par les fabricants.

5.1 Formes commerciales utilisées

Dans les établissements de santé du Québec, l'oxyde d'éthylène est utilisé sous 3 formes commerciales:

a) Oxyfume 12^{md}

Il s'agit d'un mélange d'oxyde d'éthylène et de Fréon 12^{md} en concentration 12/88, c'est-à-dire 12% d'oxyde d'éthylène et 88% de Fréon 12^{md}. Ce mélange a l'avantage d'être ininflammable et non explosif. Il est à noter que le Fréon 12^{md} est un asphyxiant simple et que sa toxicité est négligeable en comparaison à celle de l'oxyde d'éthylène.

À l'heure actuelle, c'est le mélange le plus utilisé en stérilisation.

b) Steri-Gaz^{md}

Il s'agit d'oxyde d'éthylène à 100% qui présente le désavantage d'être explosif et inflammable.

c) Anprolene^{md}

C'est un mélange d'oxyde d'éthylène et de gaz inerte en concentration de 84%/16% ou de 97%/3%. Ces deux mélanges présentent les mêmes désavantages que l'oxyde d'éthylène à 100%, ils sont explosifs et inflammables.

5.2 Procédé de stérilisation lors de l'utilisation de l'Oxyfume 12^{md} ou du Steri-gaz^{md}

Ce procédé de stérilisation à l'oxyde d'éthylène exige une exposition à une concentration précise pour une période de temps déterminée, ainsi qu'à une température, une pression et un degré d'humidité précis. Si un seul de ces paramètres est modifié, les autres doivent l'être aussi.

De façon générale, ces paramètres sont préprogrammés par les fabricants ou les distributeurs des stérilisateur. Les figures 1 et 2 illustrent les cycles d'exposition lors de l'utilisation de l'Oxyfume 12^{md} ou du Steri-Gaz^{md}.

5.2.1 Procédé

a) Préparation du matériel

Le matériel souillé doit d'abord être lavé à l'eau et au savon, très bien rincé à l'eau distillée et séché avant la stérilisation. Si nécessaire, les articles seront emballés dans un matériel conforme à la norme AC-

NOR 2314.2-M1977 (12), puis placés à l'intérieur du stérilisateur.

b) Cycle de stérilisation

Une fois la porte du stérilisateur bien fermée, le cycle de stérilisation débute par une période de réchauffement de la chambre de stérilisation jusqu'à une température se situant entre 29 et 63°C (85 et 145°F).

Lorsque la température désirée est atteinte, une pompe crée un vide partiel à l'intérieur de la chambre, prévenant ainsi la dilution du gaz par l'air. De plus, le danger d'ignition lors de l'utilisation de Steri-gaz^{md} est ainsi réduit.

Par la suite, il y a injection de vapeur d'eau dans la chambre, de façon à obtenir un degré d'humidité situé entre 30 et 60%. Cette opération est habituellement suivie d'une courte période d'attente afin de permettre l'humidification de tous les articles à stériliser. Cette étape est très importante puisque les micro-organismes ainsi humidifiés sont plus vulnérables à l'action de l'oxyde d'éthylène.

Finalement, l'oxyde d'éthylène est introduit sous pression dans la chambre de stérilisation. La pression adéquate pour une stérilisation se situe entre 5 et 30 psig*, la concentration de gaz étant proportionnelle à la pression de ce gaz dans la chambre de stérilisation. Il est à noter que les stérilisateur nécessitant l'utilisation du Steri-Gaz^{md} fonctionnent à pression négative.

L'introduction de l'oxyde d'éthylène dans le stérilisateur débute la période d'exposition au gaz stérilisant. La durée de cette période dépend des autres facteurs identifiés auparavant: la température, le degré d'humidité, la pression, le mélange de gaz utilisé et le matériel à stériliser. Cette période d'exposition dure normalement entre 2 et 6 heures.

Après un temps d'exposition suffisant, le gaz est évacué de la chambre par un des trois moyens suivants, selon la marque et l'année de fabrication du stérilisateur:

- pompe à vide scellée à l'eau;
- pompe à vide scellée à l'huile;
- éjecteur à air comprimé.

md: Marque déposée

— Oxyfume 12 est une marque déposée de la compagnie Union Carbide.

— Steri-Gaz est une marque déposée de la compagnie 3M Canada

— Anprolene est une marque déposée de la compagnie CR. Bard Inc.

— Fréon 12 est une marque déposée de la compagnie Dupont.

* 5 et 30 psig = 35 et 207 kPa

Figure 1
Cycle de stérilisation à l'Oxyfume 12^{md}

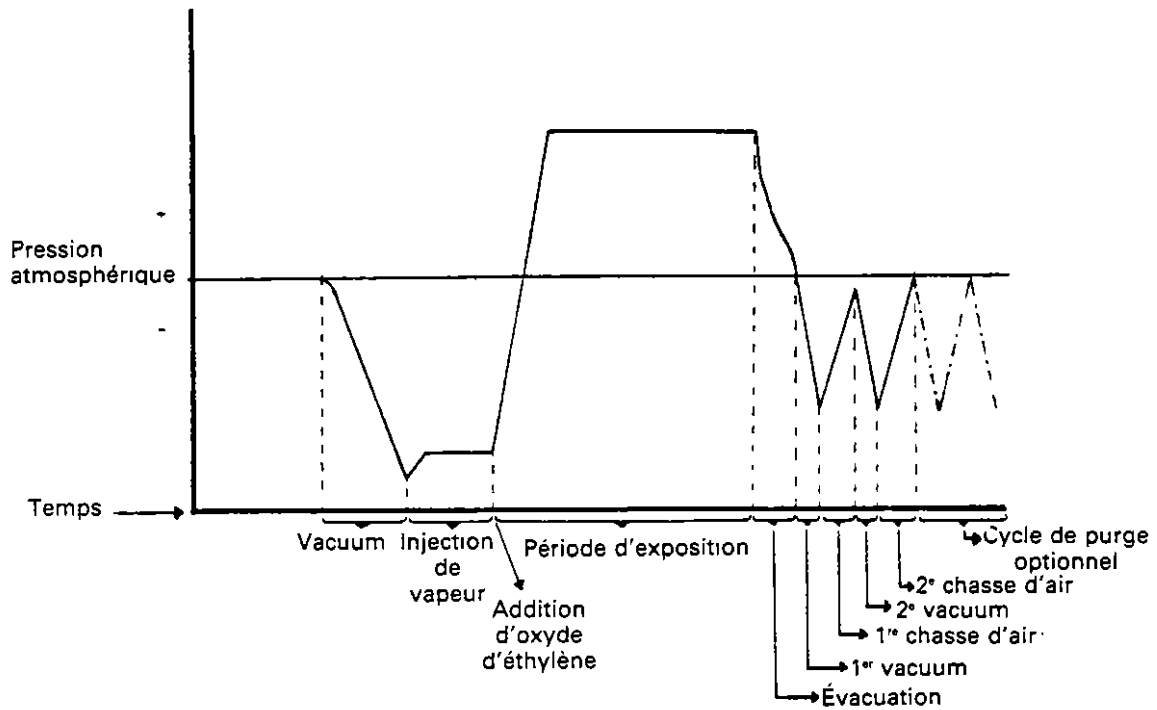
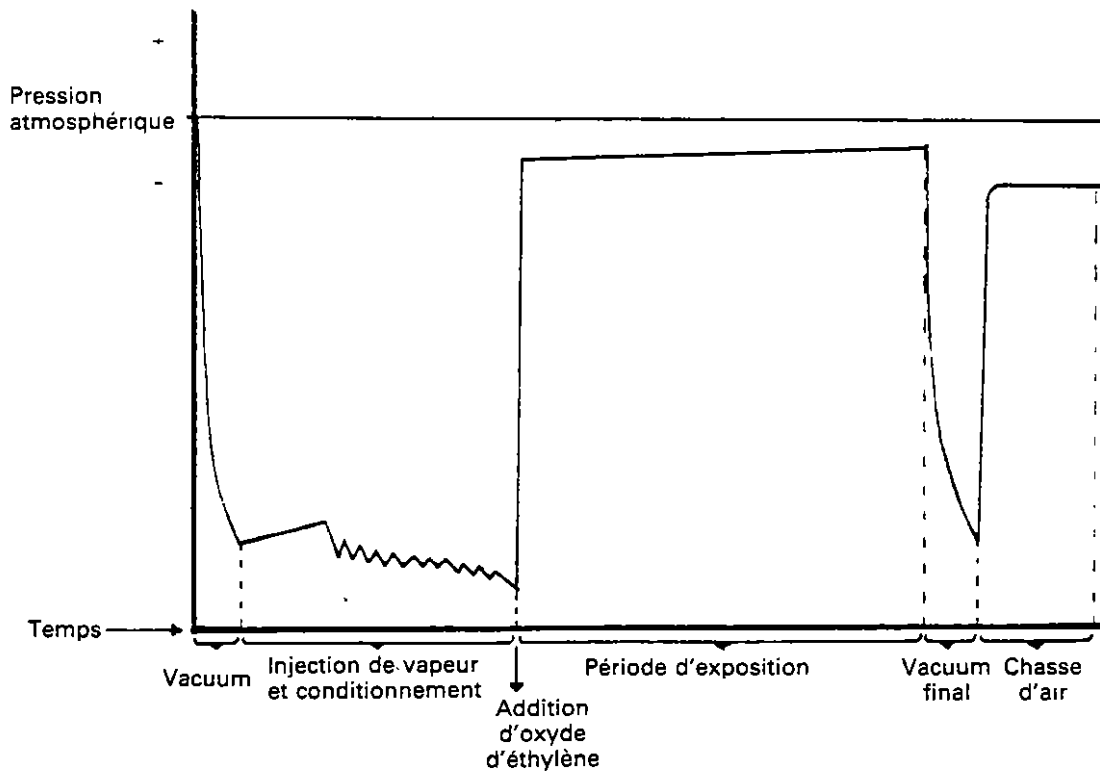


Figure 2
Cycle de stérilisation au Steri-gaz^{md}



Le cycle de stérilisation est à ce moment terminé et dès que la pression atmosphérique est rétablie à l'intérieur de la chambre, la porte du stérilisateur peut être ouverte.

c) Aération

Une fois la stérilisation terminée, le matériel stérilisé à l'oxyde d'éthylène doit être aéré de façon à permettre la libération des résidus de gaz absorbés par le matériel.

Généralement, l'aération se fait dans des appareils conçus à cette fin, appelés aérateurs. Ces appareils consistent en un cabinet fermé, à l'intérieur duquel circule de l'air chauffé à une température minimale de 49°C (120°F). Le matériel fraîchement stérilisé est placé dans l'aérateur et laissé pour une période d'aération variant entre 6 et 48 heures selon le matériel et la température maintenue dans l'aérateur.

5.2.2 Sources d'émission d'oxyde d'éthylène lors de la stérilisation

Dans un premier temps, il est intéressant de noter que certains auteurs (13) signalent que l'oxyde d'éthylène contenu dans la chambre de stérilisation se libère à la fin du cycle de la façon suivante:

- 95% de l'oxyde d'éthylène est évacué par la pompe à vide lors du dernier vacuum;
- 5% demeure dans la chambre de stérilisation. Une partie de ce 5% est absorbée par le matériel stérilisé, le reste se libère à l'ouverture de la porte à la fin du cycle.

Ce 5% de gaz résiduel constitue la principale source d'exposition pour les travailleurs lors de l'ouverture de la porte.

Les sources d'émission d'oxyde d'éthylène peuvent se présenter de trois façons et ce, chronologiquement:

a) Avant la stérilisation:

- au niveau de la valve du cylindre ou des canalisations entre le cylindre et le stérilisateur, à cause des fuites possibles;

b) Pendant la stérilisation:

- les canalisations d'oxyde d'éthylène entre les cylindres et le stérilisateur, à cause des fuites possibles;
- le joint d'étanchéité de la porte du stérilisateur, à cause de fuites possibles;
- la sortie du tuyau d'évacuation de la pompe par où s'effectue la vidange de l'oxyde d'éthylène à la fin du cycle de stérilisation;
- la soupape d'urgence en cas de surpression dans la chambre de stérilisation.

c) Après la stérilisation:

- l'ouverture de la porte du stérilisateur, à cause des résidus d'oxyde d'éthylène présents à l'intérieur de la chambre de stérilisation;
- le matériel fraîchement stérilisé, à cause des résidus d'oxyde d'éthylène absorbés par les paquets;

- le joint d'étanchéité de la porte de l'aérateur, à cause des fuites possibles;
- la bouche d'évacuation de l'aérateur, si elle n'est pas reliée au système d'évacuation de l'établissement;
- les canalisations d'oxyde d'éthylène qui au moment du changement des cylindres, libèrent des résidus d'oxyde d'éthylène sous pression;
- le filtre localisé sur la canalisation d'oxyde d'éthylène qui, au moment de son changement, libère des résidus de gaz.

5.2.3 Moyens de contrôle disponibles chez les fabricants de stérilisateurs

Les fabricants offrent six différents types de moyens de contrôle applicables à trois sources d'émissions:

a) Exposition en pression négative

Certains modèles récents de stérilisateurs utilisant de l'oxyde d'éthylène à 100% effectuent le cycle d'exposition en pression négative* prévenant ainsi les fuites au niveau du joint d'étanchéité de la porte du stérilisateur. Un mécanisme de sécurité fait avorter le cycle d'exposition si la pression à l'intérieur du stérilisateur dépasse 0,92 Bars**. Toutefois seule la compagnie 3M offre cette option.

b) Cycle de purge

Il s'agit d'une modification du procédé de stérilisation qui permet d'ajouter des vacuums successifs à la fin du cycle de stérilisation pendant une période de plus ou moins 30 minutes. Ces vacuums permettent une période d'aération avant l'ouverture du stérilisateur. Ce moyen de contrôle diminue les concentrations résiduelles dans le stérilisateur, permettant ainsi de réduire la contamination lors de l'ouverture de la porte.

c) Post-vacuum

Il s'agit d'une modification du procédé de stérilisation qui permet d'ajouter un deuxième vacuum au vacuum initial d'évacuation à la fin de la stérilisation. Ce deuxième vacuum est suivi d'une période d'aération effectuée par le maintien d'une pression négative à -2 psi*** avec balayage d'air pendant 20 minutes. Ce moyen de contrôle diminue la contamination lors de l'ouverture de la porte, par la réduction des concentrations résiduelles d'oxyde d'éthylène dans le stérilisateur et ce, de la même manière que le cycle de purge.

d) Ventilation locale

Une hotte d'aspiration fixée juste au-dessus de la porte du stérilisateur permet le contrôle des fuites au niveau de la porte durant la stérilisation et l'aspiration des résidus d'oxyde d'éthylène de la chambre au moment de l'ouverture de la porte du stérilisateur. Cette hotte doit être reliée à un ventilateur qui achève l'air directement à l'extérieur de l'établissement.

* 3M modèle 400C

** 0,92 Bars = 92 kPa

*** -2 psi = -14 kPa

e) Séparateur gaz et eau

Dans le cas où l'évacuation du gaz se fait au moyen d'une pompe à vide scellée à l'eau, le gaz est entraîné avec l'eau en passant dans la pompe, l'eau étant évacuée dans un drain relié au système d'égout. Comme ce drain est ouvert et que seulement une petite partie du gaz est captée par l'eau, la quasi totalité de l'oxyde d'éthylène évacué est libérée dans l'air ambiant. En effet, certains auteurs (13) signalent que du 95% d'oxyde d'éthylène libéré lors du cycle d'évacuation seulement 10% est capté par l'eau, donc 85% est libéré dans l'air ambiant derrière le stérilisateur.

Pour contrôler cette source d'émission, les fabricants offrent un «séparateur gaz et eau» qui s'installe sur la canalisation de sortie de la pompe à vide. L'eau est évacuée dans le drain alors que l'oxyde d'éthylène résiduel est évacué à l'extérieur de l'établissement au moyen d'un évent ou d'un ventilateur.

f) Valve d'arrêt

Ce moyen de contrôle est en fait une valve automatique ou manuelle qui s'installe sur la canalisation d'oxyde d'éthylène et ce, le plus près possible du cylindre. Cette valve empêche la canalisation pressurisée de se vider lors du changement des cylindres.

5.3 Procédé de stérilisation lors de l'utilisation de l'Anprolene^{md}

Le procédé de stérilisation à l'Anprolene^{md} ne nécessite pas les mêmes conditions de température et de pression que celles décrites à la section précédente. Ce procédé de stérilisation est effectué à température et à pression ambiantes. Seule l'humidité doit être contrôlée de manière à assurer l'action stérilisante de l'oxyde d'éthylène.

