

**Évaluation et contrôle
de l'exposition professionnelle
aux vapeurs et gaz
anesthésiants en milieu
hospitalier au Québec**

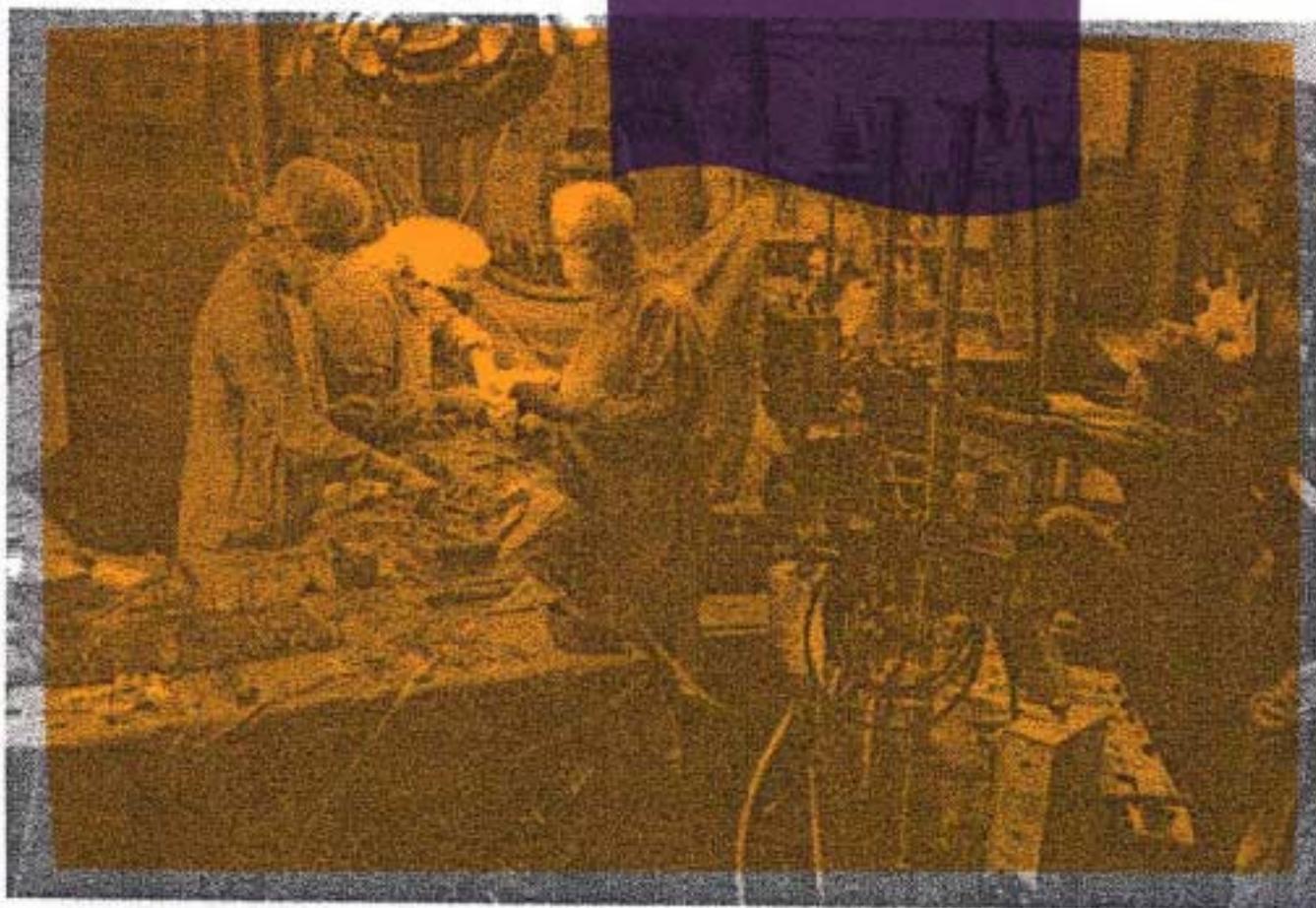


**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Jean-Erik Deadman
F.-Pierre Dussault
Louis Gendreau
Rlain Lajoie

Septembre 1984 E-010

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,

**Évaluation et contrôle
de l'exposition professionnelle
aux vapeurs et gaz
anesthésiants en milieu
hospitalier au Québec**

Jean-Erik Deadman, F.-Pierre Bussault,
Louis Gendreau et Alain Lajoie
Direction des laboratoires, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Responsable du projet: Jan-Erik Deadman

Collaborateurs: F.-Pierre Dussault
Louis Gendreau
Alain Lajoie

Nous aimerions remercier tous ceux et celles qui ont participé à la réalisation de ce projet, notamment Mmes Jocelyne Marion et Brigitte Roberge ainsi que M. Alain Desroches pour la partie technique, M. Daniel Boismenu pour la révision du texte, et Mmes Marie-France Narbonne et Josée Poirier pour le traitement de texte.

Nous remercions également MM. Michel Girard, m.d., Rosario Denis, m.d. et Marcel Boulanger, m.d., pour leurs conseils pratiques sur le contenu et la présentation de ce document.

- I. Les notes et rapports scientifiques et techniques font état d'expériences et de travaux menés par les équipes ou les services de l'IRSST.
- II. Les "méthodes analytiques" et "techniques" sont celles mises au point ou retenues par l'IRSST pour l'exécution de ses différents mandats.

L'utilisation des données incluses dans ces notes et rapports ainsi que l'application de ces méthodes et techniques se feront aux seuls risques de l'utilisateur: l'IRSST se dégage de toute responsabilité relative aux erreurs ou aux dommages qui découleraient de telle utilisation ou telle application.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
3^e trimestre 1984

ISBN: 2-551-06314-0
ISSN: 0820-8395

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec,
1984

Table des matières

	Page
Avant-propos	5
Introduction	7
1. Population exposée	9
2. Les agents anesthésiants	10
2.1 Substances utilisées	10
2.2 Propriétés des vapeurs et gaz anesthésiants	11
3. Effets sur la santé des vapeurs et gaz anesthésiants	13
3.1 Identification des risques	13
3.2 Critères d'exposition	16
4. Les systèmes d'alimentation et d'administration des vapeurs et gaz anesthésiants	20
4.1 L'appareil d'anesthésie	20
4.2 Les circuits respiratoires d'anesthésie	21
5. Méthodologie	25
5.1 Centres hospitaliers faisant partie de l'étude	25
5.2 Buts de l'échantillonnage	26
5.3 Méthode de mesure	26
6. Résultats	27
6.1 Interprétation des résultats, salles d'opération	36
6.2 Salles de réveil	39
6.3 Discussion des résultats	39

	Page
7. Recommandations.....	42
7.1 Systèmes de récupération et d'évacuation des vapeurs et gaz résiduels	42
7.2 Vérification des équipements d'anesthésie	43
7.3 Habitudes et techniques de travail	45
Conclusion	46
Annexe I: Stratégie d'échantillonnage	47

Avant-propos

Le présent rapport vise à décrire la problématique de l'exposition professionnelle aux vapeurs et gaz anesthésiants en milieu hospitalier québécois.

Ce type d'exposition a été signalé à maintes reprises par différents auteurs et a régulièrement retenu l'attention du personnel impliqué et des médias. Le cri d'alarme lancé récemment par les anesthésistes albertains et repris par la presse illustre cette préoccupation du milieu.

À la demande des départements de santé communautaire, les laboratoires de l'Institut ont évalué les niveaux d'exposition du personnel de trois centres hospitaliers lors d'interventions chirurgicales nécessitant une anesthésie générale. Les données recueillies confirment les connaissances actuelles et laissent entrevoir une situation québécoise similaire à celles décrites ailleurs dans d'autres provinces.

Considérant qu'une étude exhaustive plus représentative de l'ensemble des milieux est inappropriée dans les circonstances, la Direction des services de laboratoire a plutôt cherché à bien décrire les sources possibles de contamination et à préciser les différents moyens de contrôle. L'Institut favorise ainsi la prise en charge par le milieu tout en lui offrant certains outils nécessaires en prenant comme exemple les trois centres hospitaliers étudiés.

Bien que limitées à l'utilisation des vapeurs et des gaz anesthésiants en milieu hospitalier lors d'interventions chirurgicales, les données du présent rapport peuvent également s'appliquer à d'autres usages tels l'emploi du protoxyde d'azote en art dentaire et la cryogénie par le protoxyde d'azote lors d'enlèvement de cataractes.

Introduction

Les vapeurs et les gaz anesthésiants ont permis et permettent encore de nombreuses interventions chirurgicales dont l'issue s'est avérée et s'avère encore bénéfique dans la majorité des cas. De nos jours, l'utilisation d'une anesthésie balancée (gaz, vapeurs, agents curarisants ou morphinomimétiques employés conjointement) contribue à diminuer la toxicité pour le patient de chacune des substances du mélange anesthésique.

Cependant, le personnel des salles d'opérations peut être exposé aux agents anesthésiants volatils et aux gaz libérés dans l'air par les appareils, les circuits respiratoires ou suite à une mauvaise technique de travail.

L'anesthésie par inhalation entraîne ainsi deux types d'exposition: celle du patient qui est unique, intense et brève et celle du personnel des salles d'opération, caractérisée par une exposition moindre, mais régulière, dont la durée ainsi que l'intensité varient grandement au cours d'une même journée.

Malgré l'incohérence ou la difficulté d'interprétation des données épidémiologiques et toxicologiques accumulées à ce jour, l'exposition professionnelle aux vapeurs et aux gaz anesthésiants résiduels semble présenter certains risques: quelques études indiquent qu'il existerait un risque plus élevé d'avortements spontanés chez le personnel féminin exposé aux anesthésiques volatils, que dans la population en général. D'autres effets éventuels sur la santé incitent également à la prudence (1, 2).

Au Québec, aucune norme ne régit l'exposition maximale ou moyenne permise aux vapeurs et gaz anesthésiants. Les données des études épidémiologiques ne permettent pas l'établissement de seuils d'exposition sécuritaires. La seule recommandation dans un contexte nord-américain pour un seuil d'exposition, est celle du National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) aux États-Unis. Le NIOSH a proposé en 1977 un seuil moyen de 25 ppm pour le protoxyde d'azote (3).

L'évaluation des expositions professionnelles est la première étape d'une prévention des effets éventuels sur la santé. Comme deuxième étape, l'étude des sources d'émission de vapeurs et gaz anesthésiants permet d'implanter des moyens de contrôle adéquats pour la réduction des expositions. En dernier lieu, la vérification régulière de l'efficacité des moyens de contrôle permet de maintenir les expositions à de faibles niveaux.

Le premier objectif de ce rapport est d'illustrer l'ampleur du problème, à partir de trois études d'hygiène industrielle effectuées au sein de centres hospitaliers caractéristiques. Le second est de présenter des moyens simples et efficaces de réduction des expositions du personnel aux vapeurs et gaz anesthésiants. Finalement, l'annexe I présente une stratégie d'échantillonnage des vapeurs et des gaz anesthésiants, à l'intention des intervenants en santé et en sécurité du travail.

