

Notes techniques

EXPOSITION AUX ANESTHÉSIAIS VOLATILS DANS LES ÉTABLISSEMENTS DE SOINS VÉTÉRINAIRES : ENJEUX DE PRÉVENTION

Dans le cadre du programme national « Risques chimiques Pros » déployé durant la période 2019-2023 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam), le Laboratoire de toxicologie industrielle et le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) ont conduit une étude destinée à caractériser l'exposition aux anesthésiants volatils des professionnels des établissements de soins vétérinaires, dans une perspective d'amélioration des pratiques de prévention.

Cet article décrit le secteur et les risques associés à l'utilisation des anesthésiants volatils, ainsi que les principales mesures de prévention à mettre en œuvre.

CENTRE DE MESURES ET CONTRÔLES PHYSIQUES, LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE INDUSTRIELLE, CRAMIF*

*Remerciements pour leurs contributions à : Catherine ROY, docteur vétérinaire, expert en prévention des risques professionnels physiques, chimiques et biologiques ; Luca ZILBERSTEIN, docteur vétérinaire, responsable anesthésie en centre hospitalier vétérinaire.

Cadre et objectifs de l'étude

Les anesthésiants volatils sont mis en œuvre lors de tout acte diagnostique ou chirurgical nécessitant une contention prolongée et durable des animaux. Dans certaines conditions de mise en œuvre, une exposition à ces substances peut générer des effets sur la santé des professionnels exposés. Dans le cadre du programme national « Risques chimiques Pros » déployé durant la période 2019-2023 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam), le Laboratoire de toxicologie industrielle et le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) ont conduit une étude destinée à caractériser et réduire l'exposition aux anesthésiants volatils des professionnels des établissements de soins vétérinaires.

L'étude avait pour objectifs d'acquérir des connaissances sur les matériels et les pratiques d'anesthésie mis en œuvre et d'estimer le niveau d'exposition des professionnels, afin de définir des mesures de prévention adaptées et, notamment, la caractérisation des dispositifs de captage des émissions d'anesthésiants volatils résiduels et de ventilation générale utilisés dans les locaux de travail. La campagne de mesures et ses résultats sont publiés dans ce même numéro (Cf. article pp. 60-72).

Description des établissements de soins vétérinaires : locaux et activités

Les établissements de soins vétérinaires sont classés dans l'arrêté du 13 mars 2015 [1], selon quatre appellations autorisées : les cabinets vétérinaires, les cliniques vétérinaires, les centres hospitaliers vétérinaires et les centres de vétérinaires spécialistes. Ces établissements doivent répondre à des exigences minimales concernant les locaux, les matériels, les modules d'activité (chirurgie générale, soins intensifs, service de garde, hospitalisation, imagerie médicale, reproduction des équidés, etc.), le personnel et les horaires d'ouverture. Ces établissements comportent :

- des locaux à pollution spécifique dans lesquels des vapeurs anesthésiantes sont émises par l'utilisation d'un appareil d'anesthésie (salle de préparation ou d'anesthésie) ou expirées par un animal après une anesthésie (locaux utilisés comme salle de réveil) ;
- des locaux à pollution spécifique dans lesquels des anesthésiants volatils peuvent provenir d'un autre local par transfert (salles de consultation, d'imagerie, chatterie, chenil, local de stockage de déchets, buanderie, accueil, salle d'attente...) ;
- des locaux à pollution non spécifique ou locaux sanitaires.



RÉSUMÉ

Dans les établissements de soins vétérinaires, les praticiens utilisent l'isoflurane, voire ponctuellement le sévoflurane, agents volatils halogénés, lors de la réalisation d'anesthésies. L'exposition à ces substances peut conduire à des effets aigus ou chroniques pour le personnel. Différents circuits d'anesthésie peuvent être utilisés, avec ou sans réinhalation par

l'animal des gaz expirés. Bien qu'il n'existe pas de valeur limite réglementaire en France, il est nécessaire de limiter l'exposition des professionnels aux anesthésiants volatils au niveau le plus bas techniquement possible, conformément aux principes généraux de prévention. La démarche de prévention consiste à limiter les émissions et ventiler

mécaniquement les postes de travail où les vapeurs anesthésiantes sont émises, en captant les polluants au plus près de la source, au fur et à mesure de leur production. L'air vicié doit être rejeté à l'extérieur du bâtiment après filtration, sans possibilité de réintroduction dans les locaux. La ventilation générale complémentaire permet de diluer la pollution résiduelle.

EXPOSURE TO INHALATIONAL ANAESTHETICS IN VETERINARY CARE FACILITIES: PREVENTION CHALLENGES

In veterinary care facilities, practitioners use isoflurane or sometimes sevoflurane, halogenated volatile gases, during administration of anaesthetics. Exposure to these substances can lead to acute or chronic effects for staff. Different anaesthesia circuits can be used, with or without re-inhalation by the animal of the gas exhaled.

Although there is no regulatory limit value in France, it is necessary to limit professionals' exposure to inhalational anaesthetics to the lowest level technically possible, in compliance with the general principles of prevention. The prevention approach consists in limiting emissions and mechanically ventilating the workstations where

vapours are emitted, by capturing the pollutants as close as possible to the source as they are produced. The contaminated air must be expelled outside the building after filtration, without the possibility of being re-introduced back inside. Additional general ventilation serves to dilute the residual pollution.



L'anesthésie volatile en établissement de soins vétérinaires

Principes de mise en œuvre

Les vétérinaires peuvent être amenés à réaliser des anesthésies lors de la contention chimique d'un animal à visée diagnostique, exploratoire, thérapeutique ou chirurgicale. L'anesthésie d'un animal est réalisée lors d'interventions telles que le détartrage et l'extraction dentaire, la stérilisation, l'ablation de tumeur, la désinfection de plaie, la chirurgie articulaire, osseuse ou gynéco-obstétrique ou lors d'actes moins invasifs, tels qu'une prise de sang ou une radiographie. Une anesthésie peut être également nécessaire lors d'une intervention sur un animal douloureux ou peu coopératif. Plusieurs techniques d'anesthésie locale ou générale peuvent être mises en œuvre, dont certaines nécessitent l'utilisation de vapeurs anesthésiantes. Ces anesthésies dites volatiles sont aujourd'hui réalisées lors d'une majorité d'interventions chirurgicales, du fait de leur flexibilité et sécurité d'usage. L'étude a porté plus particulièrement sur ce type d'anesthésie, source d'exposition professionnelle pour le personnel vétérinaire.