La stérilisation à l'Anprolene^{md} s'effectue dans un contenant cylindrique ou rectangulaire en métal, muni d'un couvercle.

5.3.1 Procédé

a) Préparation du matériel

Le matériel souillé doit d'abord être lavé à l'eau et au savon, très bien rincé à l'eau distillée puis séché avant la stérilisation. Si la nature du matériel ne permet pas un lavage à l'eau, il est indispensable d'humidifier le matériel en le plaçant pendant une heure dans une enceinte close dont l'atmosphère est saturée d'eau.

b) Stérilisation

Avant de procéder à une stérilisation à l'Anprolene^{md}, il faut s'assurer que l'humidité relative ambiante soit d'au moins 30%.

Le matériel préalablement préparé et enveloppé est placé dans un grand sac semi-perméable à l'oxyde d'éthylène. À l'intérieur de ce sac est insérée l'ampoule d'Anprolene^{md}, laquelle est déjà placée dans un petit sac perméable à l'oxyde d'éthylène. L'air du sac semi-perméable est chassé et ce dernier est fermé à l'aide du lien fourni à cet effet ou à l'aide d'une presse chauffante. Une fois le sac fermé, l'ampoule est brisée à travers le sac semi-perméable. Le gaz se répand rapidement dans le petit sac contenant l'ampoule et diffuse dans le sac semi-perméable. Le tout est alors inséré dans le contenant métallique qui

demeure fermé pour 24 heures. Certains établissements n'utilisent que le sac semi-perméable sans se servir du contenant de métal.

Après la période de stérilisation, le sac semi-perméable est ouvert et le matériel stérilisé en est retiré. Ce matériel doit alors être aéré pendant un minimum de 24 heures. Cette aération s'effectue normalement à l'air libre, les établissements utilisant ce genre de stérilisation ne possédant pas d'aérateur.

5.3.2 Sources d'émission d'oxyde d'éthylène lors de la stérilisation

a) Pendant la stérilisation:

- si l'ampoule est brisée à l'extérieur du sac semi-perméable, il y a risque de contamination puisque le petit sac contenant l'ampoule est très perméable à l'oxyde d'éthylène;
- pendant l'exposition à l'oxyde d'éthylène, puisque le sac semi-perméable permet la diffusion du gaz et que le contenant métallique n'est pas étanche et souvent même inutilisé;

b) Après la stérilisation:

- à l'ouverture du sac, à cause des résidus d'oxyde d'éthylène présents à l'intérieur du sac;
- pendant le temps d'aération du matériel fraîchement stérilisé, à cause des résidus d'oxyde d'éthylène absorbés dans les paquets;

5.3.3 Moyens de contrôle disponibles chez le fabricant de stérilisateurs à l'Anprolene^{md}.

Le fabricant de ces stérilisateurs n'offre aucun moyen de contrôle pour réduire la contamination possible lors de leur utilisation. Un moyen efficace pour contrôler la contamination par ces stérilisateurs est de placer ces derniers sous une hotte de ventilation similaire à celles utilisées en laboratoire. L'aération du matériel devrait aussi être effectuée à l'intérieur de cette hotte.

6. Cartographie des travailleurs exposés

6.1 Cueillette des données

Les données nécessaires à l'élaboration de la cartographie pour le milieu hospitalier ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire (annexe I) envoyé dans les établissements de santé susceptibles d'utiliser la stérilisation à l'oxyde d'éthylène, soit les centres hospitaliers de courte durée et les centres hospitaliers psychiatriques.

Le questionnaire visait à recueillir les données relatives:

- au nombre et aux modèles de stérilisateurs utilisés;
- aux fabricants de stérilisateurs;
- aux sources d'approvisionnement d'oxyde d'éthylène;
- à la consommation annuelle d'oxyde d'éthylène;
- à l'existence d'un programme préventif et de surveillance environnementale;
- à l'installation et la localisation des stérilisateurs;
- au nombre des travailleurs exposés;
- aux habitudes de travail;
- à la perception des travailleurs concernant les risques reliés à l'oxyde d'éthylène;
- à l'information disponible;
- aux problèmes de santé déjà rapportés.

Ce questionnaire a été adressé aux responsables du service de stérilisation de chaque établissement. La lettre d'accompagnement demandait de faire parvenir copie du questionnaire aux autres services concernés, s'il y avait lieu (bloc opératoire, clinique externe, inhalothérapie, etc.). Un total de 182 questionnaires ont été expédiés.

6.2 Validation des données du questionnaire

Les réponses au questionnaire ont été validées par des entrevues effectuées auprès du responsable de service, du représentant des travailleurs et du responsable des installations matérielles de chacun des 14 centres hospitaliers.

Les résultats des entrevues corroborent les données recueillies à l'aide des questionnaires.

6.3 Critères de sélection des réponses

Le questionnaire comportait 17 questions. Trois d'entre elles ont été rejetées pour les raisons suivantes:

- la question 12 portant sur le nombre d'heures de fonctionnement des stérilisateurs n'est pas reprise dans la cartographie puisqu'elle figurait au questionnaire uniquement pour valider la réponse à la question concernant la consommation annuelle d'oxyde d'éthylène;
- la question 16 portant sur l'information disponible sur les risques associés à l'oxyde d'éthylène, a permis de valider la question précédente, soit celle portant sur la reconnaissance des risques reliés à l'exposition à l'oxyde d'éthylène;
- la question 17 portant sur les problèmes de santé rapportés par les travailleurs et pouvant être reliés à l'exposition à l'oxyde d'éthylène, est apparue trop subjective pour être utilisée.

Les réponses aux questions 3 et 4 nous ont permis d'identifier les fournisseurs de stérilisateurs et d'oxyde d'éthylène. Nous les avons rencontrés afin d'obtenir des données techniques sur la stérilisation à l'oxyde d'éthylène et sur les utilisateurs. L'annexe IV présente les adresses des quatre fabricants de stérilisateurs utilisés au Québec.

6.4 Compilation des réponses

Nous avons reçu 140 des 182 questionnaires expédiés. Neuf d'entre eux seulement provenaient de services autres que celui de la stérilisation. Des visites effectuées dans certains établissements nous ont permis de constater que le questionnaire n'avait pas toujours été transmis tel que demandé.

Il a aussi été constaté au cours de l'étude que trois catégories d'établissements qui n'avaient pas reçu le questionnaire étaient susceptibles d'utiliser la stérilisation à l'oxyde d'éthylène. Ce sont les centres hospitaliers de soins prolongés, les cliniques médicales et les cliniques dentaires. Les données de la cartographie ne peuvent donc être considérées comme complètes, car elles reflètent uniquement la situation des centres hospitaliers de courte durée et des centres hospitaliers psychiatriques.

Des 140 établissements qui ont répondu, 85 utilisent de l'oxyde d'éthylène et 55 utilisent d'autres procédés de stérilisation, soit à la chaleur et à la vapeur.

6.4.1 Population exposée

Dans ces 85 établissements, 1 004 employés sont affectés à deux aspects du procédé de stérilisation tel que démontré au tableau 1.

Tableau 1

Employés affectés au procédé de stérilisation	
Employés	Nombre
affectés au service de stérilisation	785
affectés au changement des cylindres	219
	Total 1 004

6.4.2 Procédé

Les stérilisateurs à l'oxyde d'éthylène proviennent de quatre fabricants et sont répartis dans 85 établissements tel que présenté au tableau 2.

Tableau 2

Modèles de stérilisateurs	
Stérilisateur	Nombre utilisé
Amsco	57
Castle	33
3 M	10
Bard	14
	114

Ces 114 stérilisateurs sont répartis dans 89 services de stérilisation différents, répartis dans les 85 centres hospitaliers

E-009

IRSST Études

La consommation moyenne annuelle d'oxyde d'éthylène pour les différents procédés a été évaluée et est présentée au tableau 3.

Tableau 3

Consommation d'oxyde d'éthylène		
Forme commerciale d'oxyde d'éthylène utilisé	Contenant	Consommation moyenne annuelle des 85 services de stérilisation
Oxyfume 12 ^{me} : OE: 12% Fréon 12 ^{me} : 88%	Cylindres (135 lbs)	28 cylindres/ stérilisateur
Steri-Gaz ^{me} : OE: 100%	Cartouches (67 ou 134 g)	371 cartouches/ stérilisateur
Anprolene ^{me} : OE: 84 ou 97%	Ampoules	116 ampoules/ stérilisateur
Gaz inerte: 16 ou 3%		

6.4.3 Aménagement

Les données relatives à l'aménagement des salles de stérilisation et de ventilation mécanique sont respectivement présentées aux tableaux 4 et 5.

Tableau 4

Emplacement des stérilisateurs	
Établissements	Nombre
ayant des stérilisateurs installés dans le service de stérilisation	81
ayant des stérilisateurs installés dans une pièce fermée	8
	Total 89

Tableau 5

Ventilation mécanique	
Service de stérilisation	Nombre
système de ventilation mécanique	65
ventilation mécanique inexistante	24
	Total 89

6.4.4 Habitudes de travail

Les réponses aux questions reliées aux habitudes de travail et à la sensibilisation à la toxicité de l'oxyde d'éthylène sont présentées aux tableaux 6 à 10.

Tableau 6

Temps d'attente après la stérilisation	
Respect d'un temps d'attente à l'ouverture de la porte, avant le transfert à l'aérateur, des objets stérilisés	Nombre
Toujours	65
Souvent	13
Parfois	1
Jamais	10
	Total 89

Tableau 7

Programme d'entretien préventif	
Programme d'entretien préventif effectif	Nombre
Oui	49
Non	37
Ne s'applique pas (stérilisation à l'Anprolene ^{me})	3
	Total 89

Tableau 8

Programme de surveillance environnementale	
Programme de surveillance environnementale	Nombre
Oui	10
Non	76
Programme de détection des fuites	3
	Total 89

Tableau 9

Oxyde d'éthylène comme risque	
Les travailleurs considèrent-ils l'oxyde d'éthylène comme produit à risque	Nombre
Oui	43
Non	46
	Total 89

Tableau 10

Odeur d'oxyde d'éthylène	
Odeur d'oxyde d'éthylène détectée*	Nombre
Oui	34
Non	55
	Total 89

* Le seuil olfactif moyen se situe autour de 700 ppm.

7. Étude d'hygiène industrielle en milieu hospitalier

Il est important de préciser qu'il s'agit d'une étude de caractérisation de procédés et non pas d'une étude de l'exposition des travailleurs à l'oxyde d'éthylène.

L'étude a permis de détecter les sources d'émission d'oxyde d'éthylène (fuites et autres), d'en évaluer l'importance et de comparer des moyens de contrôle quant au procédé, à l'installation et aux habitudes de travail.

7.1 Critères de sélection des centres hospitaliers

Parmi les 85 centres hospitaliers qui utilisent l'oxyde d'éthylène, 14 ont été retenus pour les fins de l'étude comparative. Cinq critères de sélection ont été utilisés pour le choix de ces centres hospitaliers. Ces critères, élaborés à partir des réponses au questionnaire et des renseignements relatifs aux moyens de contrôles fournis par les fabricants des stérilisateurs, sont présentés ci-dessous.

a) Moyens de contrôle utilisés

- cycle de purge;
- post-vacuum;
- ventilation locale;
- séparateur gaz et eau;
- valve d'arrêt.

Les centres hospitaliers ont été choisis de manière à permettre une comparaison de l'efficacité de chacun des moyens de contrôle. Seul l'emploi de la valve

d'arrêt n'a pas été évalué puisque son utilité est évidente.

b) Marque, modèle et année de fabrication du stérilisateur

Les moyens de contrôle diffèrent d'un fabricant à l'autre et en comparant plusieurs modèles de chaque compagnie, les avantages relatifs peuvent être évalués. De plus, les modifications apportées par les fabricants d'une année à l'autre dans la conception et la production d'un stérilisateur, exigent une comparaison. Le choix des centres hospitaliers reflète la variabilité entre les marques et entre les modèles d'une même marque.

c) Nombre de personnes potentiellement exposées

La connaissance du nombre de personnes potentiellement exposées a permis de sélectionner des établissements de tailles différentes afin de tenir compte des différences possibles au niveau des méthodes et des habitudes de travail.

d) Demande de l'établissement

Les établissements qui en avaient déjà exprimé le désir ont été inclus dans l'étude d'hygiène industrielle.

e) Situation géographique de l'établissement

Le choix des centres hospitaliers a été fait de manière à représenter la dispersion des établissements dans les diverses régions du Québec.

Le tableau 11 présente les critères de sélection retenus pour le choix des centres hospitaliers.

Tableau 11

Liste des critères retenus pour le choix des quatorze centres hospitaliers											
Centre hospitalier	Cycle de purge	Post-vacuum	Ventilation locale	Séparateur	Valve d'arrêt	Marque du stérilisateur	Modèle	Année	Nombre de personnes	Demande de l'établissement	Région
A		X			X	Amsco Cryotherm	N65G	1972	45	X	06A
		X	X	X	X	Amsco Eagle	2045	1981			
B					X	Castle	3045	1975	16	X	06B
C	X		X			Castle Sentry	400	1970	14		06B
	X		X	X	X	Amsco Eagle	2025	1981	8	X	06C
D	X		X	X	X	Amsco Eagle	2025	1981			
E	X		X		X	Castle	3045	1974	11		06A
	X			X	X	Castle	3145	1983	2		06B
F					N/A	Bard					
G	X				N/A	3M Sterivac	202B	1982	2		06B
					N/A	3M Sterivac	200AA	1975	5		03
H	X		X		N/A	3M Sterivac	400	1979			
						Amsco Cryotherm		1971	10		03
I						Castle Sentry	400	1971			
J		X				Amsco Cryotherm		1981	7	X	09
						Castle Steroxo.	1630B	1958	20		03
K						Castle Steroxo.	2020	1963			
L			X		X	Amsco Cryotherm	656	1968	10	X	08
	X				X	Castle Steroxo.		1972	38	X	06
M		X	X	X	X	Amsco Eagle	2055	1983			
N					N/A	Bard			2	X	04
Totaux	8	4	8	5	10	21 stérilisateurs	N/A	N/A	190	7	N/A

N/A: Non applicable.

Note. Les régions géographiques sont présentées à l'annexe V.

7.2 Éléments retenus pour l'étude d'hygiène industrielle

L'étude d'hygiène a porté sur l'évaluation de 19 éléments. Les tableaux 12, 13 et 14 présentent ces

éléments selon leur appartenance à chacun des trois groupes suivants: le procédé, les installations et les habitudes de travail. Ces tableaux précisent également les raisons justifiant le choix de ces éléments et les moyens utilisés pour les évaluer.