1. Population exposée

La population québécoise exposée aux agents anesthésiants durant le travail, est constituée en majorité du personnel des salles d'opération: les anesthésistes, les infirmières, les chirurgiens, les inhalothérapeutes, les internes et les résidents. En milieu autre qu'hospitalier, les dentistes et leurs assistants, les vétérinaires et leurs assistants et finalement le personnel affecté à la production industrielle du protoxyde d'azote et des agents halogénés peuvent être exposés aux agents anesthésiants.

Le manque de données concernant le nombre exact de personnes exposées au Québec ainsi que les niveaux d'expositions auxquels ils ont pu être soumis ne nous permet pas de connaître la situation dans le passé. Aux États-Unis, le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) a effectué en 1977 une revue de la littérature sur les concentrations environnementales des agents anesthésiants retrouvés dans les milieux hospitaliers et dentaires (3).

Le NIOSH présente les résultats d'une vingtaine d'études effectuées entre 1929 et 1977 dans diverses salles d'opération. Les résultats sont répartis selon que la salle est munie ou non d'un système pour récupérer les gaz et vapeurs. Les concentrations de protoxyde d'azote au niveau des zones respiratoires dans les salles sans contrôle varient de 0 à 9 700 ppm avec des valeurs moyennes se situant entre 3 et 6 700 ppm. Les salles munies de moyens de contrôle présentent des concentrations moyennes variant de 7 à 135 ppm avec la majorité des valeurs moyennes situées autour de 20 ppm. Les concentrations en agents halogénés, notamment l'halothane et l'enflurane, suivent les mêmes tendances pour les deux types de salle.

2. Les agents anesthésiants

2.1 Substances utilisées

L'anesthésie par inhalation se fait principalement avec du protoxyde d'azote (N₂O), lequel est administré à un débit variant de 3 à 4,5 L par minute avec de l'oxygène à 2 L par minute, générant des concentrations de l'ordre de 60 à 70%. Selon la nature de l'intervention chirurgicale, des vapeurs anesthésiantes halogénées sont ajoutées au mélange à des concentrations de l'ordre de 0,5 à 2,0%. La liste de ces vapeurs anesthésiantes est présentée au tableau 1 selon l'importance de leur utilisation.

Tableau 1: Agents anesthésiants utilisés au Québec

Nom générique	Nom commercial	Formule moléculaire
protoxyde d'azote	protoxyde d'azote	N ₂ O
halothane	fluothane, somnothane	CF ₃ -CHBrCl
enflurane	étrane	CHClF-CF ₂ -O-CHF ₂
isoflurane	forane	CF ₃ -CHCl-O-CHF ₂
méthoxyflurane*	penthrane	CHCl ₂ -CF ₂ O-CH ₃

Les substances les plus couramment utilisées sont le protoxyde d'azote, l'halothane, l'enflurane et l'isoflurane. La présente étude porte principalement sur les concentrations de protoxyde d'azote. Ce gaz est le meilleur indice d'une contamination dans une salle d'opération à cause des fortes concentrations utilisées.

* L'utilisation de ce produit est pratiquement nulle depuis l'arrivée de l'enflurane, et, plus récemment, de l'isoflurane.

2.2 Propriétés des vapeurs et gaz anesthésiants

2.2.1 Le protoxyde d'azote (4)

Le protoxyde d'azote (N_2O) appelé aussi hémioxyde d'azote ou oxyde nitreux est gazeux aux conditions ordinaires de température et de pression ($15^\circ C$, 1 atm). Il est incolore, pratiquement dépourvu d'odeur et possède une saveur légèrement sucrée. Chimiquement stable et relativement inerte à la température de la pièce, le protoxyde d'azote est un gaz ininflammable dans l'air, mais qui maintient la combustion (comburant). Sous l'action de la chaleur ($650^\circ C$, ou $350^\circ C$ en présence d'un catalyseur), le protoxyde d'azote se décompose en azote et en oxygène de façon irréversible et exothermique. Dans ces conditions, il peut former avec des gaz combustibles des mélanges inflammables ou détonants.

Sa solubilité dans les milieux les plus divers (eau, solvants organiques) constitue l'une de ses propriétés les plus remarquables. En médecine et en art dentaire, il est considéré comme un gaz faiblement anesthésique dénué d'action toxique significative. Son pouvoir anesthésique apparaît lorsque sa concentration dépasse 70% en volume, tandis qu'à faible concentration, il produit un effet euphorisant (gaz hilarant). Enfin, il faut noter qu'à forte concentration dans l'air, il agit comme un asphyxiant par déplacement de l'oxygène.

2.2.2 Les vapeurs anesthésiantes (5)

Les vapeurs anesthésiantes sont mélangées en concentration de l'ordre de 0,5 à 2,0% au protoxyde d'azote et à l'oxygène. Le tableau 2 présente les principales substances utilisées, ainsi que certaines propriétés pertinentes à l'anesthésie.

Tableau 2: Propriétés sélectionnées des agents anesthésiants

Substance	Tension de vapeur mm Hg (20°C)	Limite d'explosivité en présence de 70% N ₂ O et 30% O ₂	Point d'ébullition °C	Coefficient de partition sang/gaz	C.A.M.* Vol.%
protoxyde d'azote	-----	inflammable	-88	0,47	120
halothane	243	4,8%	50	2,3	0,74
enflurane	175	5,8%	56	1,9	1,68
isoflurane	239,5	7,0%	48,5	1,43	1,15
méthoxy- flurane	23	7,0%	104	12,0	0,20

* C.A.M.: concentration alvéolaire minimum d'un agent anesthésiant qui bloque toute réponse motrice à l'incision chirurgicale chez 50% des patients âgés de 31 à 55 ans.

3. Effets sur la santé des vapeurs et gaz anesthésiants

3.1 Identification des risques

La présente section ayant pour objet les effets des gaz anesthésiants sur la santé du personnel des salles d'opération, il ne sera pas fait mention de la toxicité aiguë et subaiguë de ces gaz chez les patients.

La publication préalablement citée du NIOSH (3), constitue un document de référence sur les vapeurs et les gaz anesthésiants. Par ailleurs, deux articles (1, 2), parmi les plus récents sur le sujet, donnent une vue d'ensemble de la question des risques professionnels reliés aux gaz anesthésiants.

Pour des raisons de concision, le résumé suivant fait état des résultats présentés dans ces deux articles et doit être interprété avec discernement.

3.1.1 Fonctions de reproduction

Malgré les faiblesses méthodologiques de nombreuses études épidémiologiques tels les taux peu élevés de réponses, l'inexistence ou l'inexactitude de définition des groupes-témoins et enfin, l'absence d'identification des agents anesthésiants en cause ou de la concentration de ces agents dans l'air ambiant, certaines d'entre elles signalent un risque plus élevé d'avortements spontanés chez le personnel féminin exposé aux agents anesthésiants volatils. Il semblerait même que le protoxyde d'azote soit l'agent causal. Néanmoins, rien ne permet d'exclure la possibilité que les vapeurs anesthésiantes aient aussi un effet sur la santé.

Les études actuelles sur l'augmentation du risque de malformations congénitales avec l'exposition aux agents anesthésiants n'établissent pas de liens aussi significatifs.

3.1.2 Mutagénéicité et carcinogénéicité

Les résultats des tests de mutagénéicité effectués sur des bactéries sont peu nombreux et contradictoires. Cependant, certains résultats positifs ainsi que la mise en évidence de propriétés mutagènes de l'urine d'anesthésistes exposés à l'halothane retiennent l'attention.

Les études effectuées chez l'animal ont démontré à ce jour que le chloroforme, anciennement utilisé comme vapeur anesthésiante, pouvait provoquer des tumeurs rénales et des sarcomes hépatocellulaires. Par contre, d'autres études menées chez l'animal sur les autres vapeurs anesthésiantes d'utilisation courante ne permettent pas de conclure que ces agents soient cancérogènes.

En outre, les études épidémiologiques n'ont pas permis de conclure de façon nette à la carcinogénéicité des gaz anesthésiants. Par contre, les auteurs des articles cités, tant Edling (1) que Vainio (2), recommandent que ces études se poursuivent en vue de confirmer cette propriété chez l'humain.

3.1.3 Atteintes hépatiques

Chez l'animal, de fortes doses d'halothane et de méthoxyflurane ainsi qu'une exposition chronique à de faibles doses d'halothane, d'isoflurane et d'éther éthylique ont provoqué des atteintes hépatiques.

Quelques cas d'atteintes hépatiques ont été signalés chez des patients et des anesthésistes exposés à l'halothane.

Quelques études épidémiologiques d'envergure ont révélé une fréquence accrue de maladies hépatiques chez les anesthésistes.

3.1.4 Atteintes rénales

Le méthoxyflurane et l'halothane provoquent des atteintes rénales chez l'animal. Les résultats d'une enquête portent à penser que les affections rénales chroniques constitueraient une des causes de mortalité chez les anesthésistes.

Par ailleurs, le méthoxyflurane perturberait de façon modérée et temporaire la fonction rénale des patients et du personnel exposé à de faibles concentrations. À de fortes concentrations, la toxicité rénale du méthoxyflurane est potentiellement mortelle.

3.1.5 Atteintes neurologiques

À cause de leur liposolubilité, les agents anesthésiants constituent un risque de neurotoxicité. Les études peu nombreuses visant à définir la neurotoxicité chronique des gaz anesthésiants ont souvent mené à des conclusions contradictoires.

Il y a, bien sûr, des cas isolés d'abus volontaires ou de fortes expositions professionnelles, mais il s'agit de cas individuels.

Toutefois, malgré l'absence de signification aux plans statistiques ou biologiques, l'ensemble des études expérimentales ou épidémiologiques révèle des tendances qui appellent à la prudence; dans de nombreux tests de fonctions physiologiques, neurologiques ou comportementales, il semblerait que la performance du personnel exposé soit légèrement inférieure à celle de personnes non exposées ou exposées à des concentrations moindres, bien que ces concentrations ne soient pas toujours clairement précisées.

3.1.6 Autres effets

Diverses études suggèrent que l'exposition prolongée au protoxyde d'azote peut provoquer tant une perturbation du métabolisme de la vitamine B₁₂ qu'une production de tétrahydrofolate, ce qui expliquerait un syndrome myéloneuropathique que contractent les personnes exposées pendant de longues périodes à cet agent.

Les agents anesthésiants diminuent la réponse immunitaire. Dans l'état actuel des connaissances ces observations ne peuvent cependant être traduites en termes d'impact réel sur la santé.

3.1.7 Conclusions

Certaines études épidémiologiques ont mis en évidence une fréquence modérément accrue d'avortements spontanés chez le personnel féminin des salles d'opération.

Quant aux autres effets délétères imputés aux agents anesthésiants, les données actuelles sont souvent contradictoires ou négatives. Néanmoins, les tendances qui se dessinent à bien des égards constituent une information suffisante pour inciter à la prudence en surveillant l'exposition aux agents anesthésiants résiduels et en suivant de près l'état de santé du personnel exposé.