Différentes phases de l'anesthésie volatile

Quatre phases sont généralement réalisées en anesthésie :

- une phase de prémédication/tranquillisation, pour calmer et manipuler sans stress l'animal et, ainsi, le préparer à recevoir les soins adaptés ;
- une phase d'induction, afin d'atteindre le niveau d'anesthésie souhaité (inconscience). L'induction peut être techniquement produite par des agents anesthésiants injectables ou volatils, en fonction des exigences et des difficultés rencontrées. L'induction volatile est plus particulièrement utilisée dans le cas des nouveaux animaux de compagnie (NAC)¹, compte tenu des difficultés d'approche anatomique et de manipulation. L'induction gazeuse volatile s'effectue à l'aide d'un masque (qui doit être adapté à la morphologie de l'animal) ou d'une chambre à induction ;
- une phase d'entretien, durant laquelle le mélange gazeux (vapeurs anesthésiantes et oxygène) est administré par l'intermédiaire d'une sonde d'intubation trachéale, ou à l'aide d'un masque lorsque les interventions sont de courte durée ou l'intubation impossible (par exemple, pour les animaux de petite taille) ;
- une phase de réveil, pendant laquelle l'animal expire les anesthésiants administrés et reprend conscience. Le volume de vapeurs anesthésiantes expiré est d'autant plus important que le poids de l'animal est conséquent.

Administration de l'anesthésiant volatil

Les appareils d'anesthésie mis en œuvre sont généralement constitués :

- d'une source d'oxygène sous pression ;
- d'un réducteur de pression, permettant d'adapter la pression du gaz délivrée par le réservoir à celle acceptée par les circuits de l'appareil d'anesthésie (normalement inférieure à 1 bar) ;
- d'un débitmètre, permettant d'adapter le débit de gaz porteur aux nécessités de fonctionnement du système respiratoire ;
- d'un vaporisateur, contenant l'anesthésiant sous forme liquide et le délivrant sous forme vapeur ;
- d'une valve *by-pass* (optionnelle), permettant de contourner rapidement le vaporisateur et d'atteindre directement le système respiratoire avec l'oxygène.

L'appareil d'anesthésie est relié au système d'assistance respiratoire, nommé communément « circuit d'anesthésie ».

Différents types de circuits d'anesthésie volatile peuvent être utilisés, en fonction de l'équipement dont dispose l'établissement vétérinaire, du type d'animal anesthésié et notamment de son volume respiratoire, des nécessités techniques (ventilation artificielle ou non) et de la durée de la procédure :

- avec réinhalation des vapeurs anesthésiantes (réutilisation d'une partie des gaz expirés une fois le dioxyde de carbone éliminé, au moyen d'une cartouche de chaux sodée) ;

ENCADRÉ

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ET PRINCIPES DE VENTILATION

L'article L. 4121-1 du Code du travail impose à l'employeur de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs.

En ce qui concerne l'ambiance des lieux de travail, et plus particulièrement l'aération et l'assainissement, des dispositions particulières sont définies à l'intention de l'employeur et du maître d'ouvrage, qui mettent à disposition les bâtiments pour l'exercice de l'activité prévue. Leurs objectifs principaux concernent, d'une part, la maîtrise des risques pour la santé en limitant l'exposition aux polluants et, d'autre part, le confort des professionnels par le renouvellement suffisant de l'air (réduction des odeurs désagréables et des phénomènes de condensation) et le maintien d'une température acceptable.

La réglementation distingue les locaux à pollution non spécifique, dont la pollution est liée uniquement à la présence humaine (locaux tertiaires principalement), des locaux à pollution spécifique, dans lesquels des polluants sont émis.

Pour les locaux à pollution non spécifique, l'aération est assurée par une ventilation générale qui peut être naturelle (au moyen d'un ouvrant sur l'extérieur) ou mécanique (assurée par un ventilateur).

Dans les locaux à pollution spécifique, l'article R. 4222-12 du Code du travail [2] impose la suppression des émissions sous forme de gaz, vapeurs, aérosols de particules solides ou liquides, de substances insalubres, gênantes ou dangereuses pour la santé des travailleurs. À défaut, elles doivent être captées au fur et à mesure de leur production, au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible. Quant aux locaux sanitaires, bien qu'ils soient considérés comme des locaux à pollution spécifique, la réglementation définit un traitement particulier et impose des débits d'introduction d'air neuf spécifiques.

- ou sans réinhalation de ces vapeurs (renouvellement de la totalité des gaz expirés).

Les circuits sans réinhalation des vapeurs anesthésiantes nécessitent une consommation plus élevée d'oxygène et de vapeurs anesthésiantes.

→ Les circuits d'anesthésie sans réinhalation des vapeurs anesthésiantes

Les circuits sans réinhalation des vapeurs anesthésiantes peuvent être utilisés en circuit ouvert (masque ou chambre à induction) ou en circuit semi-ouvert. Ces types de circuits qui ne permettent pas le piégeage du dioxyde de carbone peuvent être utilisés chez les animaux de faible poids (masse corporelle inférieure à 8 kg), car ils présentent une résistance au passage de l'air très limitée (condition optimale et indispensable pour des petits animaux sans assistance respiratoire externe). La connexion au système respiratoire peut être réalisée de deux façons :

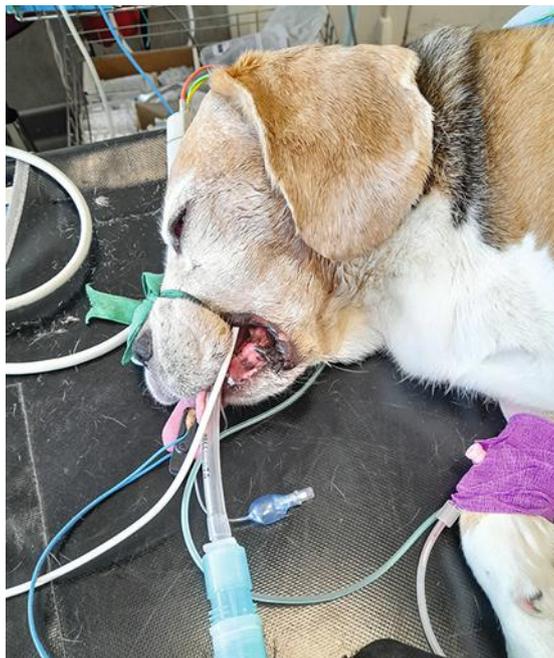




© Cramif

↑ FIGURE 1
Masque utilisé
pour l'anesthésie
d'un animal.

- à l'aide d'un masque (Cf. Figure 1). Le masque est généralement utilisé dans le cas où il est impossible d'intuber l'animal, en raison principalement de sa petite taille et de la conformation anatomique de ses voies respiratoires supérieures. Même dans le cas où le masque est bien adapté à la tête de l'animal, des fuites de vapeurs anesthésiantes peuvent se produire à l'interface entre le masque et celle-ci, compte tenu de la difficulté à réaliser une étanchéité parfaite (présence de poils notamment) ;
- ou bien à l'aide d'une sonde trachéale (Cf. Figure 2). Dans ce cas, l'étanchéité du système est effectuée par un ballonnet gonflé pour épouser la conformation de la trachée et pour en assurer la voie exclusive.