Tableau 12

Éléments retenus dans l'évaluation du procédé		
Élément	Justification	Moyen d'évaluation utilisé
Séparateur gaz et eau	Un séparateur gaz et eau devrait avoir pour effet la réduction des concentrations d'oxyde d'éthylène libéré dans l'air de la salle de mécanique	Analyse des concentrations de gaz au niveau du drain durant le cycle d'évacuation
Cycle de purge: système de vacuums répétitifs ou lavages d'air à la fin du cycle	Cette option devrait avoir pour effet de diminuer les concentrations résiduelles d'oxyde d'éthylène absorbé par les objets qui ont été stérilisés, ainsi que la concentration d'oxyde d'éthylène présent dans la chambre du stérilisateur à l'ouverture de la porte	Analyse des concentrations de gaz à l'intérieur du stérilisateur immédiatement après l'ouverture de la porte
Hotte d'aspiration au-dessus de la porte: installation par le fabricant ou par le centre hospitalier	Une hotte devrait avoir pour effet l'élimination de l'oxyde d'éthylène s'échappant lors de l'ouverture de la porte du stérilisateur à la fin du cycle et le captage des émissions d'oxyde d'éthylène en présence de fuites	Analyse des concentrations de gaz à 15 cm au-dessus de la hotte et à 50 cm devant la porte
Valve d'arrêt	Ce moyen empêche l'échappement de gaz lors du changement des cylindres d'oxyde d'éthylène	Notation du nombre de cylindres de gaz munis de ce moyen de contrôle

Tableau 13

Éléments retenus dans l'évaluation des installations		
Élément	Justification	Moyen d'évaluation utilisé
Salle de mécanique à pression négative	La présence d'une salle de mécanique à pression négative assure que les émissions d'oxyde d'éthylène au niveau du drain et des fuites au niveau de la canalisation entre le cylindre et le stérilisateur, soient confinées à la salle de mécanique	Analyse des mouvements d'air par tube fumigène
Encastrement du stérilisateur	L'encastrement d'un stérilisateur dans une salle de mécanique ou un autre endroit assure le contrôle des émissions au niveau du drain et des canalisations du stérilisateur	Notation du nombre de centres hospitaliers ayant des stérilisateurs encastrés

(suite page suivante)

L'emplacement des cylindres d'oxyde d'éthylène	La localisation des cylindres dans la salle de mécanique assure un contrôle des fuites de la canalisation et du cylindre. La contamination d'autres locaux lors du changement du cylindre est minimisée	Notation du nombre de centres hospitaliers ayant des cylindres de gaz placés à des endroits autres que la salle mécanique
Aérateur relié à un système d'évacuation d'air	Le fait de relier la sortie d'air de l'aérateur à un système d'évacuation élimine une source d'émission d'oxyde d'éthylène dans la salle de mécanique	Notation du nombre de centres ayant la sortie d'air de l'aérateur reliée à un système d'évacuation d'air
Système de ventilation générale avec recirculation d'air: service de stérilisation	Un système de ventilation générale qui recircule une portion de l'air vicié du service de stérilisation, pourrait recirculer de l'oxyde d'éthylène non seulement dans le service, mais dans d'autres parties du centre hospitalier	Consultation du responsable des installations matérielles et si nécessaire des plans du système de ventilation
Système de ventilation générale ayant une recirculation d'air: salle de mécanique	La même justification s'applique	Idem
L'utilisation en continu du système de ventilation de la salle de mécanique	Certains centres possèdent des systèmes de ventilation qui peuvent être mis en marche manuellement par un préposé du service de stérilisation. Une telle situation laisse la possibilité que la salle de mécanique ne soit pas toujours à pression négative durant l'évacuation du stérilisateur ou à d'autres moments	Notation du nombre de centres ayant un interrupteur pour le système de ventilation

Tableau 14

Éléments retenus dans l'évaluation des habitudes de travail

Élément	Justification	Moyen d'évaluation utilisé
Fuites autour de la porte du stérilisateur	La détection de fuites d'oxyde d'éthylène autour de la porte durant le cycle de stérilisation sert d'indice de l'efficacité des joints d'étanchéité de la porte	Analyse des concentrations de gaz autour de la porte durant le cycle d'exposition
Fuites au niveau de la canalisation du stérilisateur et du cylindre	La détection de fuites d'oxyde d'éthylène au niveau de la canalisation du stérilisateur et du cylindre sert d'indice de l'efficacité du programme de vérification de ces fuites	Analyse des concentrations de gaz dans l'air de la salle de mécanique
Salle de mécanique, porte fermée et verrouillée	Que la porte de la salle de mécanique reste fermée et verrouillée sert d'indice de l'inaccessibilité pour les personnes non-autorisées (la salle étant source d'exposition à l'oxyde d'éthylène)	Notation du nombre de centres ayant une salle de mécanique verrouillée

(suite page suivante)

Opération continue ou intermittente de la hotte située au-dessus de la porte du stérilisateur	L'utilisation d'une hotte durant seulement une partie du cycle de stérilisation compromet l'efficacité du contrôle des expositions à l'oxyde d'éthylène Note: Lors de l'installation d'une hotte par le fabricant, le choix de l'opération est laissé à l'utilisateur	Observation de la durée de l'emploi de la hotte durant la stérilisation
Attente de 15 minutes après l'ouverture de la porte avant le déchargement du stérilisateur	L'attente de 15 minutes permet la diffusion d'une grande partie de l'oxyde d'éthylène résiduel hors du stérilisateur, une fois le cycle terminé. L'attente devrait réduire l'exposition du préposé lors du déchargement du stérilisateur	Consultation du responsable des services de stérilisation et observation des habitudes de travail
Port de gants durant le déchargement du stérilisateur	Le port de gants conçus spécifiquement pour cette opération devrait réduire la possibilité de contact cutané durant le transfert à l'aérateur	Consultation du responsable des services de stérilisation
Transfert à l'aérateur immédiatement après l'attente de 15 minutes après l'ouverture de la porte	Le transfert immédiat à l'aérateur empêche que le matériel fraîchement stérilisé libère de l'oxyde d'éthylène dans l'air du service de stérilisation	Consultation du responsable des services de stérilisation
Matériel non aéré	Certains centres ne font pas aérer le matériel immédiatement après la stérilisation. Selon le lieu d'entreposage de ces objets, ceci peut présenter un problème d'exposition pour le personnel	Consultation du responsable des services de stérilisation

7.3 Cueillette des données

La comparaison et l'évaluation des éléments présentés ont été effectuées au moyen d'un questionnaire (annexe II) complété lors de la visite, par l'observation des installations et des habitudes de travail et par l'analyse quantitative des concentrations d'oxyde d'éthylène.

Les résultats des analyses quantitatives permettent de tirer des conclusions suite à la comparaison de différents procédés, installations et certaines habitudes de travail. Les résultats du questionnaire et des observations permettent de nuancer ces comparaisons en fonction des particularités de chaque centre.

a) Questionnaire de visite

Ce questionnaire a été complété lors de la visite des établissements et avait pour but de valider les données recueillies par le questionnaire (annexe I) relatif à la cartographie et de compléter ce dernier.

b) Analyse quantitative

L'analyse quantitative avait pour but la caractérisation environnementale du procédé de stérilisation par l'oxyde d'éthylène.

Cette caractérisation a été effectuée à l'aide de trois techniques d'échantillonnage et d'analyse. Ces techniques avaient été préalablement mises au point en laboratoire et validées en milieu de travail. Ces méthodes ont été employées selon une stratégie d'échantillonnage et d'analyse élaborée en fonction du procédé et validée à l'aide de visites préliminaires de services de stérilisation (14, 15, 16).

L'explication du choix des méthodes d'échantillonnage et d'analyse ainsi que les particularités des instruments utilisés sont décrites à l'annexe III.

Les trois méthodes d'échantillonnage et d'analyse utilisées lors de cette étude sont résumées ci-après:

— Détection par infrarouge (IR)

Un instrument de modèle MIRAN 80 fabriqué par la firme FOXBORO a été utilisé. Il s'agit d'un instrument à lecture directe avec détecteur infrarouge. L'emploi de cet instrument permet une lecture instantanée des concentrations d'oxyde d'éthylène de 3 à 800 ppm. L'instrument a été utilisé pour évaluer les concentrations susceptibles de fluctuer rapidement (ex.: lors du cycle d'évacuation du stérilisateur et lors de l'ouverture de la porte). L'appareil doit être étalonné avant

son utilisation et l'on doit tenir compte des interférences possibles dans le choix des longueurs d'onde.

— Détection par photo-ionisation (CPG)

Un instrument de modèle 10A10 fabriqué par la firme PHOTOVAC a été utilisé. Il s'agit d'un chromatographe portatif avec détection par photo-ionisation. L'emploi de cet instrument permet une lecture instantanée des concentrations d'oxyde d'éthylène de 0,1 à environ 20 ppm. Cet instrument a été utilisé surtout pour évaluer les concentrations inférieures à la limite de détection de l'appareil MIRAN 80 (3 ppm). L'appareil doit être étalonné au préalable en laboratoire et vérifié périodiquement sur le terrain, puisqu'il est sensible aux fluctuations de température.

— Tubes de charbon actif (CA)

Une méthode d'échantillonnage par absorption sur des tubes de charbon actif Qazi-Ketcham, suivie d'une analyse en laboratoire par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme a été utilisée. Cette technique permet la mesure de très faibles concentrations (environ 0,01 ppm) et de très hautes concentrations (environ 5 000 ppm). Les limites de détection de cette technique dépendent du volume d'échantillonnage.

Les résultats des échantillonnages effectués avec cette technique représentent une valeur moyenne pondérée de la période d'échantillonnage.

7.4 Stratégie d'échantillonnage

Une stratégie d'échantillonnage a été élaborée pour évaluer les éléments présentés aux tableaux 12, 13 et 14. Cette stratégie a été développée suite à quelques visites préliminaires des services de stérilisation.

La stratégie est exposée aux tableaux 15, 16, 17, 18 et 19. Chaque tableau énumère, en ordre chronologique, les sources d'émission de gaz avant, durant, et après une stérilisation. Pour chaque source d'émission, le moyen de contrôle approprié nécessitant une évaluation est indiqué ainsi que l'échantillonnage spécifique à effectuer. Enfin, les méthodes d'échantillonnage sont identifiées.

Cette stratégie est présentée également à l'intention de tout intervenant en santé et en sécurité du travail désirant évaluer les problèmes d'exposition reliés à la stérilisation à l'oxyde d'éthylène.

Lors de cette étude, les mesures d'oxyde d'éthylène ont été prises en premier lieu, le plus près possible des sources d'émission pour éliminer la variabilité causée par les différences de ventilation (courants d'air, direction, vitesse) d'un centre à l'autre. Une fois cette mesure effectuée, l'apport de ces sources de contamination aux expositions du personnel a pu être évalué en plaçant les sondes d'échantillonnage de plus en plus loin de ces mêmes sources. En fait, ce dernier type d'échantillonnage représente une partie des expositions possibles des travailleurs étant donné que ces mesures ont été prises au niveau de la zone respiratoire de ces mêmes personnes.

Tableau 15

Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, avant le début de la période d'exposition			Méthodes d'échantillonnage et d'analyse (selon les concentrations présentes)
Source d'émission d'OE	Moyen de contrôle à évaluer	Échantillonnage à effectuer	
Fuites de la porte de l'aérateur, si en opération	Efficacité du joint d'étanchéité	Détection de fuites autour de la porte	CPG, IR
Désorption de l'OE du matériel stérilisé et entreposé		Concentration d'OE dans la zone respiratoire à 60 cm devant la porte	CA, CPG
OE résiduel dans l'air depuis la dernière stérilisation (si effectuée le soir précédent)		Concentration d'OE dans la zone respiratoire au milieu de l'endroit où est entreposé le matériel	CA, CPG
Fuites de la canalisation dans la salle de mécanique		Concentration d'OE dans la zone respiratoire près de la majorité des travailleurs	CA, CPG
		Concentration d'OE près des canalisations au-dessus du stérilisateur	CA, CPG

Note: Pour éviter la contamination de ces échantillons, terminer l'échantillonnage avant le début de la période d'exposition

Tableau 16

Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, durant la période d'exposition			Méthodes d'échantillonnage et d'analyse (selon les concentrations présentes)
Source d'émission d'OE	Moyen de contrôle à évaluer	Échantillonnage à effectuer	
Fuites de la porte du stérilisateur	Efficacité du joint d'étanchéité	Détection de fuites autour de la porte et dans l'interstice	CPG, IR
		Concentration d'OE dans la zone respiratoire à 60 cm devant la porte	CA, CPG, IR
	Efficacité d'une hotte située au-dessus de la porte	Concentration d'OE à 15 cm au-dessus de la hotte	CA
Fuites de la canalisation ou du stérilisateur dans la salle mécanique		Concentration d'OE près des canalisations au-dessus du stérilisateur	CA

Note: Pour éviter la contamination de ces échantillons, terminer l'échantillonnage avant le début de l'évacuation

E-009

IRSST Études

Tableau 17

Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, durant l'évacuation		
Source d'émission d'OE	Moyen de contrôle à évaluer	Échantillonnage à effectuer
OE évacué du stérilisateur durant le premier vacuum	Efficacité du séparateur gaz et eau situé au-dessus du drain	Concentration d'OE la plus élevée au niveau du drain Déclin des concentrations d'OE au niveau du drain après le début du premier vide
		IR, CA de courte durée IR, CA de courte durée
Note: Pour éviter la contamination de ces échantillons, terminer l'échantillonnage avant l'ouverture de la porte du stérilisateur		

Tableau 18

Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, lors de l'ouverture de la porte du stérilisateur		
Source d'émission d'OE	Moyen de contrôle à évaluer	Échantillonnage à effectuer
Résidus d'OE dans le stérilisateur	Efficacité du cycle de purge ou post-vacuum	Concentration d'OE la plus élevée à l'intérieur du stérilisateur, immédiatement après l'ouverture de la porte Déclin des concentrations d'OE au niveau du drain après le début du premier vide
	Efficacité de la hotte située au-dessus de la porte	Concentration d'OE à 15 cm au-dessus de la hotte Concentration d'OE dans la zone respiratoire devant la porte
		IR, CA de courte durée IR, CA de courte durée CA, CPG CA, CPG
Note: Pour éviter la contamination de ces échantillons, terminer l'échantillonnage avant le transfert du matériel à l'aérateur		

Tableau 19

Évaluation des sources d'émission d'oxyde d'éthylène et des moyens de contrôle appropriés, durant le transfert du matériel à l'aérateur et durant le fonctionnement de l'aérateur			
Source d'émission d'OE	Moyen de contrôle à évaluer	Échantillonnage à effectuer	Méthodes d'échantillonnage et d'analyse (selon les concentrations présentes)
Diffusion d'OE résiduel hors du stérilisateur, durant le déchargement	}	Concentration d'OE dans la zone respiratoire du préposé lors du déchargement et du transfert à l'aérateur	CPG, IR
Désorption durant le transfert d'OE absorbé dans le matériel		Détection de fuites autour de la porte	CPG, IR
Fuites de la porte de l'aérateur*	Efficacité du joint d'étanchéité	Concentration d'OE dans la zone respiratoire devant la porte	CA, CPG

* Cette évaluation sert d'indice des concentrations d'OE pouvant être présentes au début d'une aération, tandis que l'évaluation de ces fuites, détaillée au tableau 15, renseigne sur les concentrations d'OE pouvant être présentes en cours d'aération

8. Résultats et discussion de l'étude d'hygiène industrielle

Il est important de noter que les mesures quantitatives d'oxyde d'éthylène pour un procédé comme celui de la stérilisation présentent des difficultés majeures:

- les concentrations de gaz dans l'air varient très rapidement;
- les stérilisateurs sont de marques et de grandeurs différentes;
- la quantité et le type de matériel stérilisé varient d'une fois à l'autre;
- les installations sont différentes d'un centre à l'autre;
- les habitudes de travail varient;
- la chaleur, la vapeur d'eau et le Fréon 12^{me} peuvent interférer avec l'analyse.

Dans ces conditions, le suivi d'un protocole expérimental très serré se heurte à des problèmes difficilement contrôlables a priori. Les données reflètent ces difficultés et rendent ainsi certaines comparaisons plus difficiles.

Toutefois, les sources d'émission sont les mêmes lors de chaque stérilisation et, en conséquence, peuvent entraîner une contamination plus ou moins importante de l'air du milieu de travail, selon les moyens de contrôle utilisés.

Dans treize centres hospitaliers visités, 19 stérilisateurs fonctionnant avec l'Oxyfume 12^{me} et le Steri-gaz^{me} ont été évalués. Dans le 14^e centre, le stérilisateur fonctionnant à l'Anprolene^{me} a pu être évalué. Toutefois, cet unique échantillonnage ne peut être considéré comme représentatif de la stérilisation à l'Anprolene^{me} et par conséquent ces données n'apparaissent pas dans ce document.

Les résultats de l'évaluation dans les treize centres hospitaliers sont présentés en fonction de l'évaluation des sources d'émission et suivent la chronologie du cycle de stérilisation: avant, pendant et après le cycle. Pour chacune des sources d'émission, l'importance de la source ainsi que l'efficacité des moyens de contrôle qui peuvent être utilisés sont discutées.

Un tableau synthèse des résultats de l'étude d'hygiène industrielle est présenté à la section 8.4.

8.1 Avant le cycle de stérilisation

Avant le cycle de stérilisation, seules les fuites au niveau de la valve du cylindre ou au niveau des canalisations entre le cylindre et le stérilisateur peuvent entraîner une contamination.

L'importance de cette source d'exposition n'a pas été évaluée. Elle devrait cependant être mineure car les fuites sont en général localisées à l'intérieur d'une salle de mécanique ventilée.

8.2 Pendant la stérilisation

Les quatre prochaines sections, 8.2.1 à 8.2.4 décrivent les sources d'émission présentes durant la stérilisation.

8.2.1 Canalisation d'oxyde d'éthylène entre les cylindres et le stérilisateur

Des fuites ont été décelées au niveau de la canalisation dans trois des dix salles de mécanique évaluées. Les résultats sont présentés au tableau 20.

Tableau 20

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA, au niveau de la canalisation dans la salle de mécanique, durant la période d'exposition

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentration moyenne (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)
Amsco Cryotherm Castle Steroxomatic 1630-B	J	0,6	47
Amsco Eagle 656	K	0,3	156
	L	11	104

N.B.. Il est important de souligner que des fuites de canalisation à haute pression engendrent une contamination constante. De ce fait, la différence au niveau des temps d'échantillonnage ne doit pas être prise en considération.