3.2 Critères d'exposition

Étant donné qu'une relation claire entre l'exposition aux agents anesthésiants et les effets sur le personnel exposé ne semble pas évidente, l'établissement de seuils d'exposition sécuritaires devient difficile. De plus, l'utilisation d'autres agents anesthésiants et le développement d'autres équipements d'anesthésie au cours des trente dernières années compliquent certaines études épidémiologiques menées durant cette période.

3.2.1 Québec

Présentement, aucune norme québécoise ne régit l'exposition moyenne ou maximale aux différents gaz anesthésiants.

3.2.2 Ontario

Des seuils de 25 ppm* pour le protoxyde d'azote et de 2 ppm pour l'halothane, l'enflurane et l'isoflurane sont recommandés. Présentement, aucune norme n'a force de loi ou de règlement (6).

3.2.3 États-Unis, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

Le NIOSH n'a pu identifier des seuils d'exposition pouvant être considérés "sans risque", lors de la préparation du document "Criteria for Exposure to Waste Anesthetic Gases and Vapors" (3).

Cet organisme a recommandé que les risques reliés à l'exposition soient minimisés en réduisant les expositions au plus faible niveau possible. Selon des études effectuées en milieu hospitalier, ce niveau a été interprété de la façon suivante: "Lors de l'utilisation seule des vapeurs halogénées, l'exposition devrait être limitée au plus bas niveau décelable par les méthodes d'analyse appropriées au milieu de travail".

Ces niveaux d'exposition ont été définis de la façon suivante:

a) Agents halogénés seuls

halothane	
enflurane	
méthoxyflurane	2 ppm**
fluroxène	
chloroforme	
trichloroéthylène	

* ppm: Parties de vapeur ou de gaz par million de parties d'air contaminé, exprimées en volume, à 25°C et 101,3 kPa.

** Basé sur un échantillonnage de 45 L d'air, par adsorption sur charbon actif, pour une période n'excédant pas une heure.

b) Agents halogénés en présence de protoxyde d'azote

halothane	}	0,5 ppm*
enflurane		

c) Protoxyde d'azote seul ou en présence d'agents halogénés

protoxyde d'azote	25 ppm
-------------------	--------

3.2.4 États-Unis, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

En tenant compte des effets sur la santé observés lors de l'utilisation de l'halothane et de l'enflurane en milieu hospitalier, et en comparaison avec la toxicité du chloroforme et du trichloroéthylène, l'ACGIH recommande les seuils d'exposition suivants (7):

a) Agents halogénés seuls

enflurane	75 ppm
halothane	50 ppm

b) Agents halogénés en présence de protoxyde d'azote

enflurane	}	10 ppm	(afin de respecter le seuil du mélange)
halothane			

c) Protoxyde d'azote: Aucune recommandation

* Basé sur un échantillonnage de 45 L d'air, par adsorption sur charbon actif, pour une période n'excédant pas une heure.

3.2.5 Pays scandinaves (8)

- a) Danemark: Des seuils moyens permis de 5 ppm pour l'halothane et de 100 ppm pour le protoxyde d'azote sont en vigueur.
- b) Suède: Un seuil moyen de 5 ppm pour l'halothane a été adopté en 1979. Un seuil pour le protoxyde d'azote de 100 ppm est recommandé (1982).
- c) Norvège: Des seuils moyens permis de 5 ppm pour l'halothane et de 100 ppm pour le protoxyde d'azote sont suggérés (1982).

3.2.6 Discussion des critères d'exposition

Le contraste entre les seuils proposés par le NIOSH et l'ACGIH pour les agents halogénés reflète les différences de la philosophie de chaque organisme. Les recommandations de l'ACGIH pour l'enflurane et l'halothane sont basées en grande partie sur des comparaisons toxicologiques avec d'autres agents anesthésiants anciennement utilisés, tels que le chloroforme et le trichloroéthylène. Cet organisme ne propose actuellement aucun seuil pour le protoxyde d'azote, cette question étant à l'étude.

La seule recommandation pour le protoxyde d'azote dans un contexte nord-américain est celle du NIOSH, soit de limiter l'exposition à 25 ppm. Il est important de préciser que cette recommandation est basée sur des études en milieu hospitalier, visant à définir un niveau d'exposition minimum atteignable en utilisant la technologie existante.

4. Les systèmes d'alimentation et d'administration des vapeurs et gaz anesthésiants

Les systèmes utilisés pour fournir un mélange de vapeurs et gaz anesthésiants au patient sont constitués de deux parties distinctes: l'appareil d'anesthésie et le circuit respiratoire d'anesthésie.

4.1 L'appareil d'anesthésie

L'appareil d'anesthésie est muni de rotamètres étalonnés et de vaporisateurs précis permettant à l'anesthésiste de fournir des quantités et des concentrations connues d'oxygène et de vapeurs et gaz anesthésiants au circuit respiratoire d'anesthésie.

La figure 1 démontre le fonctionnement d'un appareil typique et les raccords supplémentaires nécessaires à l'alimentation des gaz à haute pression, soit l'oxygène, le protoxyde d'azote et l'air.

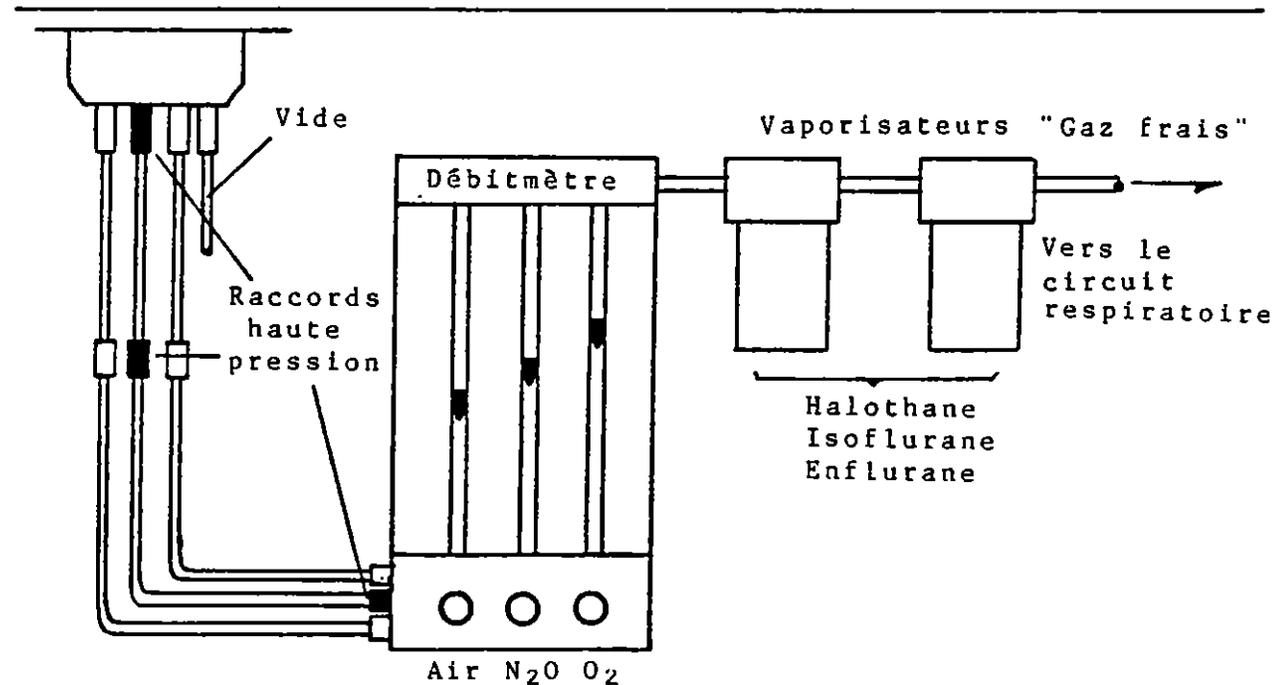


Figure 1 - L'appareil d'anesthésie

Les vaporisateurs servent à évaporer un agent anesthésiant halogéné qui est sous forme liquide. Chaque vaporisateur est dédié à un agent halogéné en particulier, car chaque agent possède des propriétés anesthésiques qui lui sont propres.

La figure 1 montre une ligne de vide installée à côté des autres raccords de haute pression. Cette ligne (lorsqu'elle est présente) sert de vide central pour le système d'évacuation des vapeurs et gaz anesthésiants résiduels.

4.2 Les circuits respiratoires d'anesthésie

La composition du mélange de gaz inspiré par le patient peut être modifiée à l'aide du circuit respiratoire employé entre le patient et l'appareil d'anesthésie.

Plusieurs types de circuits sont utilisés dans le milieu hospitalier en général. Les termes utilisés pour classifier les divers circuits ne sont pas standardisés. Pour des fins de clarté nous employons ici la classification de Conway (9) pour décrire les circuits couramment utilisés au Québec.

4.2.1 Circuit ouvert

Le circuit est ouvert complètement sur l'atmosphère et il y a une source illimitée de gaz frais. L'exemple le plus simple d'un tel circuit est dans le cas de l'administration d'un gaz anesthésiant par un masque ou un tube tenu à une distance de quelques centimètres du visage du patient. Le patient respire toujours des gaz frais et de l'air de la pièce. Il n'y a aucun retour des gaz expirés.

4.2.2 Circuit semi-fermé

L'entrée d'air atmosphérique dans le circuit est empêchée. Les gaz frais sont fournis par l'appareil d'anesthésie en quantité supérieure au besoin du système. Le surplus des gaz frais est libéré par la valve de trop-plein ("pop-off valve").

Les circuits semi-fermés sont divisés en deux catégories avec division subséquente de la deuxième catégorie.

a) Circuit semi-fermé avec absorption de CO_2 , en cercle

Ce circuit a pour avantages principaux l'économie de gaz et de vapeurs et la réduction de leur échappement à l'atmosphère (si la valve de trop-plein est reliée au système de récupération).

La figure 2 représente un circuit semi-fermé, en cercle, relié à un système de récupération.

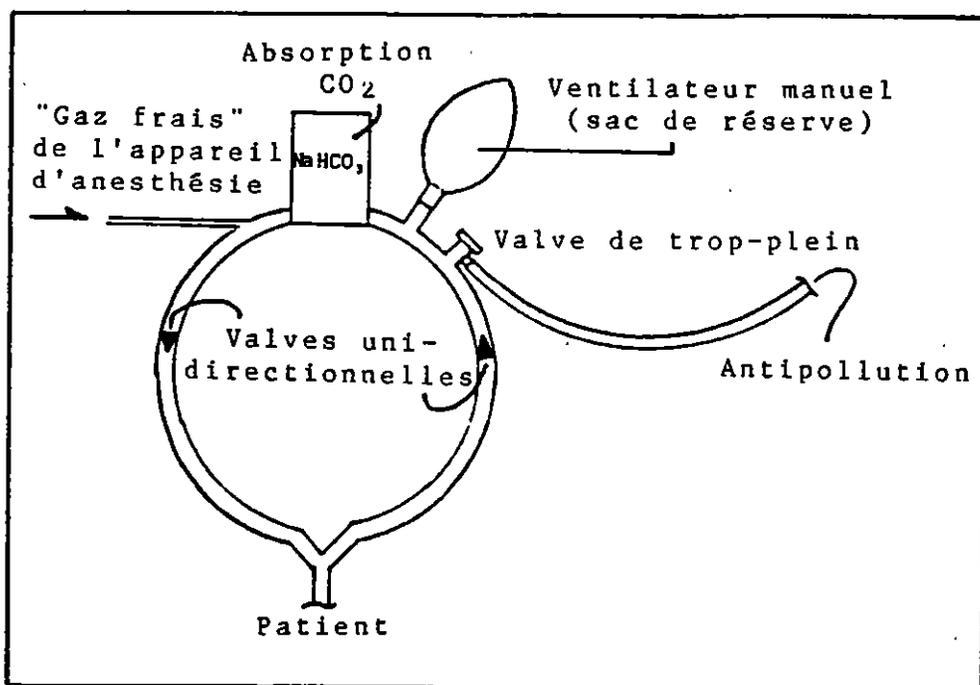


Figure 2 - Circuit semi-fermé, en cercle, avec absorption de CO_2

Le mélange de gaz frais est acheminé dans un côté du circuit, de façon à continuer vers le patient. Lorsqu'expirés, les gaz retournent par le côté opposé du circuit, où une partie des gaz expirés est recyclée en passant par un absorbant de CO_2 . L'autre partie, non-recyclée, est libérée par la valve de trop-plein et aspirée par le système d'évacuation.