© Cramif

↑ FIGURE 2 Sonde trachéale avec ballonnet d'étanchéité.

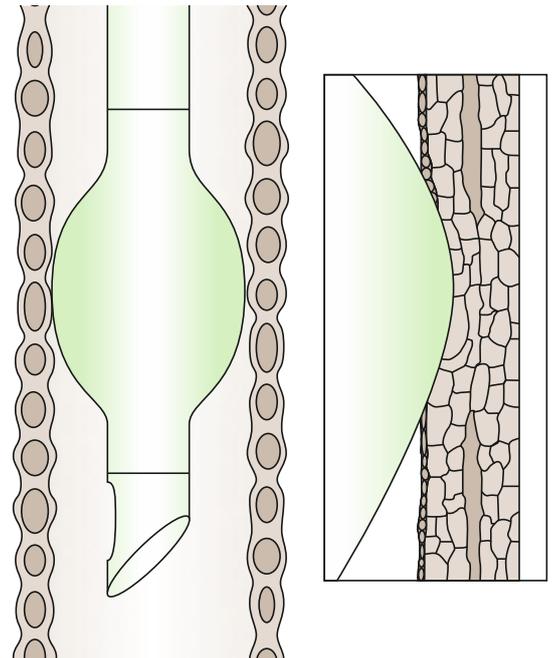
L'observation des pratiques montre que le mélange gazeux expiré par l'animal est généralement évacué dans le local après avoir été filtré sur une cartouche de charbon actif, ou transporté directement *via* un tuyau d'évacuation vers l'extérieur du local.

→ Les circuits d'anesthésie avec réinhalation des vapeurs anesthésiantes

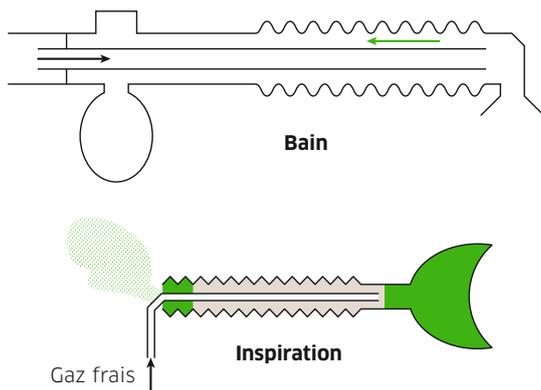
L'utilisation d'un circuit avec réinhalation de vapeurs anesthésiantes permet de réduire considérablement la consommation en anesthésiant (environ 1/8 de celle nécessaire aux systèmes respiratoires de Bain² [Cf. Figure 3] ou « système de type T³ » [Cf. Figure 4]), ainsi que les évacuations de rejet. L'utilisation de ce type de circuit doté d'un dispositif de filtration permettant de piéger le dioxyde de carbone (chaux sodée) nécessite que la force respiratoire de l'animal soit suffisante, ou que celui-ci bénéficie d'une aide à la ventilation, ce qui est en général réservé aux animaux de plus de 8 kg.

Une grande partie des vapeurs traitées est réintroduite dans le mélange administré à l'animal. L'autre partie, comme pour les circuits sans réinhalation, est évacuée dans le local d'anesthésie après avoir été filtrée sur une cartouche de charbon actif ou transportée directement *via* un tuyau d'évacuation à l'extérieur du local.

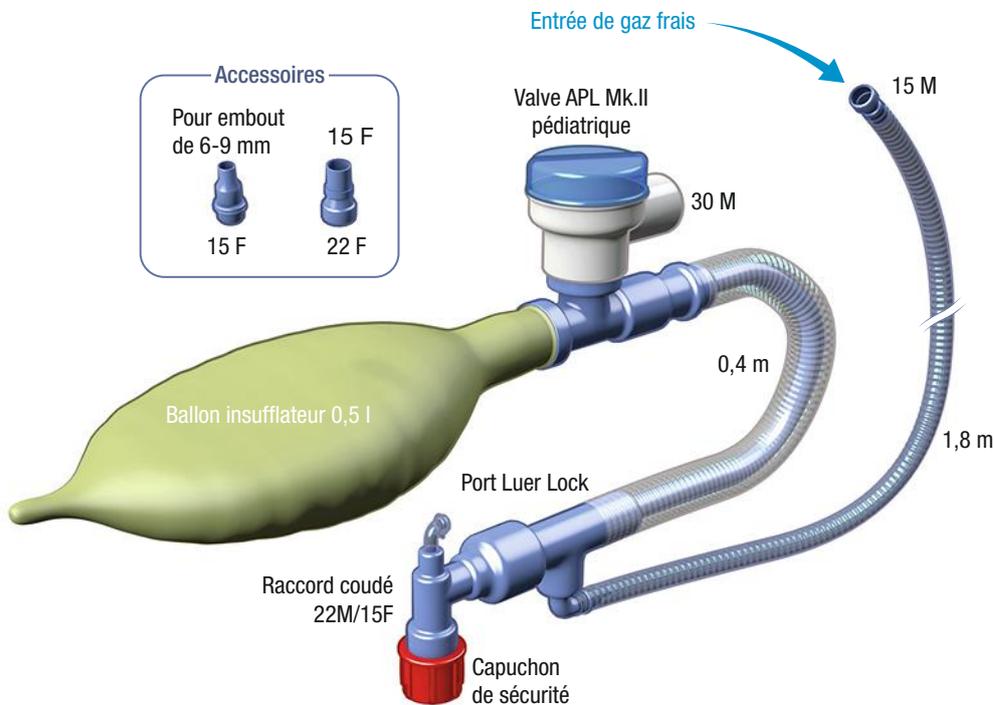
Les circuits avec réinhalation des vapeurs anesthésiantes peuvent être utilisés en circuit semi-fermé ou en circuit fermé, qui diffèrent par la quantité d'anesthésiant administrée et évacuée. Dans le cas du système fermé, la quasi totalité des gaz administrés est consommée par l'animal. L'utilisation de ce circuit nécessite de disposer d'un anesthésiste



© Cramif – INRS / 2023



↑ FIGURE 3 Circuit non recirculant de Bain.



← FIGURE 4 Circuit de type T (dit « T-Piece »).

dédié, car il est difficile à mettre en œuvre et son utilisation manque de souplesse.

Un anesthésiant volatil : L'isoflurane

Propriétés physicochimiques, toxicologie

L'anesthésiant utilisé est généralement l'isoflurane, en raison de son coût et de la sécurité de son utilisation vis-à-vis de l'animal (notamment ses faibles effets secondaires sur les systèmes cardiovasculaire et respiratoire), de l'absence de métabolites toxiques formés et de la rapidité du réveil. Ponctuellement, pour certains animaux, l'utilisation de sévoflurane⁴ est privilégiée.