Les faibles concentrations d'oxyde d'éthylène décelées au niveau de la canalisation de gaz dans ces salles de mécanique confirme que cette source d'émission semble mineure mais peut contribuer à augmenter l'exposition des personnes ayant accès à cette salle. Dans la mesure où la salle demeure à pression négative par rapport au service de stérilisation et que l'accès y est limité, cette source ne devrait pas présenter un potentiel d'exposition important pour le personnel.

Étant donné la possibilité de fuite au niveau du cylindre et de la canalisation, certaines pratiques sont recommandées pour éviter l'exposition des travailleurs.

La présente étude a permis de vérifier l'applicabilité de ces mesures. Les mesures pouvant être utilisées sont les suivantes:

- stérilisateurs encastrés dans une salle de mécanique;
- ventilation de la salle de mécanique avec maintien d'une pression négative;
- salle de mécanique, porte fermée et verrouillée,
- emplacement des cylindres.

a) Stérilisateurs encastrés dans une salle de mécanique

Sur 19 stérilisateurs évalués, 16 étaient des modèles conçus pour être encastrés dans une salle de mécanique (Amsco et Castle). Sur ces 16 stérilisateurs, 13 sont effectivement encastrés dans une salle de mécanique. Deux stérilisateurs sont installés dans le service de stérilisation, sans aucun contrôle des émissions de gaz provenant de fuites. De plus, ces deux stérilisateurs sont situés à environ 150 cm d'une table de travail. Dans le troisième cas, il s'agit d'une nouvelle installation. Le stérilisateur est localisé dans une pièce fermée et séparée du service de stérilisation et l'accès est limité au préposé à la stérilisation. Cette pièce possède un système de ventilation autonome. Le contrôle des émissions est assuré par cette ventilation et par la fermeture de la porte de la pièce.

- b) Ventilation de la salle de mécanique avec maintien d'une pression négative

Toutes les salles de mécanique visitées sont munies d'un système de ventilation. Une analyse des mouvements de l'air entre la salle de mécanique et le service de stérilisation a permis de constater que toutes ces salles étaient maintenues en pression négative.

Puisqu'il est possible de déceler des contaminations à l'oxyde d'éthylène dans la salle de mécanique, il est important que l'air ne soit pas recirculé. Une seule des salles de mécanique visitées possède un système de ventilation avec recirculation d'air. L'un des centres utilise un système de ventilation de la salle de mécanique qui peut être mis en marche par un préposé. Cette façon de procéder laisse la possibilité que la ventilation ne soit pas toujours en marche lors d'une stérilisation, soit à cause d'un oubli, soit à cause d'un mauvais fonctionnement.

c) Salle de mécanique, porte fermée et verrouillée

Seulement onze des quatorze centres hospitaliers utilisaient des modèles de stérilisateur nécessitant une salle de mécanique. Neuf des onze centres maintenaient la porte de leur salle de mécanique fermée. Seulement deux la gardaient verrouillée, empêchant ainsi tout accès aux personnes non autorisées. Dans plusieurs cas, ces salles servent de vestiaire ou encore de salle d'entreposage pour divers équipements ou matériel.

d) Emplacement des cylindres d'oxyde d'éthylène

Huit centres sur onze qui utilisent des cylindres d'oxyde d'éthylène les rangent dans la salle de mécanique. Deux centres les gardent dans le service de stérilisation. Dans un autre centre, le cylindre d'oxyde d'éthylène est installé dans un cagibi ventilé vers l'extérieur et maintenu à pression négative.

Le fait de conserver les cylindres dans le service de stérilisation implique une possibilité de contamination soit par les fuites, soit lors du changement de cylindre (voir section 8.3.5).

8.2.2 Joint d'étanchéité de la porte du stérilisateur

Sur 19 stérilisateurs évalués lors de l'étude, 14 présentaient des fuites au niveau du joint d'étanchéité de la porte. Les tableaux 21 et 22 donnent les concentrations mesurées autour de la porte et ce, le plus près possible du joint d'étanchéité.

Tableau 21

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR ou CPG autour de la porte des stérilisateurs, durant la période d'exposition (stérilisateurs avec ou sans hotte)

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentrations (ppm)		Méthode utilisée
Amsco Cryotherm	A	7	18 *	IR
Castle Sentry 400	C	4	6 *	IR
Amsco Eagle 2025	D	0,7		CPG
Amsco Eagle 2025	D	0,3	0,6*	CPG
Amsco 2055	M	0,3	1,6*	CPG
Amsco Cryotherm	J	1,3	3,5*	CPG
Amsco Cryotherm	I	0,3		CPG
Castle Steroxomatic 2020	R	0,1	1,8*	CPG

* Des fuites ont été détectées à différents endroits autour de la porte. Ces résultats présentent les valeurs les plus basses et les plus hautes enregistrées.

Tableau 22

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA autour de la porte des stérilisateurs, durant la période d'exposition (stérilisateurs avec ou sans hotte)

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentration moyenne (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)
3M Sterivac 202B	G	111	27
3M Sterivac 202B	G	344	17
3M Sterivac 400	H	28	33
3M Sterivac 200AA	H	22	57
Amsco Cryotherm	I	0,2	80
Castle Sentry 400	I	1,1	197
Castle Steroxomatic	M	0,2	275
Amsco Cryotherm 656	L	2,2	118

Étant donné que la pression de gaz demeure la même à l'intérieur du stérilisateur durant le cycle d'exposition, les fuites de gaz au niveau de la porte devraient présenter une contamination constante. De ce fait, la différence entre les temps d'échantillonnage ne doit pas être prise en considération.

Comme le démontrent les tableaux 21 et 22, ces fuites peuvent être minimales (0,1 ppm) mais peuvent aussi être très importantes (111 et 344 ppm). Elles servent d'indice pour évaluer l'état du joint d'étanchéité de la porte du stérilisateur. Le nombre élevé de stérilisateurs présentant de telles fuites révèle un problème important de fiabilité au niveau du joint d'étanchéité.

Par ailleurs, il semble que certains modèles de stérilisateurs de marque 3M seraient plus susceptibles de présenter des fuites importantes (voir centres hospitaliers G et H, tableau 22).

L'influence que peuvent avoir ces fuites sur les concentrations dans l'air ambiant a également été vérifiée. Pour ce faire, des mesures de concentrations ont été prises par CA et CPG au niveau de la zone respiratoire des préposés. Les résultats de cette évaluation sont présentés au tableau 23.

Ils démontrent que les fuites peuvent entraîner une contamination au niveau de la zone respiratoire. Dans certains cas, lorsque la fuite est importante et que les locaux sont mal ventilés, la concentration peut être supérieure à 1 ppm pendant le cycle d'exposition (voir centres hospitaliers A, G et H).

Le moyen de contrôle qui peut être utilisé pour cette source consiste en l'utilisation d'une hotte d'aspiration située au-dessus de la porte du stérilisateur

a) Hotte d'aspiration au-dessus de la porte du stérilisateur

Sept centres sur treize possèdent des hottes au-dessus de la porte (hotte du fabricant ou installation maison). Six d'entre eux l'utilisent durant la totalité du cycle de stérilisation. L'autre centre l'emploie uniquement lors de l'ouverture de la porte.

L'utilisation de la hotte durant la totalité du cycle de stérilisation est une bonne pratique car elle assure le

Tableau 23

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CPG ou CA dans la zone respiratoire, devant la porte du stérilisateur, durant la période d'exposition				
Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentration moyenne (ppm)	Méthode	Temps d'échantillonnage (min)
Amsco Cryotherm 3M Sterivac 202B	A	1,7	CA	4
3M Sterivac 200AA	G	4,5	CA	175
Amsco Cryotherm Amsco	H	7*	CPG	40
Amsco Cryotherm	I	0,6	CA	60
Amsco Cryotherm Castle Steroxomatic 2020	J	0,1	CA	243
Castle Steroxomatic 1630B	K	0,6	CA	113
Castle Steroxomatic	K	0,6	CA	113
Castle Steroxomatic	M	N.D.	CA	342

N.B. Cet échantillonnage a été effectué uniquement pour les stérilisateurs non munis d'une hotte ce qui explique le nombre inférieur de résultats présentés par rapport à ceux des tableaux 21 et 22

N.D.. Non décelé

* Moyenne des concentrations enregistrées par CPG durant 40 minutes

contrôle des émissions dues aux fuites au niveau du joint d'étanchéité de la porte. Cette pratique est d'autant plus importante que la majorité des stérilisateurs évalués présentent de telles fuites.

8.2.3 Tuyau d'évacuation de la pompe à vide

Lors de l'évaluation de la contamination engendrée par le tuyau d'évacuation de la pompe à vide, l'influence du séparateur gaz et eau a pu être noté. Ce séparateur réduit les émissions d'oxyde d'éthylène au niveau du drain lors du cycle d'évacuation.

Les tableaux 24 et 25 comparent les concentrations de gaz mesurées au niveau du drain, en présence ou en absence d'un séparateur.

Tableau 24

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR au niveau du drain lors de l'évacuation des stérilisateurs munis d'un séparateur gaz et eau			
Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentrations (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)
Castle 3145	F	191 ^a , 7 ^b	11
Amsco Eagle 2025	D	220 ^a , 7 ^b	10

a: Concentration au temps 0
b: Concentration à la fin de la période d'échantillonnage

Tableau 25

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR au niveau du drain lors de l'évacuation des stérilisateurs n'ayant aucun séparateur gaz et eau			
Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentrations (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)
Amsco Cryotherm	A	400 ^a , 7 ^b	9
Amsco Eagle 2025	A	>800 ^a , 3 ^b	9
Amsco Cryotherm	I	700 ^a , 28 ^b	5
Amsco Cryotherm	J	114 ^a , 26 ^b	5
Castle Steroxomatic	K	136 ^a , 26 ^b	3
Amsco Cryotherm 656	L	298 ^a , 16 ^b	8

a: Concentration au temps 0
b: Concentration à la fin de la période d'échantillonnage
c: Limite supérieure de la linéarité de la courbe d'étalonnage du spectrophotomètre

Les tableaux 24 et 25 indiquent que l'évacuation de la pompe à vide au niveau du drain constitue une source de contamination importante qu'il est nécessaire de contrôler. Les concentrations au temps 0, présentées aux tableaux 24 et 25, montrent des variations de 114 à plus de 800 ppm. Cependant, ces concentrations diminuent assez rapidement.

Plusieurs auteurs recommandent l'utilisation d'un séparateur gaz et eau (13). Cependant, nos données ne permettent pas d'en confirmer l'efficacité. Toutefois, il s'avère que même en présence d'un séparateur, la source de contamination demeure importante (tableau 24). Comme mesure préventive supplémentaire, une salle de mécanique ventilée (telle que décrite à la section 8.2) serait souhaitable. En l'absence d'une telle salle, il faudra installer une boîte étanche reliée à un événement extérieur. Cette modification est présentée à la section 10.2.

Il faut souligner que les séparateurs de marques Amsco et Castle fonctionnent selon deux principes différents. Le séparateur Castle est complètement fermé et relié directement à l'extérieur du bâtiment par l'intermédiaire d'un évent. Le séparateur Amsco fonctionne selon un principe similaire à celui d'une hotte d'aspiration. Il est relié à un ventilateur qui aspire l'air de la pièce à travers des ouvertures situées sur le côté du séparateur. La sortie du ventilateur est reliée directement à l'extérieur du bâtiment. L'efficacité relative de ces deux types de séparateur n'a pas été évaluée lors de cette étude. Cependant, il serait important d'évaluer l'efficacité du séparateur Amsco, car celui-ci n'est pas complètement fermé et laisse ainsi la possibilité d'un échappement d'oxyde d'éthylène. Ceci pourrait survenir si la vitesse de captage d'air était suffisante compte tenu des conditions d'utilisation: dégagement important de gaz, chaleur et présence de vapeur d'eau.

8.2.4 Soupape d'urgence

La notation du nombre de stérilisateurs ayant une soupape d'urgence reliée à un événement extérieur n'a pas été effectuée. Il apparaît toutefois évident qu'une telle mesure préviendrait une contamination très importante en cas d'ouverture de cette soupape. La vidange de la chambre de stérilisation par la soupape d'urgence pourrait libérer une quantité importante d'oxyde d'éthylène dans les locaux.

8.3 Après la stérilisation

Les six prochaines sections (8.3.1 à 8.3.6) illustrent les sources d'émission présentes après la stérilisation

8.3.1 Ouverture de la porte du stérilisateur

Les concentrations d'oxyde d'éthylène ont été mesurées dans le stérilisateur par spectrophotométrie infrarouge et par adsorption sur tubes de charbon actif, immédiatement après l'ouverture de la porte. Dans les cas où il a été impossible de placer la sonde de l'instrument et les tubes dans le stérilisateur, les concentrations ont été mesurées en haut de la porte.

Ces échantillons ont permis d'évaluer l'importance de cette source de contamination et de vérifier l'efficacité des différents systèmes d'élimination d'oxyde d'éthylène utilisés à la fin du cycle de stérilisation. Les tableaux suivants comparent les concentrations résiduelles d'oxyde d'éthylène mesurées dans les stérilisateurs programmés pour effectuer un seul vacuum, et ceux programmés pour effectuer un vacuum et un post-vacuum ou encore un vacuum et un cycle de purge.

Tableau 26

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR lors de l'ouverture de la porte, à l'intérieur des stérilisateurs programmés pour effectuer un post-vacuum ou un cycle de purge

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentrations (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)
Amsco Cryotherm 656	J	454 ^a , 23 ^b	8
Amsco Eagle 2025	D	400 ^a , 63 ^b	12
3M Sterivac 400	H	309 ^a , 97 ^b	9

a: Concentration au temps 0

b: Concentration à la fin de la période d'échantillonnage

Tableau 27

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA lors de l'ouverture de la porte à l'intérieur des stérilisateurs programmés pour effectuer un post-vacuum ou un cycle de purge

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentration moyenne (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)
Amsco Cryotherm	J	78	15
Amsco Eagle 2025	C	62	20
3M Sterivac 202-B	G	230	20
Amsco Eagle 2025	D	128	10

Tableau 28

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par IR lors de l'ouverture de la porte, à l'intérieur des stérilisateurs ayant un premier vacuum seulement

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentrations (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)
Amsco Cryotherm 656	L	>800 ^a , 105 ^b	9
Amsco Cryotherm	I	>800 ^a , 9 ^b	6
Castle Sentry 400 Castle	I	80 ^a , 6 ^b	2
Steroxomatic 1630 Castle	K	>800 ^a , 102 ^b	15
Steroxomatic 2020	K	>800 ^a , 170 ^b	16

a: Concentration au temps 0

b: Concentration à la fin de la période d'échantillonnage

c: Limite supérieure de linéarité de la courbe d'étalonnage du spectrophotomètre

Tableau 29

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées par CA, lors de l'ouverture de la porte, à l'intérieur des stérilisateurs ayant un premier vacuum seulement

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentration moyenne (ppm)	Temps d'échantillonnage (min)*
Amsco Cryotherm 656	L	352	10
Amsco Cryotherm	I	2 400	3
Castle Sentry 400 Castle	I	122	30
Steroxomatic 1630-B	K	1 256	5
3M Sterivac 200 AA	H	278	39
Castle Steroxomatic 2020	K	217	13
Castle Steroxomatic	M	3 900	5

*En présence de fortes concentrations d'oxyde d'éthylène, les temps d'échantillonnage ont été raccourcis pour éviter la saturation des tubes de charbon actif

Les résultats des tableaux 26 à 29 permettent de constater que l'ouverture de la porte du stérilisateur constitue une source importante d'exposition. En effet, en consultant les tableaux 26 et 28 on constate qu'immédiatement à l'ouverture de la porte (au temps 0), les concentrations varient de 309 à plus de 800 ppm. On observe cependant une valeur de 80 ppm pour le centre hospitalier I (tableau 28). Ceci peut s'expliquer par la faible quantité d'objets stérilisés lors de l'évaluation, ce qui n'est pas représentatif d'une opération normale. En effet, les concentrations à l'intérieur du stérilisateur sont influencées par plusieurs facteurs tels: la grandeur du stérilisateur, la quantité de matériel stérilisé et les propriétés absorbantes du matériel stérilisé. L'importance de ces fac-

teurs n'a pas été évaluée lors de cette étude. Pour ces raisons, les comparaisons des stérilisateur entre eux devraient être évitées.