Lorsque l'absorption du CO_2 est efficace, le gaz inspiré par le patient est libre de traces de CO_2 .

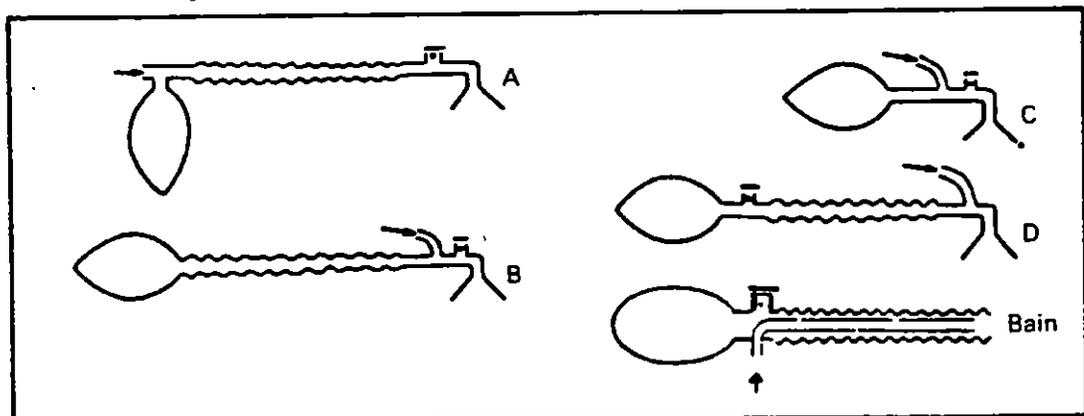
b) Circuit semi-fermé, sans absorption de CO₂

Cette catégorie de circuit se divise ainsi:

- Mapleson A, B, C, D
- Circuit coaxial Bain

Dans cette catégorie de circuit, il n'y a pas de recirculation des gaz expirés au travers d'un absorbeur de CO₂. Le pourcentage des gaz expirés qui se mélangent avec les gaz frais avant d'être respirés par le patient, peut être maintenu à un très faible niveau par l'anesthésiste.

La figure 3 présente les circuits Mapleson A, B, C, et D ainsi que le circuit coaxial Bain. Les circuits sont similaires, mais différents dans l'emplacement de certains des éléments communs aux cinq circuits, soit l'entrée des gaz frais, le sac de réserve et la valve expiratoire. De plus, les circuits peuvent différer dans la longueur du tube flexible utilisé entre le sac de réserve et le masque.

Légende

→ Entrée des gaz frais

Fi Valve expiratoire

 Sac de réserve

 Masque

 Tube flexible

Figure 3 - Circuits semi-fermés, sans absorption de CO₂

c) Le ventilateur automatique

Le ventilateur automatique (aussi appelé respirateur automatique) est utilisé pour faire respirer automatiquement le patient durant une intervention chirurgicale. Après la période de l'induction d'anesthésie, le ventilateur, partie intrégrante du circuit d'anesthésie, est branché à la place du sac de réserve. Il est utilisé lorsque la durée de l'opération l'exige.

Lorsque le ventilateur est connecté au circuit, la valve expiratoire du circuit est alors fermée. Ainsi le surplus de gaz dans le circuit d'anesthésie est libéré par le ventilateur automatique.

La figure 4 illustre le fonctionnement d'un ventilateur automatique typique.

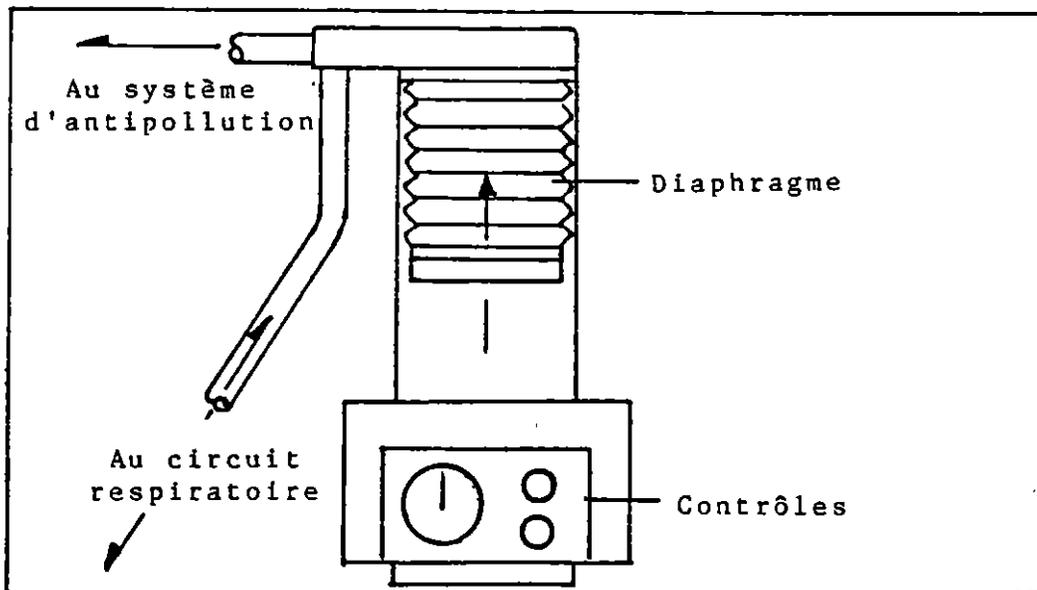


Figure 4 - Ventilateur automatique (simplifié)

Le surplus de gaz et de vapeurs dans un circuit respiratoire est normalement libéré par le ventilateur automatique lorsqu'il est relié au circuit. Dans les ventilateurs les plus anciens, cet excès de gaz est libéré dans l'air de la salle. Les plus récents modèles sont munis de prises qui, une fois reliées au système d'évacuation, peuvent assurer la récupération complète des vapeurs et gaz résiduels.

La plupart des centres hospitaliers qui possèdent d'anciens ventilateurs ont effectué des modifications sur ces appareils pour récupérer les vapeurs et gaz résiduels dans un système d'évacuation. L'efficacité de ces modifications est variable, ne garantissant pas toujours un contrôle adéquat des émissions.

5. Méthodologie

5.1 Centres hospitaliers faisant partie de l'étude

Les études d'hygiène industrielle résumées dans ce rapport ont été effectuées dans trois centres hospitaliers de la région de Montréal. Ces études ont été entreprises à la demande des trois départements de santé communautaire concernés.

Les problèmes d'exposition reliés à l'utilisation des gaz anesthésiants ont été évalués dans dix salles d'opération durant plusieurs interventions chirurgicales.

Les études ont été limitées volontairement à ces trois centres hospitaliers, puisque les sources d'émission de vapeurs et gaz anesthésiants ainsi que les tendances d'exposition démontrées, se ressemblent d'une salle d'opération à l'autre.

5.2 Buts de l'échantillonnage et de l'analyse

L'échantillonnage et l'analyse des gaz et vapeurs ont été effectués de façon à déterminer:

- les concentrations dans la zone respiratoire du personnel des salles d'opération;
- les sources d'émissions et leur contribution à l'exposition du personnel.

Ainsi, les concentrations ont été mesurées à des endroits spécifiques approximatifs des zones respiratoires de l'anesthésiste, du chirurgien et des infirmières, et ce durant la période d'administration de gaz et vapeurs au patient.

Les sources d'émissions ont été caractérisées à l'aide d'un instrument à lecture directe permettant une surveillance continue des concentrations près des sources potentielles de fuite telles que les raccords des lignes de haute pression, les circuits d'anesthésie et le ventilateur automatique.

Le protoxyde d'azote a servi d'indice de contamination de l'air, puisque le rapport entre ce gaz et l'agent halogéné utilisé conjointement pour l'anesthésie est de l'ordre de 25:1 à 50:1. Dans certaines salles, où la mesure s'est avérée possible, nous avons évalué les concentrations des agents halogénés en même temps que celle du protoxyde d'azote. Ces derniers résultats sont partiels et ne sont pas présentés dans ce texte.

5.3 Méthode de mesure

Les concentrations de protoxyde d'azote au niveau des sources d'émissions et dans la zone respiratoire du personnel sont évaluées à l'aide d'un instrument à lecture directe par infrarouge (10). Ce type d'analyseur est muni 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). L'analyse du protoxyde d'azote à la longueur d'onde de 4,5 μm permet de mesurer des concentrations allant de 0,5 à 600 ppm.

Il est également possible de procéder à un échantillonnage instantané ou intégré par remplissage d'un sac d'échantillonnage et d'acheminer ce dernier à un laboratoire pour l'analyse du protoxyde d'azote.

Pour le dosage des vapeurs anesthésiantes, il est possible d'utiliser un instrument à lecture directe par infrarouge (11-14) et/ou de procéder à un échantillonnage intégré par adsorption sur charbon actif avec analyse subséquente en laboratoire. Les dosimètres passifs pour l'échantillonnage n'ont pas été utilisés, les critères de précision et d'exactitude n'ayant pas été vérifiés et validés.

Lorsqu'un agent halogéné est utilisé conjointement avec le protoxyde d'azote, on observe des interférences au niveau de l'analyse par infrarouge. L'utilisation d'un calcul matriciel a permis d'évaluer correctement chacun des constituants (15).

6. Résultats

Les six prochains tableaux présentent les résultats obtenus dans chaque centre hospitalier. Pour chacun des centres hospitaliers, deux tableaux sont présentés: le premier montre les résultats des concentrations de protoxyde d'azote au niveau des zones respiratoires du personnel exposé; le second tableau donne la liste des éléments du système d'anesthésie laissant échapper du protoxyde d'azote dans l'atmosphère de la salle d'opération. Finalement, un dernier tableau illustre les concentrations de protoxyde d'azote dans l'air des trois salles de réveil des trois hôpitaux.