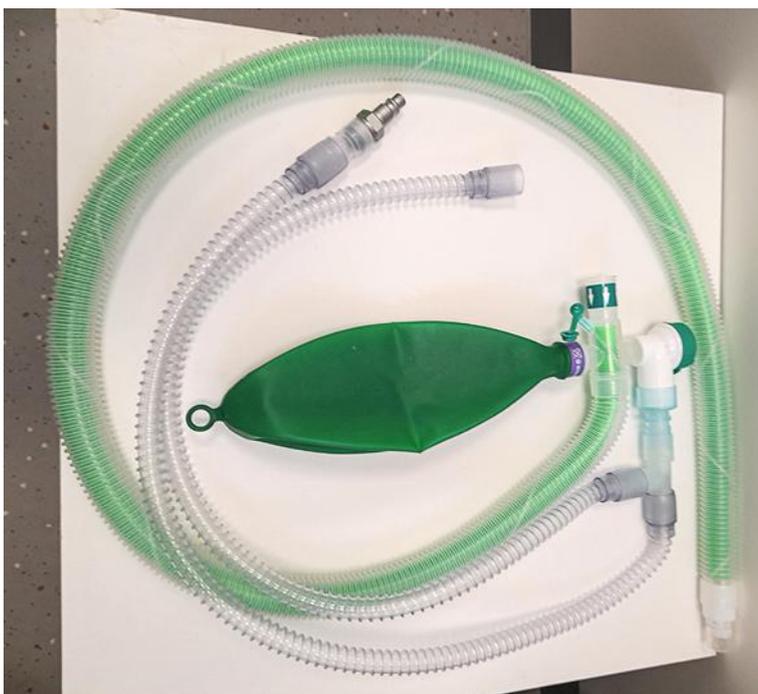
L'isoflurane (formule brute $C_3H_2ClF_5O$; numéro CAS n° 26675-46-7) est un agent anesthésiant de la famille des éthers halogénés, incolore, très volatil, avec une odeur âcre et légèrement piquante. Il est

principalement utilisé en médecine vétérinaire, en association avec l'oxygène. Il est très peu métabolisé par l'organisme. Il est expiré à environ 95 % par l'animal anesthésié. Compte tenu de sa volatilité, la principale voie d'exposition est la voie respiratoire. Sous sa forme liquide, il est irritant et corrosif au contact de la peau et des muqueuses.

Des effets anesthésiques peuvent être observés chez les praticiens, en cas d'exposition à une concentration importante d'anesthésiant, provoquée par une fuite au niveau de l'appareil d'anesthésie gazeuse, un renversement sous forme liquide lors du remplissage de la cuve avec la bouteille d'isoflurane, le dégonflement du ballonnet de la sonde trachéale, ou encore de certaines pratiques telles que le repositionnement de l'animal en cours d'intervention, avec une déconnexion temporaire des tuyaux reliés à la sonde trachéale.



↑ FIGURE 5 Vue d'une vanne de réglage verrouillable et de la connexion.



↑ FIGURE 6 Vue d'un exemple de tubulure additionnelle.

L'exposition à des concentrations plus faibles d'isoflurane, de manière prolongée ou chronique, peut entraîner des effets neuropsychologiques se manifestant par des troubles de l'humeur, une perte d'appétit, de la fatigue et des céphalées, ainsi que des effets centraux psychomoteurs se caractérisant par des troubles de la mémoire, de l'attention et de l'exécution motrice. La toxicité hépatique et les effets sur la reproduction sont encore discutés, compte tenu de la difficulté à déterminer, à partir des études existantes, un lien direct avec l'exposition aux anesthésiants dans un contexte de polyexposition souvent associée (posture debout prolongée, stress, rayonnements ionisants...).

Valeurs limites d'exposition professionnelle

Il n'existe actuellement pas de valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaire contraignante ou indicative en France concernant l'isoflurane et le sévoflurane (n° CAS : 28523-86-6). La circulaire de la Direction générale de la santé (circulaire DGS/3A/667bis du 10 octobre 1985) [3] relative à la distribution des gaz à usage médical et à la création d'une commission locale de surveillance de cette distribution stipule que « les salles où sont réalisées des anesthésies (y compris l'induction et le réveil) doivent être équipées de dispositifs assurant l'évacuation des gaz et vapeurs anesthésiants. Ces dispositifs doivent permettre durant la phase d'entretien de l'anesthésie, d'abaisser à proximité du malade et du personnel, les concentrations à moins de 2 ppm pour les gaz halogénés dont l'isoflurane et le sévoflurane ».

Le Niosh (*National Institute for Occupational Safety and Health, États-Unis*) recommande une concentration inférieure à 2 ppm (15 mg/m³) dans l'air ambiant pour garantir la santé du personnel en présence de gaz et de substances volatiles anesthésiants sur une période de 60 minutes [4].

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP-8h) ont été fixées par certains pays (base de données Gestis [5]). Elles varient entre 15 mg/m³ (2 ppm) [Norvège, Canada (Ontario), Allemagne (*Deutsche Forschungsgemeinschaft*)] et 383 mg/m³ (50 ppm) [Espagne, Royaume-Uni]. La Finlande, la Suisse, l'Autriche et la Suède ont retenu une VLEP-8h égale à 77 mg/m³ (10 ppm).

Des VLEP pour des expositions de courte durée sont également proposées par certains pays. La Suisse a retenu la concentration de 20 ppm sur une durée de quatre fois 30 minutes par période de travail.

Mesures de prévention

Les mesures de prévention formulées ci-après sont issues des constats effectués lors de la campagne de mesures présentée dans un second article (*Cf. p. 60*). Pour réduire le risque lié à l'inhalation de gaz et de vapeurs anesthésiants, la démarche de prévention consiste à limiter les émissions et ventiler mécaniquement les postes de travail où les gaz et vapeurs

anesthésiantes sont émises, en captant les polluants au plus près de la source, au fur et à mesure de leur production. L'air vicié doit être rejeté à l'extérieur du bâtiment après filtration, sans possibilité de réintroduction dans les locaux.

Une ventilation générale complémentaire permet de diluer la pollution résiduelle, mais elle ne peut pas, à elle seule, protéger efficacement les professionnels contre les risques liés à l'inhalation des polluants.

Capter efficacement les gaz et vapeurs anesthésiants au point d'émission

Les dispositifs de captage à la source sont les moyens les plus efficaces pour réduire la diffusion d'anesthésiants volatils dans les locaux.