Le tableau 29 confirme l'importance de la source d'exposition que représente l'ouverture de la porte. En effet, les échantillons correspondant à de courtes périodes (3 et 5 min) donnent des valeurs situées entre 1 256 ppm et 3 900 ppm.

Les moyens de contrôle pouvant être utilisés pour réduire cette source d'exposition sont:

- cycle de purge ou post vacuum;
- attente de 15 à 20 minutes;
- hotte d'aspiration au-dessus de la porte.

a) Cycle de purge ou post-vacuum

L'ajout d'un cycle de purge ou d'un post-vacuum permet de diminuer les concentrations d'oxyde d'éthylène présentes à l'ouverture de la porte. Les tableaux 26 et 27 indiquent des concentrations mesurées lorsqu'il y a un cycle de purge ou un post-vacuum, ce qui confirme l'efficacité d'un cycle de purge ou d'un post-vacuum.

En comparant les tableaux 26 et 28, il est possible de constater que les concentrations au temps 0 pour les stérilisateur ayant uniquement un premier vacuum sont au moins deux fois plus élevées que celles mesurées lorsqu'il y a un cycle de purge ou un post-vacuum. Les temps d'échantillonnage étant différents dans les tableaux 27 et 29, il est impossible de faire une comparaison directe entre les stérilisateur.

b) Attente de 15 à 20 minutes après l'ouverture de la porte du stérilisateur

Onze des treize centres respectent la pratique d'une attente de 15 à 20 minutes après l'ouverture de la porte du stérilisateur pour permettre la dilution du gaz. Deux centres transfèrent immédiatement les articles à l'aérateur, sans cette période d'attente.

Les tableaux 26 et 28 démontrent que les concentrations d'oxyde d'éthylène diminuent assez rapidement lors de l'ouverture de la porte. Même si la période d'échantillonnage varie, il apparaît, cependant, qu'après quelques minutes les concentrations mesurées sont beaucoup moindres qu'au début de l'échantillonnage.

Les prescriptions des manufacturiers à l'effet d'entrer la porte du stérilisateur pour une période de 15 à 20 minutes sont donc justifiées. Cette période d'attente diminue considérablement les risques d'exposition pour les travailleurs.

c) Ventilation locale — hotte d'aspiration située au-dessus de la porte: hotte installée par le fabricant ou par le centre hospitalier

L'efficacité d'une hotte pour éliminer l'oxyde d'éthylène résiduel dans le stérilisateur après l'ouverture de la porte, a été évaluée tel que décrit dans la stratégie d'échantillonnage (voir section 7.3.3).

Les tableaux 30 et 31 présentent les concentrations maximales mesurées devant la porte dans la zone respiratoire. Ces mesures ont été prises au cours des 15 minutes suivant l'ouverture de la porte.

Tableau 30

Concentrations maximales d'oxyde d'éthylène mesurées par CPG, durant le temps d'attente après l'ouverture de la porte, à 60 cm devant les stérilisateur munis d'une hotte

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentration (ppm)
Amsco Eagle 2025 (#2)	D	0,1
3M Sterivac 400	H	0,4
Amsco 2055	M	N.D
Castle Sentry 400	C	1,0
Castle 3045	E	0,5
Amsco Cryotherm 656	L	0,4

N.D.: Non décelé

Tableau 31

Concentrations maximales d'oxyde d'éthylène mesurées par CPG ou par IR, durant le temps d'attente après l'ouverture de la porte, à 60 cm ou plus devant les stérilisateur n'ayant aucune hotte

Stérilisateur	Centre hospitalier	Concentration (ppm)	Méthode d'échantillonnage
Amsco Cryotherm	I	16	IR
Castle 3045	B	6	IR
Castle 3145	F	>13*	CPG
Castle Steroxomatic 2020	K	3**	CPG
Castle Steroxomatic	M	5	CPG

* Valeur limite supérieure de linéarité de la courbe d'étalonnage selon la technique utilisée lors de cet échantillonnage

** Mesure effectuée à 150 cm devant la porte

En consultant le tableau 31, il est possible de constater que les concentrations maximales mesurées en l'absence d'une hotte varient de 5 ppm à 16 ppm, à 60 cm devant la porte. Le tableau 30 démontre que les concentrations maximales mesurées lorsqu'il y a présence d'une hotte varient de 0,1 ppm à 1 ppm, à 60 cm devant la porte. L'installation d'une hotte peut alors contribuer à diminuer l'exposition à des valeurs inférieures ou près de 1 ppm.

Il est à remarquer au tableau 31 que l'échantillonnage dans le centre hospitalier K a été effectué à 150 cm devant la porte du stérilisateur, donnant une valeur de 3 ppm. Même à cette distance du stérilisateur, cette valeur est supérieure à celles retrouvées lorsqu'une hotte est utilisée.

8.3.2 Matériel fraîchement stérilisé

Le transfert du matériel fraîchement stérilisé représente une source de contamination de l'air ambiant. Le tableau 32 présente des concentrations variant entre 0,6 et 70 ppm lors du transfert. Encore ici la diversité dans les concentrations enregistrées s'explique par les différences entre les grandeurs des stérilisateur et les quantités de matériel stérilisé.

Cette source d'exposition peut être quelquefois importante (voir centres hospitaliers A, G et K). Cepen-

dant, il faut souligner que l'exposition ne dure que quelques minutes.

Tableau 32

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées dans la zone respiratoire lors du transfert du matériel à l'aérateur

Sterilisateur	Centre hospitalier	Concentration (ppm)	Méthode d'échantillonnage	Temps d'échantillonnage (min)
Amsco				
Eagle 2045	A	70	IR	2
Castle 3045	B	3	CA	4
Amsco				
Eagle 2025	D	0,4	CPG	2
Castle 3045	E	1,1	CA	22
3M-Sterivac 202B	G	8,3	IR	2
3M-Sterivac 400	H	1,3	CPG	2
Castle Sentry 400	I	0,8	CPG	2
Amsco				
Cryotherm	J	0,6	CPG	2
Castle Steroxomatic 1630B	K	3,6	IR	2
Castle Steroxomatic 2020	K	20	IR	2
Amsco				
Cryotherm 656	L	0,9	CPG	2
Amsco				
Eagle 2055	M	0,8	CPG	2

Certaines mesures peuvent réduire cette source de contamination, elles sont présentées aux quatre prochaines sections.

a) Transfert de tout le matériel à l'aérateur

Tout le matériel stérilisé à l'oxyde d'éthylène doit être transféré à l'aérateur immédiatement après le temps d'attente suivant l'ouverture de la porte.

L'étude nous a permis de constater que onze centres sur treize transfèrent le matériel à l'aérateur immédiatement à la fin du cycle ou après l'attente de 15 minutes avec la porte entrouverte.

Dans deux des treize établissements, l'aérateur n'est pas suffisamment grand par rapport aux stérilisateur. Le matériel est donc laissé en attente avant l'aération. Deux établissements ne possèdent pas d'aérateur. Dans un cas le matériel est directement expédié au bloc opératoire après la stérilisation, dans l'autre, le matériel est aéré dans le service de stérilisation.

b) Utilisation de chariots ou de paniers pour le transfert du matériel

Huit centres sur treize respectent cette pratique qui permet de réduire le temps de transfert du matériel à l'aérateur. Ceci évite également tout contact cutané avec le matériel fraîchement stérilisé. De plus, le déchargement des stérilisateur profonds est facilité puisqu'il évite au préposé de se glisser la tête à l'intérieur du stérilisateur.

c) Port d'équipements de protection individuelle

Le port de gants a été observé dans neuf centres sur treize. Dans ces neuf centres, la plupart des employés portent des gants chirurgicaux, les autres utilisent des mitaines. Il faut cependant remarquer que l'efficacité de ces moyens de protection n'a pas été évaluée.

Lors de l'étude, il a été constaté que plusieurs préposés portent des masques chirurgicaux lors des déchargements. Ce type de masque est tout à fait inefficace pour prévenir l'inhalation d'oxyde d'éthylène. La question du port d'équipements de protection respiratoire, lors du déchargement, soulève de nombreuses interrogations quant à sa nécessité et sa pertinence.

d) Autres mesures ayant une influence sur la contamination lors du transfert

Le temps d'attente de 15 à 20 minutes avant le transfert du matériel à l'aérateur permet une dilution considérable des concentrations d'oxyde d'éthylène (voir tableaux 26 et 28). De plus, le fait d'utiliser un cycle de purge ou post-vacuum diminue également l'exposition lors du transfert, par la réduction de l'oxyde d'éthylène présent dans le stérilisateur à l'ouverture de la porte (voir section 8.3.1).

8.3.3 Joint d'étanchéité de la porte de l'aérateur

L'évaluation de cette source de contamination n'a pu être effectuée systématiquement dans tous les établissements. Cependant, dans tous les centres où elle a été effectuée, des fuites ont été détectées. Le tableau 33 présente les concentrations enregistrées au niveau du joint d'étanchéité de la porte de l'aérateur au début de l'aération.

Les fuites détectées sont assez importantes, variant entre 6,2 et 45 ppm (tableau 33). Ces fuites entraînent des contaminations se situant entre 0,3 et 8 ppm au niveau de la zone respiratoire des travailleurs (tableau 34). Il faut également souligner que cette source est d'autant plus importante que la durée du cycle d'aération est de plusieurs heures (jusqu'à 48 heures dans certains cas).

Tableau 33

Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées au niveau du joint d'étanchéité de la porte de l'aérateur au début de l'aération

Aérateur	Centre hospitalier	Concentration (ppm)	Méthode d'échantillonnage
3M Sterivac 33B	G	6,2	CPG
Castle	K	34	IR
Amsco	L	45	IR
Amsco	M	22,5	CPG

Tableau 34

**Concentrations d'oxyde d'éthylène mesurées
devant l'aérateur, au niveau de la zone respiratoire
des travailleurs au début de l'aération**

Aérateur	Centre hospitalier	Concentration (ppm)	Méthode et temps d'échantillonnage
Castle	C	1	CPG
3M Stérivac 33B	E	1,1	CA moyenne pour 21 min
Castle	F	0,3	CPG
3M Stérivac 33B	G	1,7	CPG
Castle	K	8	IR
Amsco	L	2,3	CPG

N.B. L'endroit précis où a été effectuée chacune des mesures n'est pas indiqué puisqu'il varie d'un établissement à l'autre. Ces mesures ont été prises dans les zones de travail des employés.

La vérification périodique du joint d'étanchéité est un moyen de contrôle pour diminuer ou éliminer cette source de contamination.

L'examen visuel des joints d'étanchéité des portes d'aérateur permet de détecter des détériorations évidentes (joints durcis ou écrasés). Ces joints devraient être changés lorsque leur efficacité semble suspecte.

De plus, il est suggéré que les fabricants améliorent le système de fermeture des portes ainsi que l'efficacité du joint d'étanchéité.

8.3.4 Bouche d'évacuation de l'aérateur

Dans onze services de stérilisation sur les treize munis d'un aérateur, la sortie d'air chaud de l'aérateur est reliée à un système d'évacuation afin d'éviter la contamination des lieux. L'un des deux autres centres dont la sortie de l'aérateur n'était pas reliée au système d'évacuation a modifié son installation suite à la visite d'échantillonnage. Il va sans dire que le fait de relier la sortie d'air chaud au système d'évacuation élimine complètement cette source de contamination.

Dans le cas des aérateurs non encastrés dans une salle de mécanique, cette source de contamination peut être d'autant plus importante que le cycle d'aération est long.

8.3.5 Changement des cylindres et des filtres

Lors du changement des cylindres et des filtres, la contamination est due à la vidange de la canalisation qui contient de l'oxyde d'éthylène sous pression.

Cette contamination n'a pu être vérifiée que dans un établissement. Il a été possible dans ce cas d'évaluer l'exposition des travailleurs affectés à cette tâche.

La concentration moyenne enregistrée au niveau de la zone respiratoire des travailleurs pendant les 20 minutes qu'a duré cette opération se situe autour de 78 ppm. Les concentrations maximales et minimales sont respectivement de 526 ppm et de 5 ppm. Ces mesures ont été effectuées avec le spectrophotomètre à infrarouge. Des valves d'arrêt préviendraient cette évacuation de gaz dans l'air ambiant.

a) Valve d'arrêt

L'observation des installations lors de la visite d'échantillonnage aux établissements a permis de constater que sur un nombre total de seize stérilisateur alimentés par des cylindres de gaz, seulement dix étaient munis de valve d'arrêt entre le cylindre et le stérilisateur.

L'emploi de ce moyen de contrôle n'a pas été évalué. Son utilité est évidente puisqu'elle évite de vidanger la conduite d'oxyde d'éthylène dans l'air ambiant durant les changements de cylindres.

8.3.6 Système de ventilation générale

L'absence ou la déficience de ventilation générale peut amplifier l'impact des diverses sources de contamination évaluées. Une bonne ventilation générale efficace sans recirculation offre des garanties supplémentaires quant à la réduction des niveaux d'exposition.

L'étude a démontré que dix centres sur quatorze possèdent un système de ventilation générale dans le service de stérilisation. Dans ces dix centres, une partie de l'air du service est recirculée. L'un d'entre eux recircule l'air du service à 100 % à l'aide d'un conditionneur d'air. Aucune dilution avec de l'air frais n'est possible dans un tel cas. Dans ce service, nous avons mesuré par IR une concentration de 20 ppm et ce 60 minutes après l'ouverture de la porte. Cette mesure a été effectuée au milieu de la pièce, dans la zone respiratoire des travailleurs.

Les quatre autres établissements n'ont pas de système de ventilation générale mais ont uniquement un système d'alimentation en air frais commandé manuellement.

Il semble donc qu'aucun des centres hospitaliers évalués ne possède un système de ventilation générale qui soit totalement adéquat. De plus, les résultats de la cartographie des travailleurs exposés indiquent qu'environ 30% des services de stérilisation ne sont pas munis d'une ventilation mécanique (voir tableau 5). Il est possible de prévoir que cette mesure correctrice sera la plus difficile à mettre en oeuvre, particulièrement à cause des coûts d'installation ou de modification ainsi que des coûts d'opération.

8.4 Synthèse des résultats de l'étude d'hygiène industrielle

Cette section présente un tableau mettant en relation les éléments retenus pour l'étude et les différents stérilisateur évalués.

Tableau 35 tableau synthèse des résultats d'hygiène industrielle

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Totale	
Centres hospitaliers																
Stérilisateurs	AMSCO CRYOTHERM 30	AMSCO FACILE 2045-80	CASTLE 3045	CASTLE SENTRY 400												
Éléments retenus - Procédé																
Premier vacuum seulment		X				N/A		X	X					X	8/19	
Premier vacuum et post vacuum	X					N/A			X						3/19	
Premier vacuum et cycle de purge			X		X	N/A	X							X	8/19	
Hotte d'aspiration (fabricant)				X		N/A		X						X	5/19	
Hotte d'aspiration (maison)					X										3/19	
Séparateur gaz et eau						X	N/A	N/A						X	4/16	
Vanne d'arrêt						X	N/A	N/A						X	10/16	
Éléments retenus - Installations																
Salle de mécanique pression négative	X	X	X	X	X	X	N/A	N/A	X	X	X	X	X	X	N/A	11/11
Salle de mécanique ventilation continue	X	X	X	X	X	X	N/A	N/A	X	X	X	X	X	X	N/A	11/11
Salle de mécanique recirculation d'air							N/A	N/A				X			N/A	1/11
Encastrement du stérilisateur	X	X	X	X	X	X	N/A	N/A				X	X	X	N/A	14/16
Cylindres dans la salle de mécanique	X	X		X	X	X	N/A	N/A	X	X	X				N/A	8/11
Aérateur relié à l'évacuation	X			X	X	X	X	X	X	X	X				N/A	11/14
Service de stérilisation avec recirculation d'air	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	N/A	14/16
Éléments retenus Habitudes de travail																
Fuites de la porte du stérilisateur	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	N/A	14/19
Fuites de la canalisation							N/A	N/A	N/A	X	X	X	X	X	N/A	3/10
Salle de mécanique porte fermée	X	X	X	X	X	X	N/A	N/A						X	N/A	9/11
Salle de mécanique porte verrouillée	X				X									X	3/11	
Hotte d'aspiration opération continue				X	X							X	X		6/19	
Hotte d'aspiration opération intermittente								X							1/19	
Attente de 15 minutes avant transfert	X	X	X	X	X	X	N/A	X	X	X	X	X	X	X	N/A	11/13
Transfert immédiat				X											N/A	2/13
Port de gants durant le transfert	X	X		X		X	X		X	X	X	X	X	X	N/A	9/13
Matériel non-aéré	X														N/A	0/13
Emploi du panier: chargement, déchargement	X	X	X	X	X	X	N/A	X	X	X	X	X	X	X	N/A	11/19

Notes
 1 Un séparateur gaz et eau n est pas présent a cet établissement puisque le rham est scelle
 2 La hotte située par dessus la porte n'était pas en opération lors du notre visite
 N/A non applicable à ce genre de stérilisateur

9. Conclusions

L'étude effectuée et les données recueillies nous ont permis d'apporter des éléments de réponse aux questions qui ont été posées dans l'introduction.