Notes sur les tableaux

a) Personnel exposé

Dans certains cas, il n'a pas été possible de distinguer les expositions de deux groupes de personnes. Ceci a été occasionné par la proximité de ces personnes lors de certaines opérations. En conséquence, un niveau d'exposition représentatif pour les deux groupes est présenté.

b) Moyenne géométrique

La moyenne géométrique est employée pour exprimer des résultats de concentrations, ces résultats étant distribués d'une façon log-normale. Dans le cas d'une valeur unique, aucun écart ni aucune moyenne ne sont calculables. Donc, le résultat est inscrit à la colonne "moyenne géométrique ou résultat (ppm)".

c) Système d'évacuation des gaz et vapeurs

Il est à noter que toutes les salles étaient munies d'un système d'évacuation de vapeurs et gaz anesthésiants.

Tableau 3: Protoxyde d'azote dans l'air des salles d'opération 1, 2 et 3 durant quatre opérations - Hôpital A

Salle	Opération et durée	Personnel exposé	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)	Système d'évacuation des gaz et vapeurs
1	Hystérectomie vaginale 50 min	Anesthésiste	2	100 à 145	120	Utilisé
		Infirmières Chirurgien	5	32 à 84	55	
1	Ligature tubaire par voie vaginale 23 min	Infirmières Chirurgien	12	15 à 180	47	Utilisé
2	Arthrotomie du genou 45 min	Anesthésiste	4	98 à 162	120	Utilisé
		Infirmières	2	340 à 410	373	
3	Amygdalectomie 38 min	Anesthésiste	2	100 à 105	102	Utilisé
		Infirmières Chirurgien	6	75 à 120	92	

Tableau 4: Caractérisation des sources d'émission de protoxyde d'azote dans les salles d'opération - Hôpital A

Salle	Opération et durée	Endroit	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)	Remarques
1	Hystérectomie vaginale 50 min	Sur l'unité d'anesthésie	4	175 à 238	203	
		Près des raccords: -2 ^e raccord, situé près du plafond	3	260 à 500	357	
		-3 ^e raccord, situé derrière l'unité d'anesthésie	2	300 à 600	424	
		Derrière le ventilateur automatique OHIO	2	415 à 550	478	
2	Arthrotomie du genou 45 min	Sur le ventilateur automatique BIRD MKII	3	1 527 à 2 160	1 760	Ventilateur non relié au système d'évacuation
		2 ^e raccord	2	1 500 à 2 000	1 720	Valeur élevée due à la proximité du ventilateur
		3 ^e raccord situé à l'arrière de l'unité d'anesthésie	1	-----	120	

Tableau 4 (suite)

Salle	Opération et durée	Endroit	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)	Remarques
3	Amygdalectomie 38 min	Centre de la salle, avant l'opération	1	-----	3,7	Raccord non branché
		2 ^e raccord situé près du plafond	2	2 140 à 3 000	2 530	Raccord branché pour une opération
		Centre de la salle	1	-----	13	9 min plus tard
		Près du ventilateur automatique	1	-----	68	20 min après le début de l'opération

Tableau 5: Protoxyde d'azote dans l'air des salles d'opération 1, 2, 3 et 4 durant quatre opérations - Hôpital B

Salle	Opération et durée	Personnel exposé	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)	Système d'évacuation des gaz et vapeurs
1	----- 77 min	Anesthésiste	3	291 à 330	310	Débranché
		Anesthésiste	10	80 à 130	96	Branché
		Chirurgien Infirmière	} 10	110 à 370	200	Débranché
2	----- 90 min	Anesthésiste Chirurgien Infirmière	} 4	24 à 30	27	Utilisé
3	----- 220 min	Anesthésiste Chirurgien Infirmière	} 8	770 à 880	850	Non utilisé
4	----- 70 min	Anesthésiste	2	640 à 830	730	Non utilisé
		Chirurgien Infirmière	} 5	330 à 460	430	

Tableau 6: Caractérisation des sources d'émission de protoxyde d'azote dans les salles d'opération - Hôpital B

Salle	Opération et durée	Endroit	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)	Remarques
1	----- 77 min	Près du ventilateur automatique OHIO (évacuation débranchée)	2	320-387	352	
		Près du 2 ^e raccord situé près du plafond (évacuation débranchée)	1	-----	350	Contamination provenant du ventilateur
		Sur l'unité d'anesthésie (évacuation débranchée)	1	-----	120	Idem
2	----- 90 min	Près du 2 ^e raccord situé près du plafond (évacuation débranchée)	1	-----	26	Absence de fuite majeure
		Derrière l'unité d'anesthésie	1	-----	26	
3	----- 220 min	À la sortie du tuyau contenant les gaz expirés par le patient	1	-----	10 000	
4	70 min	Près du 2 ^e raccord situé près du plafond	1	-----	940	

Tableau 7: Protoxyde d'azote dans l'air des salles d'opération 1, 2 et 3 durant trois opérations - Hôpital C

Salle	Opération et durée	Personnel exposé	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)	Système d'évacuation des gaz et vapeurs
1	Laparoscopie 30 min	Chirurgien } Infirmière }	4	68 à 80	72	Utilisé
		Anesthésiste	1	-----	82	
2	Excision d'une tumeur 60 min	Chirurgien } Infirmière }	5	92 à 165	126	Utilisé
		Anesthésiste - ventilation manuelle	6	16 à 30	23	
		- ventilation automatique	5	210 à 470	295	
3	Stapédectomie 90 min	Chirurgien } Infirmière }	8	360 à 520	442	Non utilisé
		Anesthésiste	6	350 à 460	409	

Tableau 8: Caractérisation des sources d'émission de protoxyde d'azote dans les salles d'opération - Hôpital C

Salle	Opération et durée	Endroit	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)	Remarques
1	Laparoscopie 30 min	Près de l'unité d'anesthésie	2	94 à 140	115	
2	Excision d'une tumeur 60 min	Près de l'unité d'anesthésie	3	25 à 36	32	Ventilation manuelle du patient
		Près du respirateur automatique	1	----	2 200	Ventilation automatique
		Derrière l'unité d'anesthésie	2	1 100 à 2 600	1 800	
3	Stapédectomie 90 min	Près de l'unité d'anesthésie	1	----	445	
		Près du respirateur automatique	1	----	510	
		Près du 1 ^{er} raccord situé près du plafond	1	----	360	
		Près du 2 ^e raccord	3	1 200 à 2 700	2 000	
		Près du 3 ^e raccord	1	----	700	

Tableau 9: Concentrations de protoxyde d'azote mesurées dans l'air des salles de réveil - Hôpitaux A, B et C

Hôpital	Nombre d'échantillons	Écart des résultats (ppm)	Moyenne géométrique ou résultat (ppm)
A	2	13 à 15	14
B	1	---	18
C	3	15 à 18	16,5

6.1 Interprétation des résultats, salles d'opération

Les salles d'opération peuvent être classées selon le degré de contrôle de l'exposition au protoxyde d'azote, en comparant les résultats obtenus lors de l'échantillonnage au niveau de la zone respiratoire, à la valeur proposée par le NIOSH (25 ppm). Ces degrés de contrôle sont présentés dans les trois prochains tableaux.

Tableau 10: Contrôle efficace du niveau de N₂O (25 ppm ± 10%)

Hôpital	Salle	Personnel exposé	Concentration (ppm)
B	2	Anesthésiste, chirurgien, infirmière	27
C	2	Anesthésiste (durant venti- lation manuelle seulement)	23

Dans le premier cas, le contrôle de l'exposition est attribuable à l'absence de fuite au niveau des raccords, de l'unité d'anesthésie, du ventilateur automatique utilisé ainsi qu'au niveau de l'évacuation continue des gaz résiduels.

Dans le cas de la salle 2 de l'hôpital C, la faible exposition durant la première partie de l'opération est entièrement due à l'utilisation du ventilateur manuel pour faire respirer le patient. Il est à remarquer (tableau 7) que lors de l'emploi du ventilateur automatique, la concentration augmente de treize fois. Au tableau 8, l'importance des fuites de ce ventilateur automatique est évidente (2 200 ppm), lorsque le ventilateur n'est pas muni d'une prise à vide.

Tableau 11: Contrôle moyen du niveau de N₂O (25 à 100 ppm)

Hôpital	Salle	Personnel exposé	Concentration (ppm)
A	1	Chirurgien, infirmière	47
C	1	Chirurgien, infirmière Anesthésiste	72 82

Hôpital A: Malgré le fait que le système d'évacuation des gaz soit branché dans la salle 1, la présence de fuites de basse pression au niveau des raccords et du ventilateur automatique maintient la concentration à des valeurs assez élevées. Les moyennes d'exposition peuvent sembler peu élevées, mais de fortes concentrations sont notées dans la zone respiratoire de l'anesthésiste (100 à 145 ppm) comparées aux concentrations notées pour l'infirmière et le chirurgien (32 à 84 ppm).

Hôpital C: Lors de l'opération à la salle 1, les concentrations ont peu varié en fonction du temps ou de l'endroit de mesure, indiquant l'absence de sources ponctuelles. Le système de récupération des gaz résiduels était branché. Les concentrations peu élevées sont surtout attribuables au contrôle manuel de la respiration.

Tableau 12: Contrôle inadéquat du niveau de N₂O (100 ppm et plus)

Hôpital	Salle	Personnel exposé	Concentration (ppm)
A	2	Anesthésiste	120
		Infirmière	373
A	3	Anesthésiste	102
		Chirurgien, infirmière	92
B	1	Anesthésiste	96 à 310
		Chirurgien, infirmière	200
B	3	Anesthésiste, chirurgien, infirmière	850
		4	Anesthésiste
C	2	Chirurgien, infirmière	430
		Anesthésiste	126
C	3	Chirurgien, infirmière	295
		Anesthésiste	442
			409

Hôpital A: Les concentrations élevées de la salle 2 proviennent principalement du ventilateur automatique (1 527 à 2 160 ppm). Les valeurs élevées près du 2^e raccord reflètent la proximité du ventilateur automatique dans cette salle.

Les résultats de la salle 3 démontrent l'apport possible d'une fuite majeure (2 140 à 3 000 ppm) dans un raccord. Un tel cas devrait être plutôt rare car le bruit causé par la fuite était décelable à l'oreille.

Hôpital B: L'importance de l'utilisation en tout temps d'un système d'aspiration des gaz expirés par le patient est démontrée par les résultats des salles 1 et 3. En arrivant dans la salle 1, le système n'était pas branché, donnant des résultats entre 291 et 330 ppm. Lors du branchement du système, les concentrations ont baissé à 80-130 ppm, soit le tiers de leurs valeurs précédentes.

Lors de l'arrivée dans la salle 3, le système d'évacuation des gaz n'était pas branché. L'opération était en cours depuis trois heures. À la sortie du tuyau contenant les gaz expirés par le patient, des valeurs supérieures à 10 000 ppm ont été observées.

Il a été impossible de vérifier la présence des fuites au niveau des raccords ou du ventilateur automatique, car toute fuite aurait été masquée par les concentrations élevées retrouvées dans l'air.

Les concentrations variaient peu en fonction du temps ou de l'emplacement de la sonde de mesure, indiquant l'atteinte d'un équilibre entre la génération des gaz et leur dilution par le système de ventilation générale de la salle.