L'utilisation de masques à induction à double enveloppe aspirante, permettant le captage actif des gaz et vapeurs non inhalés ou exhalés, a fait l'objet d'un travail expérimental [6]. Lorsque ces équipements seront disponibles et leur efficacité sera démontrée, il conviendra de disposer de masques de différentes tailles adaptées à l'anatomie des animaux, afin d'obtenir les meilleurs ajustements possible.

Dans les cas le nécessitant, l'utilisation d'une chambre à induction ventilée avec un rejet vers l'extérieur peut être envisagée. Cette chambre doit être équipée d'un raccord pour l'admission de l'anesthésiant volatil et d'un raccord pour son évacuation. Ce dispositif étanche doit être équipé d'un système de sécurité actif, qui entraîne une fermeture automatique de l'alimentation en produit anesthésiant et le déclenchement simultané de l'aspiration à l'ouverture du couvercle. Le volume de la chambre doit être adapté pour optimiser le temps de vidange. Si possible, disposer la cuve devant un dispositif de captage localisé.

Les tuyaux d'exsufflation des dispositifs de captage localisé doivent être raccordés à un système d'extraction avec rejet à l'extérieur du bâtiment, à distance des ouvrants et des prises d'air neuf, sans possibilité de réintroduction dans les locaux.

Une solution complémentaire consiste à installer dans le local où est mis en œuvre l'anesthésiant volatil un dossier aspirant au plus proche de la tête de l'animal, afin de capter les gaz et vapeurs anesthésiants exhalés. Ce type de dispositif permet de générer un flux d'air horizontal et d'éloigner les polluants des voies respiratoires du personnel. La mise en place d'écrans latéraux et d'une casquette mobiles, en partie haute du dossier aspirant, permet de canaliser les flux d'air dans la zone d'émission des polluants et de limiter les débits de ventilation requis pour obtenir un captage efficace des polluants.

D'autres solutions peuvent également être envisagées, telles qu'une table aspirante, en particulier pour les nouveaux animaux de compagnie (NAC) et les petits animaux, en veillant à choisir un équipement dont les fentes d'aspiration sont disposées sur les côtés et ne sont pas obturées par les champs opératoires.

Dans tous les cas, le débit de ventilation doit être dimensionné de manière à obtenir une vitesse d'air égale à 0,5 m/s au point d'émission des polluants le plus éloigné du plan d'aspiration.

Ces dispositifs de captage localisés doivent être raccordés à un réseau d'extraction, dont les règles de conception sont précisées ci-dessous (Cf. *Paragraphe « Assainir l'air des locaux des établissements de soins vétérinaires »*).

Mettre en œuvre un système de récupération et d'évacuation active des anesthésiants volatils

Il existe plusieurs possibilités pour évacuer les gaz et vapeurs expirés captés à la source à l'extérieur du bâtiment. Toutefois, la solution recommandée consiste à mettre en œuvre un système d'évacuation qui utilise une pression négative induite mécaniquement par un extracteur, une turbine ou par effet Venturi pour rejeter les gaz et vapeurs exhalés à l'extérieur des locaux. C'est le moyen de captage le plus efficace. Ce système comporte :

- des prises murales en nombre suffisant, en fonction de l'activité ;
- au niveau de chaque prise murale, une vanne de réglage verrouillable, afin de régler le débit d'aspiration à une valeur appropriée en tenant compte des pertes de charges cumulées entre la prise et le ventilateur ;
- une interface de connexion entre la prise murale du circuit d'évacuation des gaz et vapeurs anesthésiants et la machine d'anesthésie, qui doit permettre de garantir l'absence de dépression nuisible à l'animal, tout en garantissant l'absence de pollution du local par les gaz expirés par l'animal :
 - certaines machines d'anesthésie peuvent être associées à une interface spécifique qui permet une régulation du débit d'anesthésiant volatil extrait à une valeur appropriée aux besoins de l'animal en cours d'anesthésie ;
 - à défaut, une tubulure d'entrée d'air additionnelle peut être connectée sur une pièce de jonction en T sur la tubulure d'extraction, connectée au patient (Cf. *Figures 5 et 6*). La longueur, et donc le volume, de cette tubulure additionnelle doit être adaptée pour ne pas augmenter significativement la perte de charge, tout en permettant de contenir le volume gazeux qui serait émis en surpression dans le circuit par l'insufflation forcée du patient par le praticien (utilisation du ballon), afin d'éviter l'émission de ce volume gazeux dans le local. Le diamètre de cette tubulure additionnelle doit également être adapté pour éviter les nuisances sonores associées à une vitesse d'air trop élevée.

Il est nécessaire de veiller au bon fonctionnement des prises murales à l'aide d'un ballon. L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur, à distance des ouvrants et des prises d'air neuf, sans possibilité de réintroduction dans les locaux.



Assainir l'air des locaux des établissements de soins vétérinaires

En complément du captage localisé des anesthésiants volatils, il est nécessaire de disposer d'une ventilation générale, afin de diluer la pollution résiduelle et de l'abaisser au niveau le plus bas possible. La ventilation générale est également utile pour limiter l'aéro-contamination de la salle de chirurgie et favoriser le confort thermique de l'équipe soignante.

→ Salles de chirurgie, salles de préparation et salles de réveil

Il est nécessaire d'installer une ventilation générale mécanisée en complément des dispositifs de captage à la source. Le débit à mettre en œuvre doit permettre d'assurer un taux minimal de renouvellement de 15 volumes par heure.

Dans le cas spécifique des locaux à risque infectieux, il est possible de s'inspirer de la norme NF S 90-351 relative à la ventilation générale en milieu hospitalier [7]. Dans ce cas, il est nécessaire de limiter la vitesse d'introduction d'air neuf à une valeur inférieure ou égale à 0,4 m/s pour un diffuseur situé à 2,5 m de hauteur.

→ Autres locaux à pollution spécifique

Dans les salles de consultation, d'imagerie, chatteries, chenils, etc., il est recommandé de mettre en œuvre un débit d'extraction suffisant pour renouveler au minimum cinq fois par heure le volume d'air, sans être inférieur à 92 m³/h par occupant [9]. Si des animaux anesthésiés en phase de réveil sont présents, ce local doit être traité comme une salle de réveil.

En cas de présence d'animaux la nuit, une ventilation permanente est conseillée.

Dans les locaux techniques tels que ceux destinés au stockage des déchets et des animaux morts à risque chimique ou infectieux, ou au lavage du linge souillé, il est recommandé de mettre en œuvre un

débit d'extraction suffisant pour renouveler entre 5 et 10 fois par heure le volume d'air.

Dans les salles d'attente et les locaux d'accueil, le débit d'introduction d'air doit être au moins de 34 m³/h/occupant [9].

→ Locaux sanitaires et locaux à pollution non spécifique

Le changement de tenue vestimentaire et la prise des repas ou des collations doivent être réalisés dans des locaux dédiés et ventilés. Dans les locaux sanitaires, les prescriptions du Code du travail sont rappelées dans le *Tableau 1*. Dans les salles d'eau, il est préférable de mettre en œuvre une ventilation mécanique générale par extraction, en conservant le débit indiqué dans le *Tableau 1*.