9.1 Cartographie des travailleurs exposés

Les données recueillies ont permis d'évaluer le nombre de centres hospitaliers impliqués et le nombre de travailleurs exposés. Ces données renseignent également sur le type de stérilisateurs utilisés au Québec. Il a donc été possible de constater que:

- les données recueillies reflètent uniquement la situation des centres hospitaliers de courte durée et des centres hospitaliers psychiatriques. Cependant, les centres hospitaliers de soins prolongés, les cliniques médicales et les cliniques dentaires sont également susceptibles d'utiliser de l'oxyde d'éthylène;
- 85 centres hospitaliers utilisent de l'oxyde d'éthylène au Québec;
- dans ces centres hospitaliers, il y a environ 1 000 travailleurs exposés à l'oxyde d'éthylène;
- les 85 établissements répertoriés possèdent 114 stérilisateurs dont environ 80 % sont de marque Amsco ou Castle.

9.2 Sources d'exposition

Les principales sources d'exposition qui ont été identifiées sont les suivantes.

- l'oxyde d'éthylène résiduel dans le stérilisateur lors de l'ouverture de la porte et du déchargement du matériel;
- l'oxyde d'éthylène libéré au niveau du drain durant le cycle d'évacuation du stérilisateur;
- le matériel fraîchement stérilisé lors du transfert du stérilisateur à l'aérateur;
- l'oxyde d'éthylène libéré par les fuites de la porte du stérilisateur;
- l'oxyde d'éthylène libéré par les fuites de la porte de l'aérateur;
- l'évacuation de l'aérateur si celle-ci n'est pas reliée à l'extérieur du bâtiment;
- l'oxyde d'éthylène libéré lors du changement de cylindre;
- l'oxyde d'éthylène libéré lors du changement de filtre;
- les fuites des canalisations d'oxyde d'éthylène.

Les stérilisateurs à l'Anprolene[™] constituent un cas particulier. Le procédé étant différent, les sources de contamination le sont également (voir section 5.3). Ce procédé n'a pas fait l'objet d'une évaluation significative. Cependant, les sources peuvent être contrôlées facilement si le stérilisateur est utilisé sous une hotte.

9.3 Types d'exposition

L'étude n'avait pas pour but de déterminer le niveau exact d'exposition des travailleurs. Toutefois, les données recueillies permettent de constater que:

- les expositions les plus importantes sont en général ponctuelles et de courte durée (déchargement

du stérilisateur, transfert du matériel fraîchement stérilisé, oxyde d'éthylène libéré au niveau du drain),

- les fuites aux portes des stérilisateurs et des aérateurs constituent une source d'exposition continue qui peut se poursuivre durant plusieurs heures;
- les concentrations maximales mesurées à l'intérieur des stérilisateurs lors de l'ouverture de la porte indiquent que, selon les habitudes de travail, l'exposition de courte durée (15 minutes) pourrait être supérieure à la norme présentement en vigueur au Québec (75 ppm);
- en l'absence des principaux moyens de contrôle, les concentrations moyennes pondérées pour 8 heures peuvent être supérieures au seuil de 1 ppm proposé par l'ACGIH.

9.4 Moyens de contrôle

Les principaux moyens de contrôle qui peuvent être utilisés sont les suivants:

- cycle de purge ou post-vacuum;
- hotte d'aspiration au-dessus de la porte du stérilisateur, fonctionnant durant tout le cycle de stérilisation;
- temps d'attente de 15 à 20 minutes lors de l'ouverture de la porte;
- encastrement du stérilisateur dans une salle de mécanique ventilée;
- séparateur gaz et eau;
- ventilation locale au niveau du drain;
- accès contrôlé à la salle de mécanique;
- raccordement de la sortie de l'aérateur à un système d'évacuation vers l'extérieur;
- vérification et entretien périodique des joints d'étanchéité des portes des stérilisateurs et des aérateurs;
- installation de valves d'arrêts pour les changements de cylindres et de filtres;
- lorsqu'utilisés, les stérilisateurs à l'Anprolene[™] doivent être placés sous une hotte.

Les évaluations effectuées indiquent que ces moyens de contrôle sont relativement efficaces. Il faut également souligner que plusieurs de ces mesures sont déjà utilisées dans les centres hospitaliers. Un bon nombre des établissements évalués utilisent en particulier les mesures suivantes: cycle de purge ou post-vacuum, salle de mécanique ventilée, temps d'attente de 15 à 20 minutes et hottes d'aspiration au-dessus de la porte du stérilisateur.

9.4.1 Ventilation générale

La ventilation générale est une mesure qui est intéressante parce qu'elle offre des garanties supplémentaires quant à la réduction des niveaux d'exposition. Cependant, il s'avère que cette mesure sera la plus onéreuse à mettre en oeuvre.

9.5 Niveau résiduel dans l'air ambiant lorsque le système fonctionne de façon optimale

Un système qui fonctionne de façon optimale sera défini comme étant celui qui inclut les principaux moyens de contrôle présentés à la section 9.4.1.

Lorsqu'un tel système est utilisé, il nous est possible de conclure que:

- les concentrations moyennes dans l'air ambiant pour huit heures d'exposition devraient être inférieures à 1 ppm;
- les concentrations moyennes dans l'air ambiant pour une courte période d'exposition (15 min) pourraient cependant être supérieures à 1 ppm, en particulier, lors du déchargement du stérilisateur et du transfert de matériel.

9.6 Utilisation des techniques d'échantillonnage et d'analyse

Les problèmes associés à la mesure de la concentration d'oxyde d'éthylène dans l'air ambiant sont multiples. À cause de la nature des opérations, ces concentrations varient rapidement dans le temps et dans l'espace. La vapeur d'eau, la température et le Fréon 12^{me} peuvent interférer avec l'échantillonnage ou l'analyse. Finalement, la mesure de concentra-

tions de l'ordre de 1 ppm constitue en soi une opération délicate.

La présente étude a permis d'évaluer trois méthodes d'évaluation du milieu et d'en préciser les limites. Elle permet de conclure que la mesure des concentrations d'oxyde d'éthylène dans les conditions pré-citées exige une expertise spécialisée capable d'utiliser les appareils à lecture directe et l'infrastructure d'un laboratoire pour l'analyse des échantillons prélevés. À ce jour, il n'existe pas de solution plus facile.

Le choix d'une méthode dépend des conditions suivantes lors de l'échantillonnage:

- les concentrations élevées de courte et longue durée peuvent être évaluées par les méthodes d'adsorption sur charbon actif et de détection par infrarouge;
- les concentrations faibles de longue durée peuvent être évaluées par deux méthodes, soit adsorption sur charbon actif ou détection par photo-ionisation;
- les concentrations faibles de courte durée peuvent être évaluées uniquement par la méthode de détection par photo-ionisation.

10. Recommandations

Considérant les effets potentiels de l'oxyde d'éthylène sur la santé, tous reconnaissent la nécessité de réduire l'exposition des travailleurs au niveau le plus faible qu'il est techniquement et économiquement possible d'atteindre.

Les recommandations suivantes constituent une série de moyens techniques visant la réduction au plus bas niveau possible des sources de contamination sinon à leur élimination. Elles devraient fournir au milieu, des informations sur les actions les plus efficaces à entreprendre.

10.1 Procédés

Il est suggéré de:

- modifier le système de contrôle du stérilisateur afin d'inclure un cycle d'évacuation (purge ou post-vacuum) à la fin du cycle de stérilisation. Cette opération peut être facilement effectuée par le fabricant du stérilisateur;
- d'améliorer le système de fermeture et le joint d'étanchéité de la porte du stérilisateur et de l'aérateur. Il est donc recommandé que les fabricants de ces appareils élaborent les moyens correctifs appropriés et les mettent à la disposition des utilisateurs.

10.2 Installations

D'une manière générale, il est recommandé de consulter un expert-conseil en ventilation qui s'assurera de la qualité des travaux de ventilation

Il est suggéré:

- d'installer le stérilisateur dans une salle de mécanique ventilée et maintenue sous pression négative par rapport aux autres locaux du service de stérilisation central;
- de faire en sorte que le système de ventilation de la salle de mécanique desserve uniquement ce local et que l'évacuation soit reliée directement à l'extérieur du bâtiment. Ceci évitera la possibilité de contaminer d'autres locaux dans le centre hospitalier;
- d'installer une hotte de captage au-dessus de la porte du stérilisateur (voir figure 3). Cette hotte (A) est reliée au ventilateur (B) dont la sortie est acheminée directement à l'extérieur de l'édifice. Il n'est pas recommandé de raccorder la sortie du ventilateur à un système d'évacuation existant, afin d'éviter de contaminer d'autres locaux dans l'hôpital.

Pour certains modèles de stérilisateur, le fabricant peut fournir une hotte spécialement conçue pour être installée au-dessus de la porte. Dans tous les cas où cela est possible, il est préférable de choisir les hottes proposées par le fabricant car celles-ci sont efficaces.

Lorsqu'une hotte n'est pas disponible chez le fabricant, il faut en installer une conçue par l'utilisateur. Cette hotte devrait être localisée le plus près possible de la porte du stérilisateur afin d'en assurer l'efficacité maximale. Cette hotte devrait avoir une profondeur d'environ 15 cm afin de couvrir la porte du stérilisateur lors du temps d'attente de 15 à 20 minutes. Le débit d'air passant à travers la hotte devrait être d'un

minimum de 100 pieds cube* par minute par pied carré de surface de porte du stérilisateur.

Une autre possibilité serait d'installer une hotte munie d'une porte coulissante que l'on abaisse au cours du cycle de stérilisation et qui demeure abaissée lors du temps d'attente (de 15 à 20 minutes) à l'ouverture de la porte du stérilisateur.

Il est suggéré:

- dans le cas des stériliseurs de marque 3M, de raccorder directement la conduite d'évacuation de l'appareil à l'extérieur du bâtiment. Ceci préviendra la contamination de l'aire de travail à la fin du cycle de stérilisation;
- de munir le service de stérilisation central d'un système de ventilation générale sans recirculation;
- de raccorder l'évacuation de l'aérateur à un système de ventilation dont la sortie est reliée à l'extérieur sans possibilité de recirculation;
- d'installer les cylindres d'oxyde d'éthylène dans la salle de mécanique ou dans un cabi ventilé et maintenu en pression négative;
- d'installer un système de captage pour contrôler les émissions d'oxyde d'éthylène au niveau du drain. Ce système est offert par les fabricants de stériliseurs. Il s'agit d'un séparateur gaz et eau (J) auquel est relié la sortie de la pompe à vide (K). L'oxyde d'éthylène est évacué par l'évent ou par un ventilateur relié à l'extérieur du bâtiment alors que l'eau est acheminée vers le drain de la salle de mécanique (figure 3);
- d'installer une boîte étanche (L) au-dessus du drain. Cette boîte est munie d'un évent relié à l'extérieur (figure 3). Cette installation permet d'évacuer l'oxyde d'éthylène qui n'a pas été capté par le séparateur (J);
- de raccorder la soupape d'urgence du stérilisateur (C) à un évent directement relié à l'extérieur de l'édifice (figure 3). Ceci permettra d'éviter une contamination importante si la soupape entre en action pour libérer une pression excessive à l'intérieur du stérilisateur;
- d'installer une valve d'arrêt (D) entre le stérilisateur et le cylindre (E) d'oxyde d'éthylène (figure 3). Cette valve doit être installée le plus près possible du cylindre, afin de minimiser les fuites d'oxyde d'éthylène lors du changement de cylindre;
- de modifier l'installation du filtre sur la conduite d'oxyde d'éthylène de façon à réduire l'exposition lors du changement de filtre en cours de stérilisation. Deux valves d'arrêt (F) et (G) seront installées avant et après le filtre (I). Une conduite de dérivation munie d'une valve d'arrêt (H) sera installée entre la conduite d'oxyde d'éthylène et un évent relié à l'extérieur (figure 3);
- d'installer et d'utiliser les stériliseurs à l'Anprolene^{me} sous une hotte de façon à minimiser l'exposition.

* 100 pieds cube par minute = 2 832 litres par minute

10.3 Habitudes de travail

L'état des joints d'étanchéité des portes du stérilisateur et de l'aérateur devrait être régulièrement vérifié. Ceux-ci devraient être remplacés en cas de détérioration. La fréquence des vérifications dépend de l'utilisation des stérilisateurs. Cette fréquence devrait être déterminée par chaque établissement.

Il est aussi suggéré:

- de faire fonctionner la hotte de ventilation au-dessus de la porte du stérilisateur durant tout le cycle de stérilisation. Cette pratique permettra d'éviter l'exposition due aux fuites de la porte;
- de maintenir la porte de la salle de mécanique fermée et verrouillée de façon à en contrôler l'accès. Seul le personnel autorisé devrait pouvoir y pénétrer;
- d'observer un temps d'attente minimum de quinze à vingt minutes à la fin du cycle de stérilisation. Durant cette période, la porte devrait être entrouverte d'environ dix à quinze centimètres de façon à permettre à l'oxyde d'éthylène résiduel d'être évacué par l'intermédiaire de la hotte. Cette pratique permet de minimiser l'exposition lors du déchargement du stérilisateur;
- de porter des mitaines protectrices lors du déchargement du stérilisateur et du transfert dans l'aérateur, puis les déposer dans l'aérateur et ce pour tout le cycle d'aération;

— de ne pas laisser de matériel non aéré à l'intérieur des locaux. Le matériel stérilisé devrait être immédiatement placé dans l'aérateur dès sa sortie du stérilisateur;

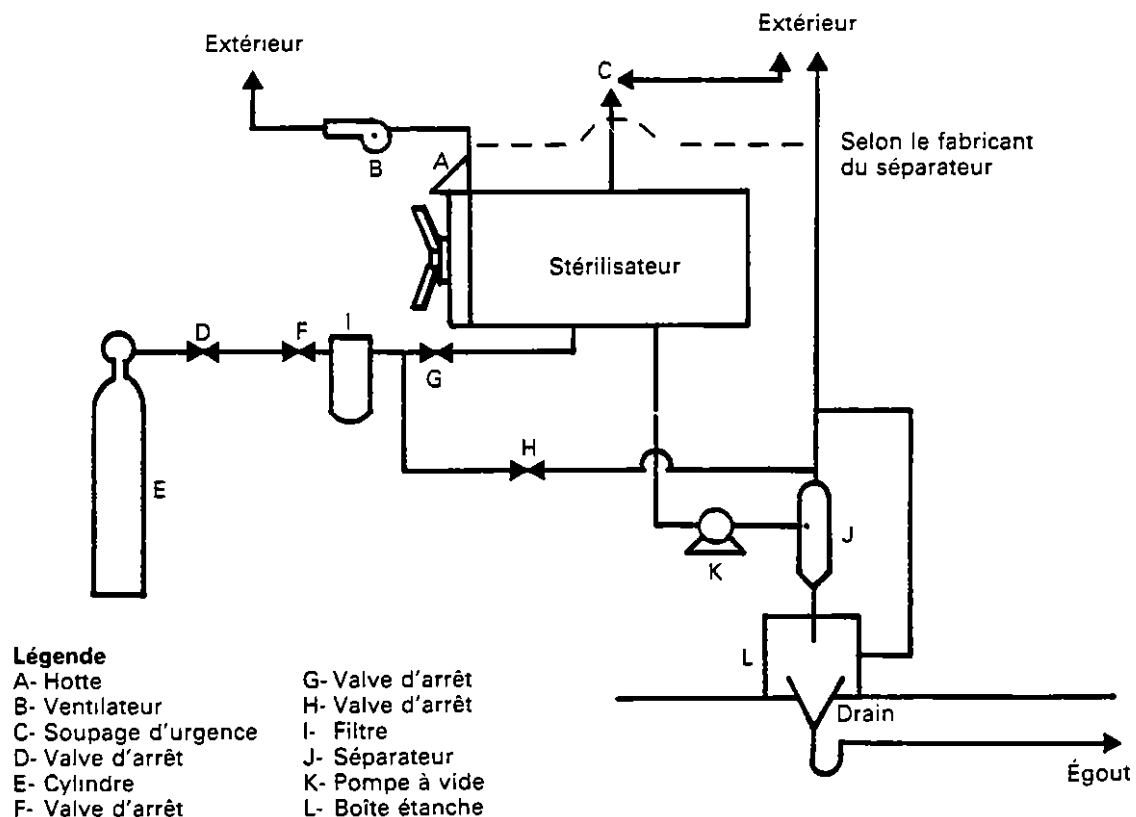
— d'utiliser les valves d'arrêt pour le changement des cylindres et du filtre.