À la salle 4, les concentrations élevées proviennent de deux sources principales: une fuite dans un raccord et le surplus échappé du circuit d'anesthésie. La fuite du raccord implique une variation des concentrations mesurées en fonction de l'emplacement de la sonde.

Hôpital C: Lors de l'utilisation du ventilateur automatique dans la salle 2, l'augmentation des concentrations était immédiate, causée par des fuites dans le ventilateur automatique. L'odeur de l'éthrane utilisé avec le protoxyde d'azote était décelable près de l'unité d'anesthésie, possiblement causée par une fuite au niveau du vaporisateur de l'unité.

Une fuite au niveau d'un raccord sur la ligne d'alimentation du protoxyde d'azote dans la salle 3 a contribué à la contamination de l'air dans cette salle. De plus, le système d'évacuation des gaz anesthésiants n'était pas en utilisation.

6.2 Salles de réveil

Les concentrations retrouvées dans l'air des trois salles de réveil ne dépassent aucun des critères d'exposition décrits précédemment.

6.3 Discussion des résultats

6.3.1 Pollution et systèmes de ventilation générale

Malgré le fait que les salles d'opération visitées aient des taux de ventilation d'air assez élevés (variant entre dix et vingt changements d'air à l'heure), ces systèmes de ventilation générale ne peuvent pas assurer la réduction des concentrations de gaz et de vapeurs au niveau de la zone respiratoire du personnel. En effet, d'autres études sur la pollution de l'air dans les salles d'opération concluent que le mouvement d'air des systèmes conçus pour minimiser la contamination bactérienne durant les interventions n'est pas adéquat pour la réduction des concentrations de gaz, ce qui nécessite un mélange complet de l'air de la salle (16, 17).

6.3.2 Systèmes d'évacuation des vapeurs et gaz résiduels

Dans les salles d'opération des hôpitaux B et C, l'évacuation du surplus des gaz et vapeurs était effectuée à l'aide des prises de vide prévues originalement pour l'aspiration de fluides durant les interventions chirurgicales. Lorsque ces prises sont requises pour une

opération, aucune récupération de gaz ne peut être effectuée. De plus, la connexion et la déconnexion continuelles de l'évacuation des gaz anesthésiants deviennent un ennui pour le personnel. Inévitablement, le système d'évacuation demeure toujours débranché.

Les salles de l'hôpital A étaient munies d'un système central d'évacuation spécifique aux vapeurs et gaz anesthésiants. Les prises de vide du système sont localisées près des autres raccords pour le protoxyde d'azote, l'oxygène et l'air. Ce système d'évacuation central n'était pas utilisé à sa pleine capacité, car il y avait encore des circuits d'anesthésie qui n'y étaient pas reliés. Les valves de trop-plein et les ventilateurs de ces circuits n'étaient pas munis de prises pour le système d'évacuation.

6.3.3 Fuites et autres sources ponctuelles

Le tableau 5 démontre la rapidité avec laquelle une seule fuite peut contaminer l'air d'une salle d'opération lorsqu'il n'y a aucune vérification ou contrôle des sources ponctuelles de contamination. La concentration augmente de 3,7 à 13 ppm dans un délai de neuf minutes.

Ni un système d'évacuation spécifique aux gaz et vapeurs, ni un système de ventilation générale ne peuvent assurer le contrôle des expositions en présence de telles fuites.

Les fuites de haute pression au niveau des lignes d'alimentation de gaz ainsi que les fuites de basse pression au niveau des circuits d'anesthésie étaient fréquentes dans les salles visitées.

D'après la littérature (18, 19), les autres sources ponctuelles de contamination sont: les fuites durant l'induction d'anesthésie, le remplissage des vaporisateurs, la vérification des équipements d'anesthésie, l'ouverture du débit de gaz avant l'application du masque ou l'intubation ainsi que les fuites de tubes déconnectés accidentellement ou intentionnellement. Durant nos évaluations, ces sources d'émission ont certainement contribué aux concentrations relevées, mais leur apport individuel n'a pu être vérifié. Ailleurs (18, 19), ces sources ponctuelles sont considérées comme étant très fréquentes et aussi importantes que les fuites de haute et basse pression décrites précédemment. La présence de ces sources dépend largement des habitudes et des techniques de travail lors de la préparation, de l'entretien et évidemment de l'utilisation des équipements d'anesthésie.

6.3.4 Expositions du personnel

Les évaluations effectuées durant l'administration des vapeurs et gaz anesthésiants, démontrent que l'exposition au protoxyde d'azote du personnel des salles d'opération des trois centres visités varie entre 26 et 850 ppm.

Le degré de l'exposition est le résultat de facteurs tels que:

- le nombre et la durée des interventions;
- l'emploi ou non d'un système d'évacuation de gaz résiduels;
- les fuites de haute et basse pression;
- les types d'appareils d'anesthésie et de ventilateurs utilisés;
- les méthodes et les habitudes de travail.

Selon la salle d'opération, des variations de concentrations de deux à trente fois peuvent être notées pour les valeurs mesurées et ce, à l'intérieur du même centre hospitalier. Ces différences sont le résultat des facteurs énumérés précédemment.

6.3.5 Réduction des expositions

Les variations des concentrations d'une salle à l'autre indiquent qu'il y a présentement des efforts déployés pour réduire les expositions du personnel. Déjà avec l'élimination des fuites de haute pression, on retrouve des expositions de l'ordre de 50 à 100 ppm, comparé à 600 ou 800 ppm en présence de ces fuites. Des efforts supplémentaires au moyen d'un programme de contrôle des émissions, permettrait de réduire les expositions à des concentrations de l'ordre de 25 ppm, soit la valeur suggérée par le NIOSH. D'ailleurs, les concentrations du protoxyde d'azote retrouvées à la salle 2 de l'hôpital B le démontrent clairement.

7. Recommandations

La réduction des expositions aux vapeurs et gaz anesthésiants doit se faire au moyen d'un programme complet de contrôle des sources d'émission, incluant:

- l'emploi d'un système adéquat de récupération et d'évacuation des vapeurs et gaz résiduels;
- l'application d'un programme de vérification de routine des équipements d'anesthésie afin de minimiser les fuites;
- l'évaluation des habitudes et techniques de travail du personnel afin de minimiser les fuites.

7.1 Systèmes de récupération et d'évacuation des vapeurs et gaz résiduels

Un système de récupération et d'évacuation spécifique aux vapeurs et gaz résiduels devrait être installé dans les salles qui n'en possèdent pas. Les systèmes basés sur des prises de vide installées à des fins chirurgicales peuvent être efficaces à la condition qu'il s'agisse d'une utilisation réservée aux gaz anesthésiants.

L'installation d'un système central ayant des prises situées près des prises de gaz et d'air facilite et encourage son utilisation.

Les valves de sécurité des circuits d'anesthésie en cercle doivent être compatibles avec le système de récupération. De plus, les régulateurs doivent être étanches.

Les nouveaux ventilateurs sont normalement adaptés pour l'installation sur les systèmes de récupération déjà existants. Les anciens ventilateurs peuvent être adaptés afin de récupérer le surplus des gaz (3, 20).

Il est important de s'assurer que les vapeurs et les gaz récupérés soient évacués de façon à empêcher toute recontamination des lieux. Il faut éviter que le surplus ne soit évacué dans les grilles de retour d'air d'un système qui recircule l'air.

7.2 Vérification des équipements d'anesthésie

Des méthodes détaillées de vérification des équipements pour les fuites de basse pression et de haute pression sont décrites par le NIOSH (3). Les sources d'alimentation, les lignes de haute pression ainsi que les raccords à l'extérieur de la salle d'opération devraient être vérifiés une fois l'an, selon le Bureau de normalisation du Québec (21).

Les méthodes de vérification, au niveau du circuit respiratoire, des fuites de basse pression décrites par le NIOSH, peuvent être effectuées sans l'utilisation d'autres appareils que l'appareil d'anesthésie. La vérification des fuites peut être laborieuse à cause du grand nombre de sites potentiels d'émission. La meilleure méthode pour déceler rapidement et corriger les fuites de haute pression est d'utiliser un analyseur à lecture directe par absorption dans l'infrarouge. Le principe de la méthode est le suivant: dans une salle sans intervention en cours, une fuite de haute pression s'équilibre avec l'air de

la pièce à une concentration prévisible; ainsi, des concentrations de protoxyde d'azote supérieures à 5 ppm indiquent une ou plusieurs fuites excessives qui peuvent être localisées avec le même appareil (3).

Un facteur à considérer est le coût d'un tel appareil, soit 6 000\$. Par contre, l'appareil permet d'économiser du temps par rapport à d'autres méthodes de vérification (ex. solution Snoop^{md}) qui risquent de ne pas localiser adéquatement ou déceler assez rapidement les fuites. L'utilisation adéquate d'un appareil à lecture directe permet de prévenir les expositions.

7.2.1 Ventilateur automatique

Présentement, aucune méthode simple et rapide n'existe pour vérifier la présence de fuites au niveau des ventilateurs (3). Le soin apporté au démontage et remontage lors du nettoyage déterminera en grande partie la présence ou l'absence de fuites.

7.2.2 Fréquence de vérification

Le NIOSH (3) recommande de vérifier la présence de fuites de haute pression quatre fois l'an. Les vérifications des fuites de basse pression, au niveau du circuit respiratoire, devraient être effectuées plus régulièrement (une fois par jour selon le NIOSH) ou avant chaque utilisation. La fréquence des vérifications dépend évidemment du degré d'utilisation des appareils et du nombre de personnes qui s'en servent. Chaque centre hospitalier est en mesure d'évaluer l'utilisation des appareils et la fréquence de vérification minimale nécessaire à la prévention des fuites.

md: marque déposée

- Snoop est une marque déposée de la compagnie Nupro.

7.3 Habitudes et techniques de travail

Les habitudes et techniques de travail devraient être examinées et évaluées, afin de minimiser les sources ponctuelles de contamination.

Plus particulièrement:

- Le système de récupération et d'évacuation doit être connecté et vérifié avant de débiter l'administration des vapeurs et gaz anesthésiants.
- Les vaporisateurs devraient être remplis dans un endroit ventilé et préférablement dans une salle ne devant pas être utilisée par la suite. Les vaporisateurs doivent être fermés lorsqu'ils ne sont plus en utilisation.
- Il faut éviter d'ouvrir prématurément le débit des gaz avant le début de l'administration de l'anesthésie.
- Le sac de réserve doit être vidé dans le système de récupération après déconnexion du système d'anesthésie.

Conclusion

La présence régulière de fuites de vapeurs et de gaz dans la plupart des salles évaluées, fait en sorte que les expositions du personnel des salles dépassent souvent de façon importante le seuil de 25 ppm recommandé par le NIOSH. L'ampleur des expositions confirme les résultats des études similaires menées en d'autres provinces, aux États-Unis, en Europe et laissent entrevoir une situation semblable dans l'ensemble du réseau hospitalier québécois.

Certains aspects de la toxicité du protoxyde d'azote et des agents halogénés exigent une clarification. Néanmoins, les données actuelles encouragent à la prudence lors de l'utilisation de ces substances.