Dans les locaux à pollution non spécifique, une ventilation générale par introduction d'air à un débit de 34 m³/h/occupant sans activité physique (position assise par exemple) ou 92 m³/h/occupant en cas d'activité physique modérée est recommandée [9].

→ Conception et réception des installations de ventilation générale

Un guide publié par l'INRS [10] indique les principes de conception des installations de ventilation :

- la vitesse d'air dans les conduits de ventilation doit être adaptée à la nature des polluants. Pour extraire des gaz ou des vapeurs, la vitesse d'air doit être suffisante pour transporter les polluants, mais suffisamment faible pour éviter les nuisances sonores. Le diamètre des conduits doit être adapté en fonction des besoins en débit pour maintenir une vitesse de transport inférieure à 7 m/s ;
- l'air vicié doit être rejeté à l'extérieur des locaux après une éventuelle filtration, sans possibilité de réintroduction dans les locaux ;
- pour assurer un fonctionnement satisfaisant de l'installation de ventilation, il est nécessaire de prévoir *a minima* une grille d'entrée d'air statique dans les portes ou cloisons des locaux afin de

TABLEAU 1 → Prescriptions du Code du travail pour la ventilation des locaux sanitaires [8].

DÉSIGNATION DES LOCAUX	DÉBIT MINIMAL D'AIR INTRODUIT (EN MÈTRES CUBES PAR HEURE ET PAR LOCAL)
Cabinet d'aisances isolé *	30
Salle de bains ou de douches isolée *	45
Salle de bains ou de douches communes avec un cabinet d'aisances	60
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30 + 15 N **
Lavabos groupés	10 + 5N **

* Pour un cabinet d'aisances, une salle de bains ou de douches avec ou sans cabinet d'aisances, le débit minimal d'air introduit peut être limité à 15 m³/h si ce local n'est pas à usage collectif.

** Nombre d'équipements dans le local.



© Gael Kerbao/INRS/2019

compenser l'air extrait. Idéalement, afin d'éviter tout transfert de pollution vers des locaux attenants, ces grilles sont positionnées sur des parois donnant sur l'extérieur ;

- pour limiter les pertes de charge sur les réseaux de ventilation, il est conseillé d'utiliser des conduits à surface interne lisse, des coudes à grand rayon de courbure, des raccords à 45°, des conduits à variation progressive de diamètre, etc. ;
- le niveau sonore des installations de ventilation doit faire l'objet d'une attention particulière. Elles ne doivent pas augmenter de plus de 2 dB(A) le niveau sonore ambiant mesuré aux postes de travail, sauf si elles n'engendrent pas un niveau supérieur à 50 dB(A). Il convient donc de choisir les ventilateurs les moins bruyants et de les installer à l'extérieur des locaux de travail, d'assurer leur découplage vibratoire en les plaçant sur des plots anti-vibratiles et en les équipant de manchettes souples, de les encoffrer si nécessaire. Le niveau sonore de l'installation de ventilation seule en fonctionnement ne doit pas dépasser 60 dB(A) ;
- l'efficacité des installations de ventilation devra être vérifiée par des tests fumigènes et des mesures aérauliques afin de s'assurer qu'elles fonctionnent conformément au cahier des charges. Ces résultats constitueront les valeurs de référence des installations. Ils pourront être comparés à des résultats de mesures ultérieurs, afin de détecter une éventuelle dérive des performances aérauliques ;
- les professionnels doivent être informés de tout

défaut de l'installation de ventilation par une alarme. L'installateur doit fournir les documents techniques relatifs à chaque installation de ventilation (plans, référence de matériel, position des points de mesure, etc.) et à son utilisation (mode opératoire, consignes à suivre en cas de dysfonctionnement, entretiens à réaliser pour maintenir les performances de l'installation, etc.). Il convient de rassembler tous les documents relatifs aux installations de ventilation dans un dossier d'installation [11]. Ce dossier, tenu à jour après chaque intervention (maintenance préventive ou curative, mesurage des performances aérauliques, modification du réseau, etc.), facilitera le suivi et la maintenance des installations pendant toute la durée de leur fonctionnement.

Un focus bibliographique (*Cf. Pages suivantes*) rappelle les principales études réalisées auprès de cliniques vétérinaires, ainsi que les conclusions de leurs auteurs.

Un article à suivre traite de la campagne de mesures et des résultats obtenus auprès de vingt établissements de soins vétérinaires en Île-de-France (*Cf. pp. 60-72*) [12].

Appliquer les pratiques d'anesthésie gazeuse volatile les moins polluantes

Dans la mesure du possible et en fonction du poids de l'animal, il est nécessaire de travailler à bas débit



d'anesthésiant volatil et de privilégier l'utilisation de circuits d'anesthésie fonctionnant avec réinhalation des gaz expirés et pourvus de systèmes d'évacuation des anesthésiants volatils à l'extérieur du bâtiment⁵. Il convient de :

- choisir une cuve raccordable à un dispositif de transvasement sécurisé pour éviter les fuites et les débordements. Proscrire les cuves avec détrompeur à percolation non sécurisé et non étanche ;
- limiter le nombre de remplissages de la cuve en cours d'intervention, en adaptant la quantité d'isoflurane ou de sevoflurane au poids des animaux et aux procédures mises en œuvre ;
- remplir la cuve de l'évaporateur en dehors des périodes de forte occupation du local, afin de limiter le nombre de personnes exposées ;
- faire vérifier l'étanchéité et le fonctionnement de la cuve une fois par an ou à chaque dysfonctionnement suspecté ;
- vérifier avant chaque utilisation les appareils d'anesthésie afin de détecter et éliminer toute source de fuite ;
- démarrer l'administration de l'anesthésiant volatil après avoir vérifié le bon ajustement du masque ou l'étanchéité du ballonnet de la sonde trachéale ;
- interrompre l'administration de l'anesthésiant volatil lors de toute déconnexion de la sonde trachéale ou du masque en cours d'intervention, et quelques minutes avant leur retrait. Obtenir l'extrémité de la tubulure déconnectée du circuit d'anesthésie ;
- mettre en place un programme de maintenance préventive et de vérification périodique par des personnes compétentes des appareils d'anesthésie et des équipements qui leur sont raccordés :

sondes trachéales, raccords, embouts, robinetterie, tuyaux, joints, etc. Consigner les modalités et les résultats des vérifications dans un document de suivi ;

- stocker les filtres à charbon actif usagés dans des contenants hermétiques, dans un local correctement ventilé. Les modalités d'évacuation des déchets devront être définies et consignées dans un document facilement consultable ;
- mettre à disposition des professionnels des appareils de protection respiratoire isolants ou équipés d'une cartouche filtrante spécifiquement adaptée⁶, à utiliser en cas d'incident (mauvaise connexion, débordement) ou d'épandage accidentel de liquide. ●

1. Les NAC comprennent les lapins, autres rongeurs, singes et reptiles (tortues, serpents, lézards, etc.).

2. Le système de Bain est un dispositif coaxial, dans lequel l'arrivée de gaz frais est effectuée par un tuyau disposé dans le tuyau principal.