En opération normale, les valves (F) et (G) placées de part et d'autre du filtre sont ouvertes et la valve (H) est fermée. Lorsqu'il faut changer le filtre, les valves (F) et (G) sont fermées et la valve (H) est ouverte de façon à libérer la pression à l'intérieur du filtre. L'oxyde d'éthylène émis est alors évacué à l'extérieur par l'intermédiaire de l'évent. On peut ensuite procéder au démontage du filtre et à la réinstallation d'un nouveau filtre. Les valves (F), (G) et (H) sont alors replacées à leur position d'opération normale. Cette façon de procéder minimise l'exposition lors du changement de filtre.

Pour la détection des fuites, on retrouve sur le marché divers types d'instruments fonctionnant avec un détecteur à gaz combustibles réagissant à de nombreuses substances dont l'oxyde d'éthylène. Avec une sensibilité de 10 ppm pour l'oxyde d'éthylène, il est alors possible de détecter les fuites au niveau des points de contrôle.

L'utilisation de détecteur à fréon (torche à fréon) et de solutions savonneuses peut aussi permettre la détection des fuites.

Figure 3
Moyens de contrôle recommandés



Annexe I**Questionnaire préliminaire envoyé aux établissements****Questionnaire A**

Nom de l'établissement: _____

Adresse: _____

Téléphone: _____

Responsable du service: _____

1. Combien de stérilisateur(s) à l'oxyde d'éthylène utilisez-vous dans votre service? _____

2. Quel(s) modèle(s) de stérilisateur(s) utilisez-vous et de quelle année est(sont)-il(s)?

Marque	Modèle	Année
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

3. Pouvez-vous donner les noms et adresses des fabricants ou fournisseurs de votre(vos) stérilisateur(s) à l'oxyde d'éthylène?

4. De quelle compagnie achetez-vous l'oxyde d'éthylène? _____

Dans quel genre de contenant vous est-il livré?

Bonbonnes	Réservoir	Capacité
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

5. Quelle est votre consommation annuelle d'oxyde d'éthylène? _____

Bonbonnes	Réservoir	Capacité
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

6. Y a-t-il chez vous un programme d'entretien préventif pour vos stérilisateurs?

Oui _____ Non _____

Si oui, à quelle fréquence sont vérifiés vos appareils?

7. Avez-vous un programme de surveillance environnementale, c'est-à-dire, prenez-vous des mesures pour vérifier les concentrations d'oxyde d'éthylène dans l'air, dans la pièce où est utilisée la stérilisation à l'oxyde d'éthylène?

Oui _____ Non _____

Si oui, à quelle fréquence effectuez-vous ces mesures? _____

Dans quelle moyenne se situent les concentrations détectées?

Quel genre d'instrument de mesure utilisez-vous?

Marque	Modèle	Année
_____	_____	_____
_____	_____	_____

8. La stérilisation à l'oxyde d'éthylène se fait-elle dans une pièce fermée ou les appareils sont-ils situés dans le service? _____

9. Existe-t-il une ventilation mécanique dans la pièce où se fait la stérilisation? _____

10. Combien de travailleurs(euses) sont exposés(es) à l'oxyde d'éthylène dans votre service? _____

11. Combien y a-t-il de personnes affectées au changement des bonbonnes d'oxyde d'éthylène? _____

À quelle fréquence ces changements se font-ils?

Nombre de bonbonnes / mois / stérilisateur

12. En moyenne, combien d'heures par jour fonctionnent les stérilisateurs à l'oxyde d'éthylène? _____

13. Vous arrive-t-il de détecter une odeur d'oxyde d'éthylène dans le service de stérilisation? _____

14. Le temps d'attente avant l'ouverture du stérilisateur est-il respecté?

— Toujours _____	— Parfois _____
— Souvent _____	— Jamais _____

15. Les travailleurs(euses) de l'unité considèrent-ils l'exposition à l'oxyde d'éthylène comme une situation à risque? _____

16. Quel genre d'information possédez-vous sur les risques associés à l'utilisation de l'oxyde d'éthylène?

D'où proviennent ces informations? _____

17. Les travailleurs(euses) ont-ils déjà rapporté des problèmes de santé pouvant être liés à l'exposition à l'oxyde d'éthylène?

Oui_____

Non_____

Si oui, lesquels? _____

Annexe II**Questionnaire rempli lors de la visite d'échantillonnage****Questionnaire B**

IRSST/ASSTSAS

Oxyde d'éthylène — stérilisation — enquête d'hygiène

Établissement: _____ Date: _____

Adresse: _____

Personnes rencontrées	Fonctions	# de téléphone
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Bloc A

Stérilisateurs et aérateurs

Service ou département	St./AE	Marque
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Modèle	Capacité	Année
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Bloc B

Personnes potentiellement exposées

Service ou département	Fonctions	Nombre de personnes		
		Jour	Soir	Nuit
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Bloc C

Entreposage et manipulation des cylindres de gaz

Capacité	Nom commercial	# cylindres par mois	# stérilisateurs par cylindre
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Bloc D

Points généraux

1. Programme d'entretien préventif: (Quoi, par qui, fréquence) _____

2. Programme de surveillance de l'environnement: (Quoi, où, quand, appareils, résultats) _____

3. Programme/politique d'information et de formation du personnel: _____

4. Degré de formation du personnel: _____

5. Comité santé/sécurité paritaire: _____

Bloc E

Procédures de stérilisation

Stérilisation par quart		Heure	Durée moyenne
Jour	_____ De _____	À _____	_____
Soir	_____ De _____	À _____	_____
Nuit	_____ De _____	À _____	_____

Description du procédé: Durée des opérations, habitudes de travail

Chargement: _____

Stérilisation: _____

Évacuation: _____

Ouverture de la porte: _____

Aération: _____

Entreposage d'articles stérilisés: _____

Bloc F

Salle de mécanique

Ventilation générale: _____ Pression négative: _____

(Test à fumée)

Pression positive: _____

Drain: _____ Séparateur Gaz/eau: _____

Ventilation locale: _____

Annexe III

Méthodes d'échantillonnage et d'analyse

III.1 Introduction

Il existe plusieurs méthodes pour doser l'oxyde d'éthylène dans l'air en milieu de travail. Dans le cadre de ce projet, il a fallu choisir parmi les méthodes disponibles celles qui permettaient de répondre aux questions soulevées à l'étape de la stratégie d'échantillonnage du milieu de travail. Les sections suivantes constituent une description et une analyse critique des méthodes actuellement disponibles pour le dosage de l'oxyde d'éthylène dans l'air et présentent les raisons motivant le choix des méthodes d'échantillonnage et d'analyse utilisées dans le cadre de cette étude.

Les méthodes disponibles peuvent être subdivisées en deux catégories:

1. les méthodes avec instruments à lecture directe;
2. les méthodes d'échantillonnage de l'oxyde d'éthylène avec analyse subséquente en laboratoire.

L'avantage des instruments à lecture directe est la rapidité de la réponse obtenue. Avec ce type d'instrument, il est possible d'obtenir une réponse quasi instantanée de la concentration d'oxyde d'éthylène dans l'air. Il est aussi possible, dans certains cas, d'effectuer une surveillance continue (« monitoring ») des concentrations d'oxyde d'éthylène dans l'air. Par contre, le niveau technique requis pour les manipulations, ainsi que le coût de ces instruments réduisent les possibilités d'utilisation lors d'une démarche d'hygiène industrielle effectuée par un établissement de santé. Le désavantage de la seconde catégorie de méthodes est le délai requis pour obtenir une réponse. Toutefois, les coûts relatifs et la facilité de manipulation du matériel d'échantillonnage sont des avantages certains, particulièrement lors d'une démarche d'hygiène industrielle effectuée par le milieu.

III.2 Méthodes d'échantillonnage et d'analyse avec des instruments à lecture directe

a) Détection par infrarouge (IR)

Les analyseurs à lecture directe par infrarouge sont munis d'une cellule à gaz avec miroir, dans laquelle l'échantillon est introduit en continu à l'aide d'une pompe à haut débit (8 L/min).

Il est possible d'utiliser deux longueurs d'onde différentes (11,8 μm et 3,3 μm) pour analyser de l'oxyde d'éthylène contenu dans la cellule. Ces longueurs d'onde sont obtenues en choisissant le filtre optique adéquat sur l'appareil. Pour une même concentration d'oxyde d'éthylène, la longueur d'onde de 11,8 μm est plus sensible que celle de 3,3 μm . Toutefois, cette longueur d'onde (11,8 μm) présente le désavantage d'être sensible à l'interférence du fréon 12^{me}. Dans le cas où l'oxyde d'éthylène est utilisé sous la forme d'un mélange avec du fréon 12^{me}, il faudra utiliser la longueur d'onde de 3,3 μm plutôt que celle de 11,8 μm . Par contre, lors de l'utilisation de la longueur d'onde 3,3 μm , l'humidité peut interférer avec l'analyse.

Étant donné que lors d'une stérilisation à l'oxyde d'éthylène il y a présence de fréon 12^{me} et d'humidité,

il faudra prévoir l'utilisation des deux longueurs d'onde. Toutefois, lors de l'interprétation des résultats, il est essentiel de tenir compte de ces deux variables.

Avant d'effectuer des analyses, il est nécessaire d'étalonner l'instrument avec des étalons préparés selon une méthode volumétrique statique (17). Ces étalons sont préparés dans un sac pour les gaz ou directement dans la cellule à gaz de l'instrument. Cet étalonnage est très stable pour une période minimale de six heures.

La mesure des concentrations d'oxyde d'éthylène au moyen de cet appareil permet de mesurer des concentrations allant de 3 à 800 ppm.

b) Détection par photo-ionisation (CPG — PI)

Le principe de la détection par photo-ionisation consiste en l'irradiation de la substance à détecter par rayons ultra-violet dont les photons possèdent l'énergie nécessaire à l'ionisation de cette substance.

L'ionisation de la substance produit des électrons qui sont captés par le détecteur à photo-ionisation. Le signal produit est amplifié, puis reproduit sur un graphique (chromatogramme).

La linéarité de la réponse du détecteur à photo-ionisation en fonction de la concentration d'oxyde d'éthylène a été vérifiée pour des concentrations allant de 0,1 à 20 ppm. Dans le cas où la concentration serait plus élevée que 20 ppm, il suffira de diluer l'échantillon avec un gaz ne contenant pas d'oxyde d'éthylène. Un calcul est ensuite effectué afin de tenir compte de ce facteur de dilution.

Lors de l'échantillonnage en présence de fréon 12^{me}, il faudra utiliser un instrument à lecture directe muni d'une colonne chromatographique. Les instruments qui ne sont pas munis d'une colonne ne peuvent séparer l'oxyde d'éthylène du fréon 12^{me} et par conséquent donnent un résultat inexact pour la concentration d'oxyde d'éthylène.

Ce type d'instrument ayant une certaine sensibilité aux variations de température, il sera nécessaire d'analyser un étalon d'oxyde d'éthylène afin de vérifier si la réponse du détecteur est constante, lorsque la température fluctue.

Il est suggéré d'utiliser une boucle d'injection plutôt qu'une seringue à gaz, puisque cette dernière s'avère plus pratique lors de l'échantillonnage.

c) Détection par ionisation de flamme (CPG — IF)

Cette section présente une deuxième méthode d'échantillonnage par CPG. Elle permet de mesurer des concentrations plus élevées que par la méthode CPG - PI, décrite à la section précédente.

La substance parvenant au détecteur à ionisation de flamme est ionisée dans une flamme d'air et d'hydrogène. Le signal produit est amplifié puis enregistré sur un graphique.

Le détecteur à ionisation de flamme donne une réponse pour toutes les substances organiques. Ceci implique que si le dosage a lieu sur le terrain, il faudra utiliser un instrument à lecture directe muni d'une colonne chromatographique, afin de séparer l'oxyde d'éthylène du fréon 12^{me}.

L'utilisation d'une boucle d'injection pour l'introduction de l'échantillon plutôt que d'une seringue à gaz facilite les manipulations.

Ce type de détecteur permet de mesurer des concentrations allant de 1,0 à 5 000 ppm d'oxyde d'éthylène.

III.2.1 Choix des méthodes d'échantillonnage et d'analyse faisant appel à des instruments à lecture directe

En raison de la disponibilité d'un analyseur par infrarouge et d'un chromatographe à phase gazeuse avec détection par photo-ionisation, l'utilisation d'un chromatographe avec détection par ionisation de flamme a été écartée.

L'emploi de l'analyseur par infrarouge a permis de mesurer des concentrations élevées d'oxyde d'éthylène susceptibles de fluctuer rapidement. La gamme utile de cet instrument étant de 3 à 800 ppm, il a fallu employer un chromatographe avec détection par photo-ionisation pour les concentrations inférieures à 3 ppm. Le chromatographe a permis de détecter des concentrations extrêmement faibles, de l'ordre de 0,1 ppm.

La réponse rapide de ces instruments (20 sec à 2 min) a été mise à profit pour les études d'hygiène industrielle, permettant de suivre l'évolution des concentrations de gaz, dans le temps et dans l'espace.

III.3 Méthodes d'échantillonnage avec analyse en laboratoire

a) Tubes de charbon actif (CA)

1- Méthode NIOSH S-286 (18)

Deux tubes de charbon actif contenant 400 et 200 mg de charbon sont placés en série, reliés par un tube de Tygon^{md}. Dans le premier tube, la deuxième section de charbon a été retirée et dans le second tube, la première section a été enlevée.

De ce fait, le premier tube représente la première section et le deuxième tube, la trappe. Aussitôt l'échantillonnage terminé, les deux tubes sont séparés puis bouchés individuellement, évitant ainsi toute possibilité de migration du gaz capté. Le débit d'échantillonnage et le volume total recommandés par le NIOSH sont de 50 mL/min et 5 L respectivement.

2- Méthode OSHA (19)

Cette méthode utilise le tube de charbon conventionnel contenant 100 et 50 mg de charbon avec un débit d'échantillonnage de 50 mL/min et un volume total de 3 L. À cause de la faible quantité d'adsorbant utilisé, cette méthode n'est pas à recommander.

3- Méthode Qazi-Ketcham (20)

Cette méthode utilise un tube contenant 700 et 390 mg d'un charbon actif sélectionné pour l'échantillonnage de l'OE. Cette méthode a été vérifiée pour des volumes totaux de 5 L et de 10 L et des débits d'échantillonnage de 20 à 500 mL/min. Selon les auteurs, la limite de détection pour un volume de 10 L est de 0,15 ppm.

Avantages des tubes de charbon actif:

- l'échantillonnage est facile à réaliser et peut se prêter aux mesures d'exposition environnementale ou personnelle;
- l'analyse de l'OE est facile à réaliser par chromatographie en phase gazeuse (CPG);
- l'utilisation de la CPG permet d'éliminer les interférences, tel que le Fréon 12^{md}.

Désavantages des tubes de charbon actif:

- la saturation des sites actifs sur le charbon et le déplacement de l'oxyde d'éthylène peut survenir si l'échantillonnage est d'une longue durée ou si les conditions physiques et chimiques (température, humidité, fréon) sont extrêmes. Il est possible, en plaçant deux tubes en série, de contourner ces problèmes tout en permettant un échantillonnage de longue durée en présence de fréon et d'humidité;
- le débit d'échantillonnage peut être un facteur limitant de la sensibilité s'il faut évaluer l'exposition lors d'une courte période;
- pour les méthodes de l'OSHA et de Qazi-Ketcham, la migration de l'oxyde d'éthylène d'une section à l'autre peut survenir entre l'échantillonnage et l'analyse. Pour contrôler ceci, une conservation des tubes au congélateur est de rigueur.

b) Barboteur

La méthode développée par Romano et Renner (21) utilise un barboteur contenant 10 mL de H₂SO₄ 0,1N. Au contact de la solution, l'oxyde d'éthylène est hydrolysé en éthylène glycol. Au laboratoire, la solution acide est neutralisée et analysée par chromatographie en phase gazeuse. Avant et après l'échantillonnage, le barboteur doit être pesé pour vérifier s'il n'y a pas eu d'évaporation de la solution collectrice. Les paramètres d'échantillonnage sont variables tant au niveau du débit que du volume (12 à 418 L). Une modification de cette méthode a été utilisée dans le cadre d'une étude sur l'exposition du personnel hospitalier à l'oxyde d'éthylène en Belgique (22).