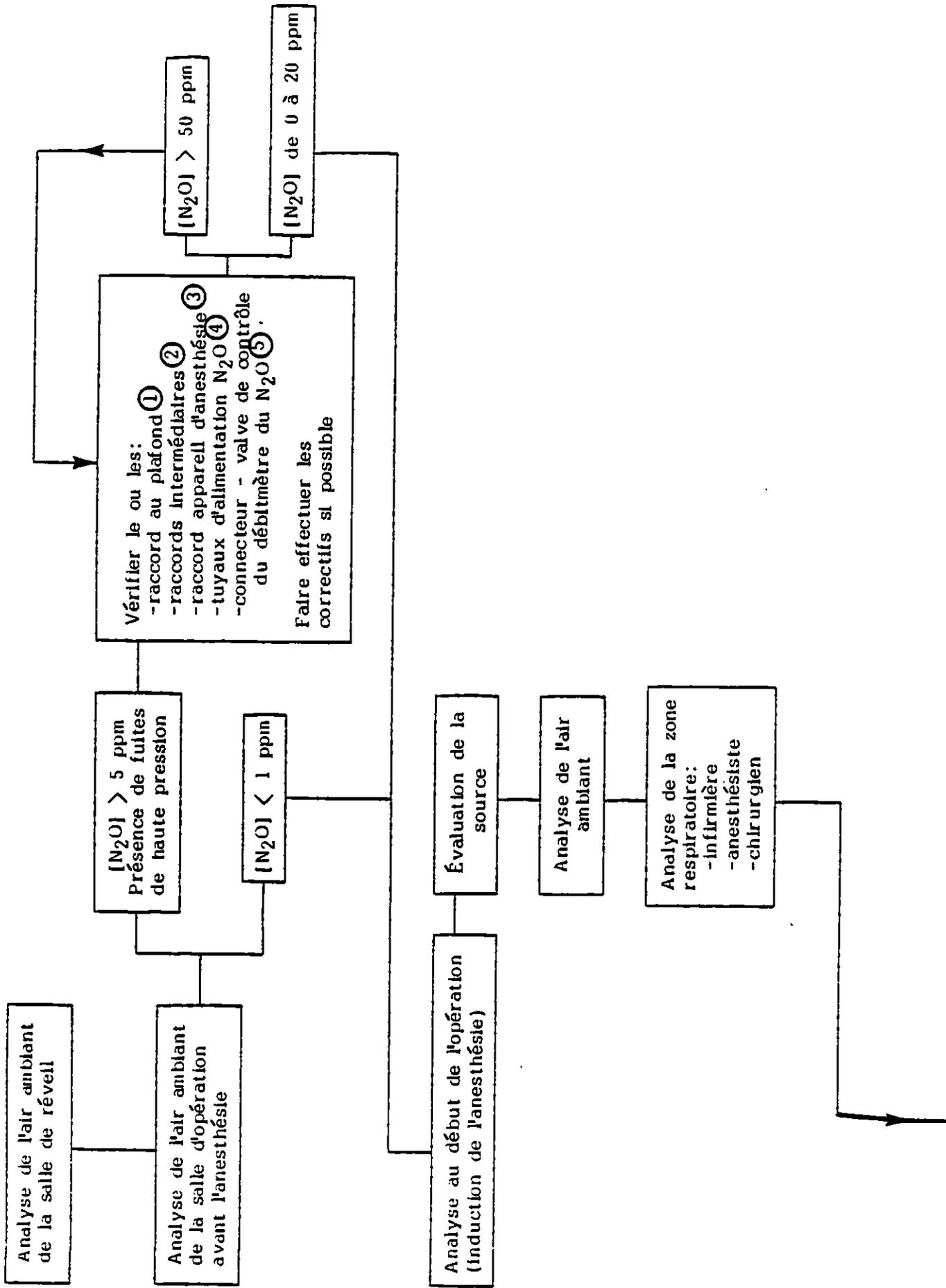
L'utilisation des systèmes adéquats de récupération et la mise en application de vérifications régulières de la présence de fuites peuvent contribuer à contrôler les expositions à des niveaux égaux ou inférieurs au seuil de 25 ppm. Pour arriver à ce résultat, il faut que le personnel soit informé sur les concentrations auxquelles il peut être exposé, qu'il soit sensibilisé aux risques sur la santé et finalement, qu'il soit formé à l'utilisation de tous les moyens de contrôle disponibles.

Annexe I. Stratégie d'échantillonnage

Le but d'une intervention en hygiène industrielle étant d'évaluer et de contrôler des expositions, la série d'étapes d'une telle intervention dans des salles d'opérations peut se résumer ainsi:

- détection des fuites de haute pression;
- détection des fuites de basse pression.

La stratégie est présentée au tableau 13. L'évaluation des sources d'exposition et des douze points de vérification de l'unité d'anesthésie y sont présentés en ordre chronologique.



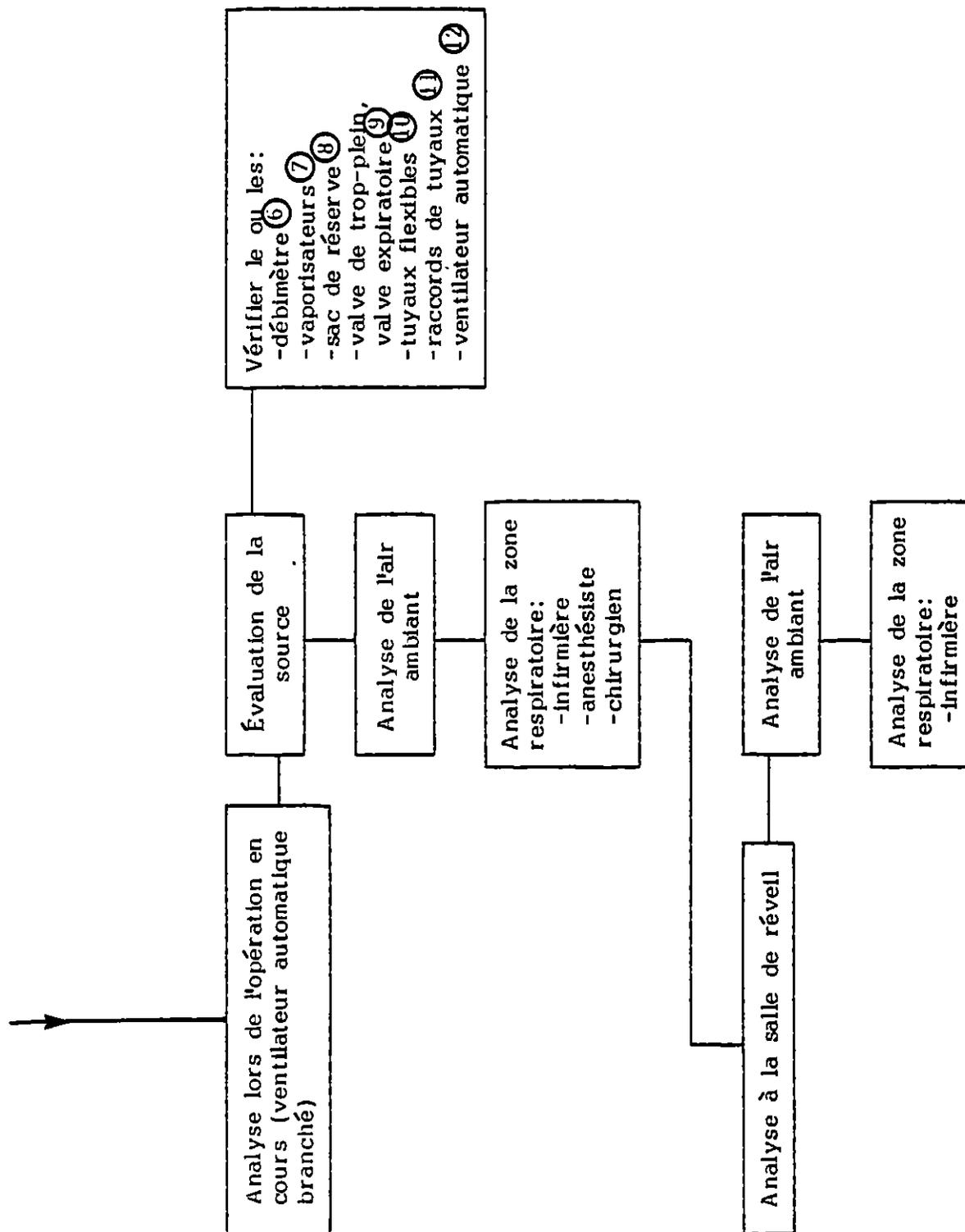


Tableau 13: Stratégie d'échantillonnage

I.1 L'évaluation des fuites de haute pression

Les endroits potentiels de fuites de haute pression sont nombreux et leur détection peut s'avérer laborieuse par les méthodes traditionnelles (solution Snoop^{md}). La méthode la plus simple et rapide est d'utiliser un analyseur à lecture directe. Cette méthode est basée sur le principe que dans une salle sans intervention en cours, une fuite de haute pression s'équilibre avec l'air de la pièce à une concentration prévisible. Ainsi, des concentrations dans l'air de protoxyde d'azote supérieures à 5 ppm indiquent la présence d'une ou plusieurs fuites excessives, qui peuvent être ensuite localisées avec le même appareil (3). De la même façon, des concentrations dans l'air inférieures à 1 ppm indiquent l'absence de fuites de haute pression.

Le dépistage des fuites de haute pression est effectué en respectant les conditions suivantes:

- les appareils d'anesthésie ne doivent pas être utilisés pendant au moins une heure avant la vérification;
- les portes des salles d'opération doivent demeurer fermées avant et durant la vérification.

Les éléments du système d'alimentation de protoxyde d'azote à haute pression qui sont susceptibles de fuir sont :

- 1- le raccord au plafond;
- 2- les raccords intermédiaires;
- 3- le raccord sur l'appareil d'anesthésie;
- 4- les tuyaux d'alimentation de N_2O ;
- 5- le connecteur et la tuyauterie de l'appareil d'anesthésie à partir du raccord de N_2O jusqu'aux valves de contrôle des débitmètres.

Ces endroits potentiels de fuites sont indiqués à la figure 5.