3. Dans le système de type T, le débit de gaz frais est très supérieur à la ventilation de l'animal, afin d'éviter la réinhalation de gaz carbonique.

4. Le sevoflurane est un anesthésiant volatil alternatif, qui est généralement moins utilisé que l'isoflurane notamment en raison de son coût plus élevé, mais dont l'impact environnemental semble moins important que celui de l'isoflurane.

5. En cas d'utilisation d'un système avec rejet des gaz expirés dans le local après filtration par une cartouche de charbon actif, noter la date de début d'utilisation du filtre ainsi que le poids de la cartouche avant et après utilisation. Lorsque le poids limite maximal indiqué sur la boîte du filtre est atteint, remplacer la cartouche.

6. Certains fournisseurs proposent des cartouches filtrantes qu'ils indiquent comme adaptées au piégeage des vapeurs anesthésiantes. Le réseau Assurance maladie – Risques professionnels préconise plutôt l'utilisation d'un appareil respiratoire isolant.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ARRÊTÉ DU 13 MARS 2015 RELATIF AUX CATÉGORIES D'ÉTABLISSEMENTS DE SOINS VÉTÉRINAIRES. *Journal officiel* du 25 mars 2015. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr.

[2] ARTICLE R. 4222-12 DU CODE DU TRAVAIL. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr.

[3] CIRCULAIRE DE LA DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ n° DGS/3A/667 bis du 10 octobre 1985, relative à la distribution des gaz à usage médical et à la création d'une commission locale de surveillance de cette distribution. Accessible sur : <http://www.hosmat.fr/hosmat/bonnes-pratiques/gaz-medical/circulaire-10-10-1985.pdf>

[4] NIOSH – *Exposure limits – Isoflurane*. Accessible sur : <https://www.osha.gov/chemicaldata/850>

[5] BASE DE DONNÉES GESTIS – *Valeurs limites – Isoflurane*. Accessible sur : <https://limitvalue.ifa.dguv.de/>

[6] FRIEMBICHLER S. ET AL. – A scavenging double mask to reduce workplace contamination during mask induction of inhalation anesthesia in dogs. *Acta Vet Scand*, 2011, 53, 1. Accessible sur : <https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-1>

[7] NORME NF S 90-351 – *Établissements de santé – Zones à environnement maîtrisé – Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée*. Afnor, avril 2013.

[8] INRS – *Aération et assainissement*. 2019, coll. Aide-mémoire juridiques, TJ 5. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TJ%205>

[9] GUICHARD R., GÉRARDIN F. – Améliorer la ventilation des locaux, pendant et après la pandémie de Covid-19. *Hygiène & sécurité du travail*, 2021, 264, Note technique NT 92, pp. 53-61. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2092>

[10] INRS – *Principes généraux de ventilation*. 2022, ED 695, coll. Guides pratiques de ventilation. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20695>

[11] INRS – *Le dossier d'installation de ventilation*. 2023, ED 6008, coll. Guides pratiques de ventilation. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206008>.

[12] CRAMIF – Exposition aux anesthésiants volatils dans les établissements de soin vétérinaires : campagne de mesures en Île-de-France. *Hygiène & sécurité du travail*, 2023, 273, Note technique NT 112, pp. 60-72. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/hst/notes-techniques.html>

FOCUS SUR...

Synthèse des principales études sur l'exposition à l'isoflurane

Korczynski rapporte en 1999 les résultats d'une étude réalisée au Canada, dans neuf cliniques vétérinaires pour animaux de compagnie et une clinique équine, afin de mesurer l'exposition du personnel, notamment à l'isoflurane [1-f].

Les animaux sont tous intubés préalablement. Afin de vérifier que la sonde trachéale est correctement en place, une mesure en temps réel est réalisée au niveau des voies respiratoires de l'animal jusqu'à la stabilisation du signal. Toutes les cliniques vétérinaires disposent d'un dispositif de piégeage des gaz anesthésiants passif. Deux cliniques ont installé deux ventilateurs de brassage au plafond.

Deux types de circuits d'administration des gaz anesthésiants sont utilisés : avec réinhalation de gaz anesthésiant (semi-fermé) et sans réinhalation de gaz anesthésiant (ouvert). La plupart des machines d'anesthésie sont anciennes. Deux cliniques utilisent une chambre à induction, qui présente des fuites au niveau du couvercle. Des pics d'exposition importants sont mesurés lors de l'ouverture de ces chambres.

Les concentrations moyennes mesurées au niveau des voies respiratoires des vétérinaires varient entre 1,3 ppm et 13 ppm et, dans le cas des auxiliaires spécialisés vétérinaires (ASV), entre 1 ppm et 9 ppm. Les pics d'exposition sont principalement mesurés lors de l'extubation. L'exposition à l'isoflurane est réduite lors de l'utilisation d'un circuit de récupération des gaz exhalés passif, couplé à l'utilisation d'une sonde trachéale, et si l'animal est de petite taille.

L'auteur recommande : de vérifier les dispositifs d'anesthésie et les circuits de récupération des gaz exhalés avant leur utilisation ; d'éviter les longueurs excessives de tuyaux, de remplacer la chaux sodée régulièrement ; et de réaliser une maintenance annuelle du matériel par une personne compétente.

Nesbitt et al. rapportent en 2013 les résultats d'une étude réalisée aux États-Unis lors de l'anesthésie de rats. L'induction est réalisée dans une chambre à induction et l'anesthésie maintenue à l'aide d'un cône au niveau du museau [2-f].

La chambre à induction est munie d'un couvercle coulissant et une extraction est réalisée dans sa partie haute. Lorsque le couvercle est ouvert, le dispositif d'extraction crée une pression négative au-dessus de la chambre, afin de limiter la contamination de l'air ambiant. Dans certains cas, les gaz extraits sont adsorbés par une cartouche de charbon actif. Des concentrations importantes d'isoflurane sont mesurées en temps réel :

- à proximité du cône ;
- au niveau du site d'incision ;
- au-dessus de la chambre à induction ;
- au niveau des voies respiratoires du chirurgien ;
- en ambiance de travail.