Avantages du barboteur:

- l'efficacité de l'absorption est indépendante des conditions atmosphériques lors de l'échantillonnage;
- le dérivé formé (éthylène glycol) est beaucoup plus stable que l'oxyde d'éthylène;
- il n'est pas nécessaire de calculer le coefficient de désorption.

Désavantages du barboteur:

- ce type d'échantillonneur est encombrant et se prête mal à la mesure d'une exposition personnelle;
- l'éthylène glycol est une substance difficile à analyser par chromatographie en phase gazeuse.

c) Sacs d'échantillonnage

Cette méthode consiste à introduire dans un sac d'échantillonnage un volume d'air du milieu de travail. Un aliquot d'air est ensuite injecté dans un chromatographe en phase gazeuse pour l'analyser.

Avantages des sacs:

- le débit d'échantillonnage n'est pas un paramètre critique. L'évaluation d'une très courte exposition peut être effectuée;

md: marque déposée

Tygon est une marque déposée de la compagnie Norton.

- l'échantillonnage est indépendant des conditions atmosphériques;
- l'échantillon d'air peut être analysé avec un chromatographe en phase gazeuse muni d'un détecteur à photo-ionisation, ou d'un détecteur à ionisation de flamme;
- l'échantillon peut également être analysé par spectrophotométrie infrarouge.

Désavantages des sacs:

- ces sacs sont encombrants à utiliser et à transporter;
- la limite de détection est plus élevée que d'autres méthodes utilisant un plus grand volume d'air.

d) Dosimètres passifs

Le principe de l'échantillonnage à l'aide des dosimètres passifs repose sur le phénomène de diffusion moléculaire des gaz et vapeurs dans l'air (23). Ces dosimètres contiennent un adsorbant similaire au charbon actif. Les molécules organiques près de l'adsorbant sont séquestrées par celui-ci. De ce fait, un échantillonnage est réalisé et le taux d'échantillonnage est proportionnel au coefficient de diffusion spécifique de la substance échantillonnée et aux caractéristiques géométriques du dosimètre.

La compagnie 3M fabrique un dosimètre spécifique pour l'oxyde d'éthylène (23). La particularité de ce dosimètre vient du fait que l'adsorbant est recouvert d'acide bromhydrique. Au contact de l'adsorbant, l'oxyde d'éthylène se transforme en bromo-2 éthanol. L'analyse est effectuée par chromatographie en phase gazeuse.

Avantages du dosimètre passif 3M:

- l'échantillonnage est extrêmement facile à réaliser. Aucun étalonnage sur le terrain n'est requis;
- les dosimètres sont très légers. Ils n'incommodent aucunement les travailleurs;
- le dérivé formé (bromo-2 éthanol) est une substance beaucoup plus stable que l'oxyde d'éthylène.

Désavantages du dosimètre passif 3M:

- pour l'évaluation de l'oxyde d'éthylène dans l'air, les critères de précision et d'exactitude doivent être vérifiés et validés s'il y a lieu;

- ce type d'échantillonnage est peu recommandable pour de très courtes expositions;
- la sensibilité de la méthode analytique est moyenne. Selon la compagnie 3M, la limite de détection est de 2 ppm/heure;
- comme pour les tubes de charbon actif, le réactif peut être saturé si les concentrations d'oxyde d'éthylène sont trop élevées ou si le taux d'humidité est grand.

III.3.1 Choix d'une méthode d'échantillonnage/analyse

Les sites d'échantillonnage et les périodes de temps échantillonnées représentent d'une certaine façon des contraintes pour certaines méthodes d'échantillonnage. L'utilisation du barboteur a été écartée non seulement en raison des difficultés de manipulations, mais aussi parce que cette technique nécessite un temps d'échantillonnage d'au moins 120 minutes (21). Le problème est similaire pour les dosimètres passifs. De plus, les critères de précision et d'exactitude ne sont pas assez bien définis pour que les dosimètres soient utilisés dans le cadre de cette étude. Les sacs d'échantillonnage n'ont pas été utilisés en raison de la disponibilité d'un chromatographe en phase gazeuse portatif avec un détecteur à photo-ionisation et d'un analyseur portatif infrarouge.

Parmi les méthodes avec un tube de charbon actif, celle de Qazi-Ketcham a été retenue pour les raisons suivantes:

- ces tubes sont disponibles sur le marché;
- les paramètres d'échantillonnage sont relativement flexibles de telle sorte que les durées d'échantillonnage possibles sont variables;
- l'analyse chromatographique est simple à effectuer;
- l'échantillonnage est aussi simple à réaliser;
- les critères de précision et d'exactitude ont été vérifiés après plusieurs essais en laboratoire et la méthode sur ce plan s'est avérée satisfaisante.

Annexe IV

Liste des principaux distributeurs de stérilisateurs

Quatre marques de stérilisateurs sont actuellement disponibles au Québec.

AMSCO: AMSCO

550 boul. Montpellier
St-Laurent, (Québec)
H4N 2G7
Tél.: 744-2821

CASTLE: Taylor's Instrument
216, boul. Brunswick
Pointe Claire (Québec)
H9R 1A6
Tél.: 697-7510

VERNITRON: Bermédic Matériel Médical Inc.
1055, rue Victoria
St-Lambert, (Québec)
J4R 1P6
Tél.: 465-6738

3M: 3M Canada
680, rue Lépine
Dorval, (Québec)
H9P 2S5
Tél.: 631-7600

Il est à noter que les compagnies fabriquant les stérilisateurs AMSCO et CASTLE détiennent la plus grande partie du marché. Les stérilisateurs 3M étant plus petits, on les retrouve en quantité moindre que les deux autres. Un seul stérilisateur VERNITRON est en fonction au Québec et ce dans une compagnie pharmaceutique.

Les stérilisateurs à l'Anprolene^{md} sont vendus par la compagnie Bard.

CR. Bard Inc.
731 Central Ave.
Murray Hill
New Jersey

D'après le sondage effectué au début de la recherche, sept établissements seulement utiliseraient ce système. Il est cependant fort possible que l'utilisation de stérilisateurs Bard soit plus répandue dans les cliniques médicales et dentaires.

Annexe V

Distribution géographique des établissements de santé

Tableau 36

Distribution régionale des centres hospitaliers et des populations exposées

Région	Centres hospitaliers	Populations exposées
01	4,8%	2,8%
02	3,9%	4,2%
03	15,7%	16,6%
04	6,6%	5,5%
05	4,8%	4,9%
06 A	32,8%	49,0%
06 B	6,1%	3,8%
06 C	10,5%	6,6%
07	4,4%	2,1%
08	3,9%	2,7%
09 et 10	6,6%	1,5%

Région Comtés

01	Bonaventure, Gaspé, Iles-de-la-Madeleine, Matane, Matapédia, Rimouski.
02	Chicoutimi, Lac Saint-Jean, Abitibi-Est.
03	Beauce, Bellechasse, Charlevoix, Dorchester, Frontenac, Kamouraska, Lévis, L'Islet, Lotbinière, Mégantic, Montmagny, Montmorency, Portneuf, Québec, Rivière-du-Loup, Témiscouata, Wolfe.
04	Arthabaska, Champlain, Drummond, Lotbinière, Maskinongé, Mégantic, Nicolet, Saint-Maurice, Yamaska.
05	Compton, Frontenac, Richmond, Sherbrooke, Stanstead, Wolfe.
06-A	Ile-de-Montréal, Ile Jésus.
06-B	Argenteuil, Berthier, Deux-Montagnes, Joliette, Labelle, L'Assomption, Montcalm, Terrebonne.
06-C	Bagot, Beauharnois, Brôme, Chambly, Châteauguay, Huntingdon, Iberville, Laprairie, Missisquoi, Richelieu, Rouville, Saint-Hyacinthe, Saint-Jean, Shefford, Soulanges, Vaudreuil, Verchères, Yamaska.
07	Gatineau, Hull, Labelle, Papineau, Pontiac.
08	Abitibi, Témiscamingue.
09	Saguenay (Côte-Nord).
10	Territoire Nouveau-Québec.

Références

1. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. *Special Occupational Hazard Review with Control Recommendation for the Use of Ethylene Oxide as a Sterilant in Medical Facilities*, document n° 77-200. Cincinnati, NIOSH, 1977, 58 p.
2. CANADA, Santé et bien-être social Canada, direction générale de la protection de la santé. «Utilisation de l'oxyde d'éthylène comme agent de stérilisation», *Alerte, instruments médicaux*, n° 43, (janvier 1982), 2 p.
3. THE BUREAU OF NATIONAL AFFAIRS. *Occupational Safety and Health Reporter*, vol. 13, n° 5, (June 1983), pp. 106-115.
4. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. «Ethylene oxide», *Current Intelligence Bulletin*, n° 35, (May 1981), 22 p.
5. BERTHELETTE, D. et ABENHAIM, L. *Bilan des études portant sur l'oxyde d'éthylène*, Étude E-001. Montréal, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, 1983, 24 p. (Coll. «Notes et rapports scientifiques et techniques»).
6. GENNART, J.-Ph.; DUTRIEUX, M. et LAUWERYS, R. «La toxicité de l'oxyde d'éthylène, revue de la littérature», *Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de sécurité sociale*, vol. 44, n° 4, (1983), pp. 269-274.
7. HOLLIDAY, M.G.; ENGELHARDT, F.R. et MENG, R.A. *Occupational Health Aspects of Ethylene Oxide Use in Ontario*. Ottawa, Ontario Ministry of Labour, 1982, 146 p.
8. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS INC. *Documentation of the Threshold Limit Values*, 4^e éd. Cincinnati, ACGIH, 1980.
9. CANADA, Conseil canadien de la sécurité. «L'oxyde d'éthylène», *Signal de danger*, document n° V-1501-22. Ottawa, Conseil canadien de la sécurité, (avril 1982), 7 p.
10. ONTARIO, Ministry of Labour, Occupational health and safety division. *Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Workplaces*. Toronto, Ministry of Labour, May 1981, 115 p.
11. QUÉBEC, ÉDITEUR OFFICIEL. *Règlement sur la qualité du milieu de travail*. (R.R.Q. 1981, chap. S-2.1, r 15, modifié par le décret 576-82 du 10 mars 1982, G.O.Q. du 82-03-31, p. 1244). Québec, Éditeur officiel, septembre 1982.
12. ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *L'oxyde d'éthylène, agent de stérilisation efficace en milieu hospitalier*, Norme ACNOR 2314.2 - M1977. Rexdale, Ontario, ACNOR, 1979, 31 p.
13. JORKASKY, J.F. éd. *Proceedings of the Educational Seminar*, document n° 80-4. Washington, D.C., Health Industries Manufacturing Association, 1980, 207 p. (Coll. «HIMA Report»).
14. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoires. *Analyse de l'oxyde d'éthylène dans l'air*, Méthode analytique n° 81-1. Montréal, IRSST, en préparation. (Coll. «Notes et rapports scientifiques et techniques»).
15. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoires. *Analyse de l'oxyde d'éthylène dans l'air*, Méthode analytique n° 127-1. Montréal, IRSST, en préparation. (Coll. «Notes et rapports scientifiques et techniques»).
16. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoires. *Analyse de l'oxyde d'éthylène dans l'air*, Méthode analytique n° 198-1. Montréal, IRSST, en préparation. (Coll. «Notes et rapports scientifiques et techniques»).
17. ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Analyse des gaz — Préparation des mélanges de gaz pour étalonnage — Méthode volumétrique statique*, Norme internationale ISO n° 6144-1981 (F). ISO, 1981.
18. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. *NIOSH Manual of Analytical Methods*, document n° 77-157-C, 2^e éd., vol. 3. Cincinnati, NIOSH, 1977.
19. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. *OSHA, Industrial Hygiene Field Operations Manual*. Chicago, OSHA, 1979.
20. QAZI, A.H. et KETCHAM, N.H. «A new method for monitoring personal exposure to ethylene oxide in the occupational environment», *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 38, n° 11, (November 1977), pp. 635-647.
21. ROMANO, S.J. et RENNER, J.A. «Analysis of ethylene oxide — worker exposure», *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 40, n° 8, (August 1979), pp. 742-745.
22. WOLFS, P.; DUTRIEUX, M.; SCAILTEUR, V.; HAXHE, J.-J.; ZUMOFEN, M. et LAUWERYS, R. «Surveillance des travailleurs exposés à l'oxyde d'éthylène dans une entreprise de distribution de gaz stérilisants et dans des unités de stérilisation de matériel médical», *Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de sécurité sociale*, vol. 44, n° 5, (1983), pp. 321-328.
23. 3M CANADA INC. *Diffusional Air Sampling Reference Manual*, London, Ontario, 3M Canada Inc, [s.d.].

Bibliographie

- AMERICAN HEALTH CONSULTANTS INC. «EtO expert offers proven controls for reducing employee exposures», *Hospital Employee Health*, vol. 3, n° 1, (Januari 1984), pp. 2-4.
- ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *L'oxyde d'éthylène, agent de stérilisation efficace en milieu hospitalier*, Norme ACNOR Z314.2-M1977. Rexdale, Ontario, ACNOR, 1979, 31 p.
- BERTHELETTE, D. et ABENHAIM, L. *Bilan des études portant sur l'oxyde d'éthylène*, Étude E-001. Montréal, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, 1983, 24 p. (Coll. «Notes et rapports scientifiques et techniques»).
- BROSSAIS, J. «L'oxyde d'éthylène. Sécurité des installations de stérilisation, de désinsectisation et désinfection», *Cahier de notes documentaires*, vol. 101, 1980, pp. 477-484.
- CANADA, Conseil canadien de la sécurité. «L'oxyde d'éthylène», *Signal de danger*, document n° V-1501-22, Ottawa, Conseil canadien de la sécurité, (avril 1982), 7 p.
- DALEY, W.J.; MORSE, W.A. et RIDGWAY, M.G. *Ethylene Oxide Control in Hospitals*. Chicago, American Hospital Association, 1979, 43 p.
- DEADMAN, J.E. *Points saillants de l'utilisation de l'oxyde d'éthylène au Québec*. Montréal, Institut de recherche en santé et en sécurité au travail du Québec, en préparation. (Coll. «Notes et rapports scientifiques et techniques»).
- «EtO should be regarded as suspect carcinogen, mutagen», *Safety Lines*, vol. 3, n° 2, (May-June 1983), pp. 1, 3.
- HOLLIDAY, M.G.; ENGELHARDT, F.R. et MENG, R.A. *Occupational Health Aspects of Ethylene Oxide Use in Ontario*. Ottawa, Ontario Ministry of Labour, 1982, 146 p.
- JORKASKY, J.F. éd. *Proceedings of the Educational Seminar*, document n° 80-4. Washington, D.C., Health Industries Manufacturing Association, 1980, 207 p. (Coll. «HIMA Report»).
- KRAMER, R.F. «How hospitals handle ethylene oxide», *National Safety News*, vol. 12, n° 5, (May 1983), pp. 44-47.
- LINDE. *Gas Sterilants*. [s.l.], Union Carbide, 198-, 28 p.
- MOUILLESEAU, A.; LAURENT, A.-M.; FABRE, M.; JOUAN, M. et FESTY, B. «Teneurs atmosphériques en oxyde d'éthylène décelées dans l'environnement professionnel d'installations de stérilisation ou de désinfection», *Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de sécurité sociale*, vol. 44, n° 1, (1983), pp. 1-14.
- ONTARIO HOSPITAL ASSOCIATION. *A Report on Ethylene Oxide*. Ontario, Ontario Hospital Association, [s.d.], 17 p.
- SAMUELS, T.M. «Local exhaust and cycle purges reduce EtO release», *Hospitals*, vol. 55, n° 3, (February 1981), pp. 67-69.
- SAMUELS, T.M. et CORN. R. «Evaluation of a new generation ethylene oxide sterilizer relative to reduction in operator exposure to EtO», *Hospital Topics*, (January/February 1980), pp. 31-35.
- WIEDRICH, T.R. *Guide for the Safe Usage of Ethylene Oxide in the Hospital*. Rochester, New-York, Sybron Corporation, [s.d.], 5 p.
- WOMEN'S OCCUPATIONAL HEALTH RESSOURCE CENTER, *Ethylene oxide: How to use it safely*. New York, WOHRC, 1982.