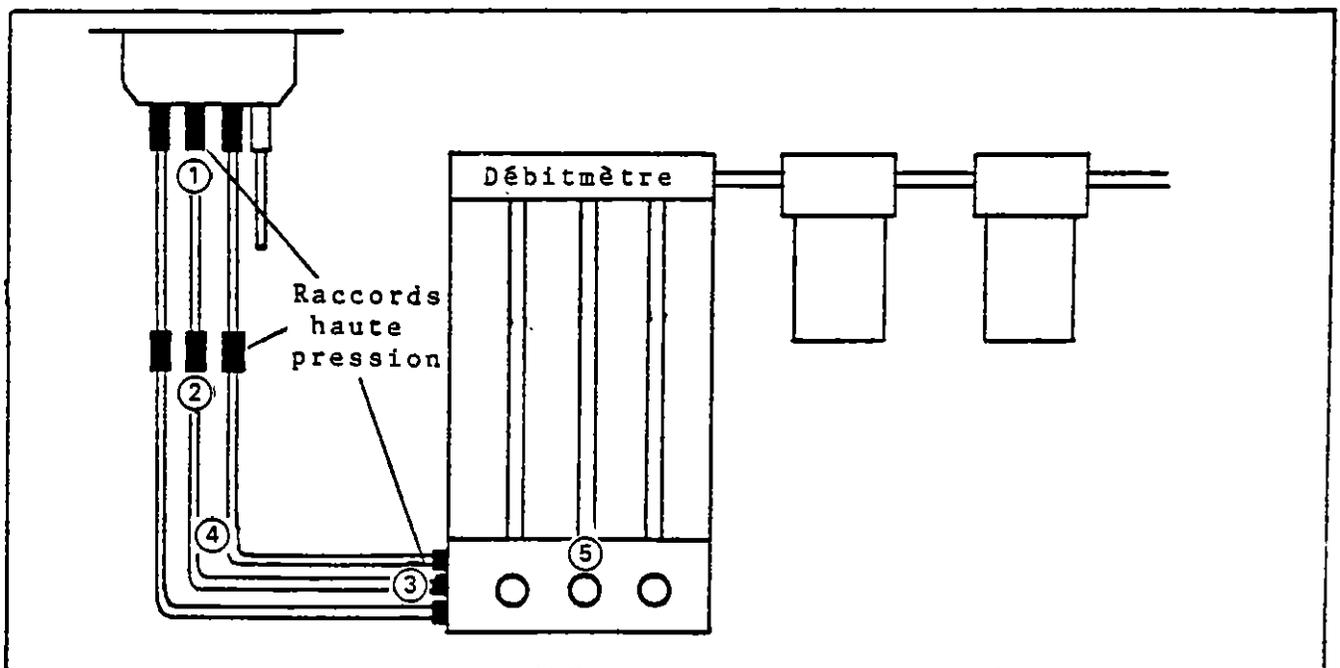


Figure 5 - Fuites de haute pression

1.2 L'évaluation des fuites de basse pression

Les fuites de basse pression se présentent au niveau de l'appareil d'anesthésie, à partir du débitmètre et dans le circuit respiratoire se terminant au patient. Les endroits susceptibles de produire des fuites sont énumérés ci-dessous :

- 6- débitmètre;
- 7- vaporisateurs;
- 8- sac de réserve;
- 9- valve de trop-plein, valve expiratoire;
- 10- tuyaux flexibles;
- 11- raccords de tuyaux;
- 12- ventilateur automatique.

La figure 6 présente, à titre d'exemple, un circuit respiratoire en cercle avec absorption de CO_2 , montrant les endroits de fuites possibles.

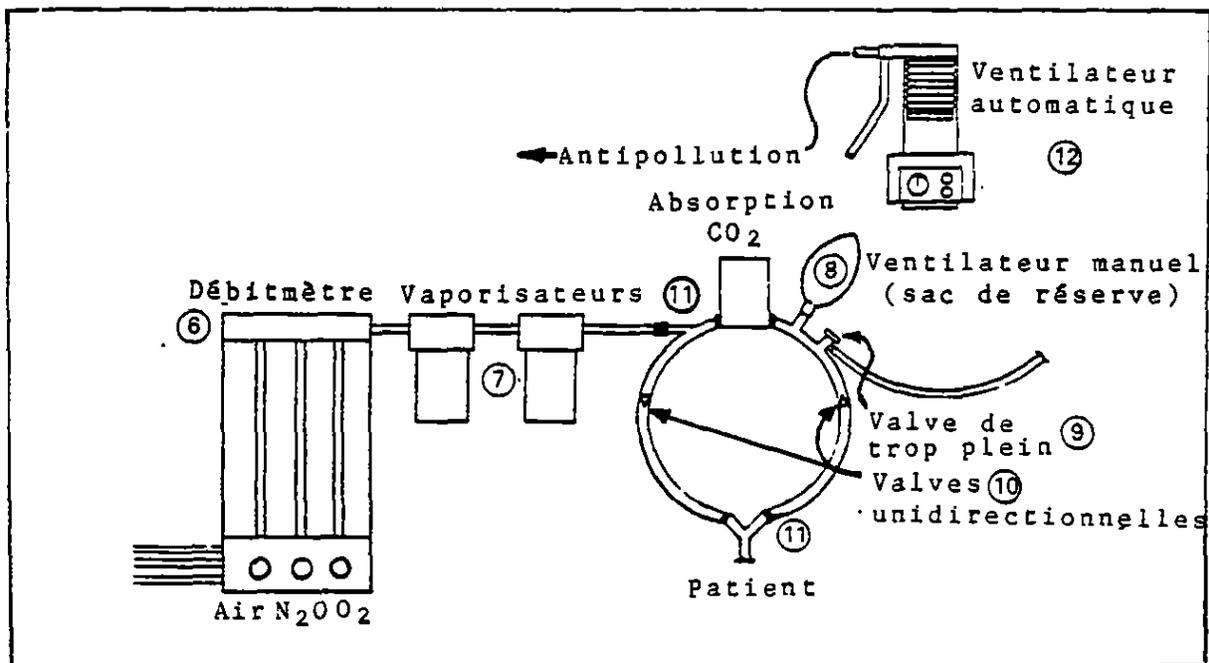


Figure 6 - Fuites de basse pression

Au début de l'intervention chirurgicale, lors de l'induction de l'anesthésie, le patient est sur ventilation manuelle. À ce moment, les échantillons sont prélevés dans la zone respiratoire de l'anesthésiste, du chirurgien, des infirmières.

Par la suite, le ventilateur est relié au circuit d'anesthésie et au système d'évacuation. Les analyses par IR sont effectuées autour du ventilateur automatique et aux points de vérification 6 à 11. Après l'évaluation des sources d'émission, les concentrations sont mesurées dans la zone respiratoire du personnel afin d'évaluer l'apport de ces fuites.

Pour la détection des fuites de basse pression, il est parfois possible d'utiliser la méthode de mesure du taux de perte de charge dans le circuit respiratoire décrite à la section suivante.

1.3 Protocole d'évaluation des fuites de basse pression dans un circuit respiratoire avec absorption de CO₂. Méthode de mesure du taux de perte de charge.

Les fuites de basse pression peuvent être dépistées en utilisant une méthode qui mesure le taux de perte de charge dans le circuit respiratoire. Un taux supérieur à 1,0 L/min indique la présence de fuites majeures dans un élément du circuit. En principe, le taux ne devrait pas dépasser 100 mL/min. Cette technique ne nécessite pas l'utilisation d'un analyseur à lecture directe, mais emploie seulement le manomètre sur l'appareil d'anesthésie.

La méthode est la suivante:

- a) Préparer l'appareil d'anesthésie et le circuit respiratoire de la façon normale, tel qu'utilisé durant l'anesthésie;
- b) Obstruer le circuit respiratoire à la sortie des gaz;
- c) Augmenter la pression dans le système à 30 cm H₂O, lue sur le manomètre de l'absorbeur de CO₂. Ceci peut s'effectuer avec l'oxygène;

- d) Ajouter suffisamment d'oxygène à travers le débitmètre pour maintenir une pression de 30 cm H₂O dans le circuit. Le débit d'oxygène nécessaire à maintenir la pression sert d'indice du taux de fuites.

Cette vérification peut être raccourcie en utilisant un débit constant de 100 mL/min d'oxygène. Si la pression dans le système augmente, le taux de perte par les fuites est acceptable.

Références

1. EDLING, C. "Anesthetic gases as an occupational hazard: A review", Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, vol. 6, n° 2, (June 1980), pp. 85-93.
2. VAINIO, H. "Inhalation anesthetics, anticancer drugs and sterilants as chemical hazards in hospitals", Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, vol. 8, n°2, (June 1982), pp. 94-107.
3. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Waste Anesthetic Gases and Vapors, document n° 7-140. Cincinnati, NIOSH, 1977.
4. AIR LIQUIDE, division scientifique. Encyclopédie des gaz. New-York, Elsevier/North-Holland, 1976, 1 150 p.
5. WINDHOLZ, M. éd. The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals and Drugs. 9^e éd. Rahway, New-Jersey, Merck and Co., 1976.
6. 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.
7. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST. TLVs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Work Environment with Intended Changes for 1983-84. Cincinnati, ACGIH, 1983.
8. LILLEAASEN, P.; INNES, R. et WESTBY, P. "Yrkesmessig helseisiko for anestesipersonell", ["The occupational health hazards of anesthesia personnel"], Tidsskr Nor Laegeforen, vol. 102, (September-October 1982), pp. 552-555.
9. CONWAY, C.M. "Anaesthetic Breathing Systems", dans C. Scurr et S. Feldman Scientific Foundation of Anesthesia. 3^e éd. Chicago, Year Book Medical, 1982.

10. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoire. Analyse de l'oxyde nitreux dans l'air, Méthode analytique n° 120-1. Montréal, IRSST, 1984. (Coll. "Notes et rapports scientifiques et techniques").
11. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoire. Analyse de l'halothane dans l'air, Méthode analytique n° 121-1. Montréal, IRSST, 1984. (Coll. "Notes et rapports scientifiques et techniques").
12. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoire. Analyse de l'enflurane dans l'air, Méthode analytique n° 122-1. Montréal, IRSST, 1984. (Coll. "Notes et rapports scientifiques et techniques").
13. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoire. Analyse de l'isoflurane dans l'air, Méthode analytique n° 123-1. Montréal, IRSST, 1984. (Coll. "Notes et rapports scientifiques et techniques").
14. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoire. Analyse du penthrane dans l'air, Méthode analytique n° 161-1. Montréal, IRSST, 1984. (Coll. "Notes et rapports scientifiques et techniques").
15. INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, direction des services de laboratoire. Analyse des gaz anesthésiants (mélanges), Méthode analytique n° 162-1. Montréal, IRSST, en préparation.
16. DAVENPORT, H.T.; HALSEY, M.J.; WARDLEY-SMITH, B. et BATEMAN, P.E. "Occupational exposure to anaesthetics in 20 hospitals", Anaesthesia, vol. 35, n° 4, (April 1980), pp. 354-359.

17. DAHLGREN, B.E.; OLANDER, L. et OVRUM, P. "Pollution of delivery ward air by nitrous oxide", American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 40, n° 8, (august 1979), pp. 666-672.
18. ARMSTRONG, R.F.; STRUNIN, L.; KERSHAW, E.J. et BOURNE, S.P. "Anesthetic waste gas scavenging systems", British Medical Journal, vol. 1, n° 6066, (april 1977), pp. 941-943.
19. NILSSON, K; STENQVIST, O; LINDBERG, B. et KJELLTOFT, B. "Close scavenging: Experimental and preliminary clinical studies of a method of reducing anaesthetic gas contamination", Acta Anaesthesiologica Scandinavica, vol. 24, n° 6, (December 1980), pp. 475-481.
20. BRUCE, D.L. "Venting overflow gases from the air-shields (ventimeter) ventilator", Anesthesiology, vol. 41, n° 3, (September 1974), p. 2 929.
21. QUÉBEC, Bureau de Normalisation. Matériel d'hôpital - Réseaux de distribution des gaz médicaux ininflammables, Norme BNQ 5710-500. Québec, BNO, 1981.