Les concentrations mesurées lors de deux prélèvements effectués pendant 8 heures sont également précisées :

- pour le chirurgien : 5,3 ppm et 9,9 ppm sans utilisation du dispositif de captage associé aux émissions de la chambre d'induction ;
- pour l'ASV : 1,9 ppm dans les deux cas sans utilisation du dispositif de captage associé aux émissions de la chambre à induction ;
- < 0,1 ppm après captage pour le chirurgien et l'ASV.

Les auteurs préconisent le rejet à l'extérieur des émissions issues de la chambre à induction.

L'utilisation du dispositif de captage des émissions issues de la chambre à induction réduit significativement l'exposition du chirurgien (de 10,2 ppm à 1,4 ppm) et les concentrations mesurées en ambiance de travail (de 1,1 ppm à 0,2 ppm).

L'introduction de dispositifs d'extraction au niveau du museau du rat et de la chambre à induction permet d'atteindre des niveaux d'exposition inférieurs à 2 ppm.

Fay, lors d'une étude réalisée aux États-Unis en 2018, compare l'exposition du personnel (chirurgiens, anesthésistes, ASV) à l'isoflurane durant l'anesthésie de différents animaux (veau, chien, chat, macaque, cochon, souris, rat) suivant différentes méthodes d'administration [3-f]. L'étude met en évidence que l'exposition ne dépend pas uniquement du contrôle du gaz anesthésiant résiduel, mais également de la méthode utilisée pour l'anesthésie. On constate que 18 % du personnel contrôlé présente un niveau d'exposition supérieur à 2 ppm : 78 % d'entre eux utilisent le masque et la chambre à induction connectés à une cartouche de charbon actif ; 22 % utilisent l'intubation avec un dispositif d'extraction actif. L'auteur indique que :

- l'utilisation d'un dispositif de captage à la source permet de limiter l'exposition du personnel, quelle que soit la procédure d'anesthésie (masque ou chambre à induction) ;
- l'exposition du personnel est relativement maîtrisée lorsque les animaux sont intubés, indépendamment du dispositif d'extraction ou de filtration des gaz ;
- l'utilisation du masque et de la chambre à induction connectés à une cartouche de charbon actif conduit à une exposition plus importante.



Newcomer et al. rapportent en 2019 les résultats obtenus lors de la mise en œuvre d'un programme de surveillance de l'exposition aux gaz anesthésiants de 2012 à 2014, lors d'interventions sur des animaux (souris, rats, porcs, primates) ou des humains, aux États-Unis [4-f]. Des concentrations importantes d'isoflurane sont mesurées :

- lors de la réalisation de prélèvements à l'aide de badges passifs au niveau des voies respiratoires du personnel, supérieures à celles mesurées en temps réel en ambiance de travail à proximité de l'appareil d'anesthésie ;
- lors d'interventions réalisées en l'absence de dispositif de captage ou en circuit ouvert avec filtre à charbon actif, par rapport à celles réalisées avec un dispositif d'extraction par aspiration ;
- lors d'interventions effectuées sur des rongeurs, par rapport à celles mesurées sur des patients de masse corporelle plus importante en raison de l'utilisation d'une chambre à induction pour les rongeurs.

Les principales causes d'exposition sont la présence de fuites au niveau de la machine d'anesthésie et du masque et les gaz exhalés par le patient. Les auteurs recommandent de :

- privilégier l'utilisation d'un système d'extraction actif ;
- veiller à ne pas dépasser la capacité d'adsorption du filtre à charbon actif ;
- réaliser des mesures en temps réel et des prélèvements à l'aide de badges passifs pour réaliser une surveillance de l'exposition ;
- former le personnel à l'utilisation du matériel d'anesthésie et réaliser sa maintenance.

Drielle et al. étudient en 2021 l'exposition de chirurgiens et d'anesthésistes à l'isoflurane lors d'inter-

ventions chirurgicales, réalisées majoritairement en circuit semi-fermé avec les portes de la salle d'opération ouvertes, sur des chiens et quelques chats intubés après induction intraveineuse [5-f].

Les résultats mettent en évidence une augmentation de la concentration en isoflurane graduellement au niveau des voies respiratoires du personnel et de l'animal, ainsi qu'en ambiance de travail du côté opposé à la machine d'anesthésie. Rapidement, les concentrations moyennes mesurées sont toutes supérieures à 2 ppm et atteignent 15 ppm après 2 heures, au niveau des voies respiratoires des chirurgiens et des anesthésistes.

Des fuites et des concentrations résiduelles d'isoflurane sont mesurées, y compris en circuit semi-fermé. Les machines d'anesthésie les plus anciennes présentent plus de fuites. D'autres sources de contamination sont repérées : remplissage des vaporisateurs, utilisation de sonde trachéale sans ballonnet d'étanchéité, débits élevés (> 3 L/min) et ventilation insuffisante.

Sauvé et Mater réalisent en 2022 un panorama des niveaux d'exposition aux contaminants chimiques dans le secteur vétérinaire en France entre 2011 et 2020, à partir des données issues de la base Colchic [6-f]. La médiane des concentrations d'isoflurane mesurées au niveau des voies respiratoires des vétérinaires est égale à 17,4 mg/m³ et celle mesurée au niveau des voies respiratoires des personnels administratifs à 14,5 mg/m³. Sur l'ensemble des mesures réalisées, la moitié dépasse la valeur de 15 mg/m³. Il est à noter que la majorité des mesures ont été effectuées dans des locaux disposant d'une ventilation générale et mécanique (44 mesures sur 72) et 12 mesures en présence d'un dispositif de captage localisé. ●

BIBLIOGRAPHIE (Focus)

[1-f] KORCZYNSKI R.E. –

Anesthesia gas exposure in veterinary clinics.

Applied occupational and environmental hygiene, 1999, 14, pp. 384-390.

[2-f] NESBITT J.C.,

KRAGESCHMIDT D.A., BLANCO M.C. –

A novel approach to scavenging anesthetic gases in rodent surgery.

Journal of occupational and environmental hygiene, 2013, 10, pp. D125-D131.

[3-f] FAY J. –

A case report of personal exposures to isoflurane during animal anesthesia procedures.

Journal of occupational and environmental hygiene, 2018, 15 (2), pp. 99-104.

[4-f] NEWCOMER D., CHOPRA I. –

Evaluation of waste anesthetic gas surveillance program and isoflurane exposures during animal and human surgery. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 2019, 16 (8), pp. 544-556.

[5-f] DRIELLE B.S. ET AL. –

Measurement of anesthetic pollution in veterinary operating rooms for small animals. Isoflurane pollution in a university veterinary hospital.

Brazilian journal of anesthesiology, 2021, 71 (5), pp. 517-522.

[6-f] SAUVÉ J.F., MATER G. –

Panorama des niveaux d'exposition aux contaminants chimiques dans le secteur vétérinaire entre 2011 et 2020. *Hygiène & sécurité du travail*, 2022, 266, pp. 74-79.

Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=BD%2014>