

Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme MEOPA : l'expérience rennaise

AUTEURS :

G. Caetano, J. Passeron, département Études et assistance médicales, INRS

A. Guilleux, département Expertise et conseil technique, INRS

E. Jouve, E. Jean, département Pathologies professionnelles – Prélèvements – Chimie, Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Bretagne

D. Aoustin, Centre interrégional de mesures physiques de l'Ouest, CARSAT Bretagne

B. Delevoye, ingénieur de prévention des risques professionnels, Centre hospitalier universitaire (CHU), Rennes

P. Cozic, ingénieur biomédical, CHU, Rennes

M. Guillemot, E. Langlois, département Métrologie des polluants, INRS

EN
RÉSUMÉ

Alerté par le service de santé au travail, le Centre hospitalier universitaire de Rennes (CHU) sollicite le service prévention de la Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Bretagne en 2015 pour la réalisation de prélèvements atmosphériques de protoxyde d'azote (N₂O) dans le service des urgences pédiatriques. La CARSAT relève des niveaux d'exposition du personnel soignant au N₂O très importants lors des sédations par inhalation d'un mélange équimolaire d'oxygène et de protoxyde d'azote (MEOPA). Dès lors, s'engage une démarche de prévention de l'exposition au N₂O qui conduit à la mise en place d'équipements permettant la réduction de l'exposition au N₂O et qui devra conduire à la prise en compte de la sédation par inhalation de MEOPA lors de la conception des nouveaux locaux du CHU. L'efficacité du masque à double enveloppe aspirante a été mise en évidence, réduisant l'exposition des soignants à des niveaux inférieurs au seuil de concentration de référence.

MOTS CLÉS

Personnel soignant / Milieu de soins / Risque chimique / Produit chimique / Métrologie

Le MEOPA (mélange équimolaire de 50 % d'oxygène et 50 % de protoxyde d'azote) appartient au groupe des gaz médicinaux qui ont le statut de médicament. Il s'agit d'un analgésique administré par inhalation qui induit un état de sédation consciente. Il est proposé en bouteille de gaz comprimé et soumis à prescription médicale. Il est utilisé dans l'analgésie des actes douloureux de courte durée ou lors de l'aide médicale d'urgence (petite chirurgie superficielle, réduction de fracture simple et de luxation, myélogramme, pansement douloureux...). Il est également utilisé en soins dentaires chez les enfants, les patients anxieux ou handicapés. En milieu hospitalier, il peut aussi être utilisé dans l'attente d'une analgésie péridurale ou en cas de refus ou d'impossibilité de la réaliser (salle de naissance...) [1].

Malgré une utilisation répandue avec un bénéfice certain pour les patients, cette pratique n'est pas dépourvue de risques pour les

soignants. Les personnels les plus exposés au gaz sont ceux qui se trouvent physiquement proches du masque d'administration, et ce de manière répétée.

Les propriétés toxicologiques spécifiques au MEOPA seul chez l'homme sont mal documentées du fait de multiples co-expositions. Les connaissances concernent surtout le principe actif pharmaceutique, le protoxyde d'azote (N₂O, n° CAS 10024-97-2), qui est aussi un agent chimique dangereux.

Le protoxyde d'azote est principalement absorbé par inhalation puis rapidement distribué dans tous les tissus. Il n'est pas métabolisé et est vite éliminé par les poumons. Il passe la barrière placentaire.

Les intoxications aiguës avec le protoxyde d'azote peuvent provoquer des troubles digestifs, neurologiques ou irritatifs non spécifiques pouvant aller jusqu'à des atteintes respiratoires ou cardiaques lors de fortes expositions. L'exposition répétée au protoxyde d'azote peut entraîner des atteintes

Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme MEOPA : l'expérience rennaise

neurologiques ou hématologiques (faiblesses musculaires, paresthésies...); des atteintes hépatiques et rénales ont également été rapportées. Les données disponibles ne permettent pas de conclure quant à la génotoxicité et la cancérogénicité du protoxyde d'azote chez l'homme. Il existe des signaux d'alertes forts pour la fertilité (avortements) et le développement fœtal (anomalies congénitales) même si les données sont controversées. Enfin, le protoxyde d'azote peut entraîner des phénomènes de dépendance [2].

En 2016, un article faisant le point sur les données disponibles relatives à la toxicité du protoxyde d'azote, l'identification des situations d'exposition au MEOPA et les pistes de prévention ainsi que sur le rôle du médecin du travail a été publié [3]. Il faisait suite aux interrogations concernant les risques liés à l'exposition professionnelle potentielle au N₂O, soulevées surtout depuis 2009, avec l'autorisation de l'utilisation de MEOPA hors structure hospitalière en France. Les principaux éléments chronologiques en lien avec l'utilisation de MEOPA en France sont présentés dans l'**encadré 1**.

Depuis 1985, en France, un seuil de 25 ppm (45 mg/m³) a été fixé par circulaire pour « *la phase d'entretien de l'anesthésie* » [4]. Il s'agit d'une concentration « plafond » qui ne doit être excédée à aucun moment. Cette valeur n'est pas assimilable à une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) pondérée sur 8h.

L'analyse des données d'exposition au N₂O en milieu hospitalier disponibles (263 mesures individuelles entre 2002 et 2016 réalisées par les services Prévention des CARSAT et de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France – CRAMIF – et par l'INRS) a

mis en évidence un dépassement de la valeur de 45 mg/m³ pour le N₂O dans 54 % des cas, et des situations d'exposition très élevées tous contextes d'utilisation confondus (analgésie au MEOPA, anesthésie, salle de réveil) [3].

Plus spécifiquement, entre 2012 et 2016, après la mise au point d'un dispositif de prélèvement et d'une méthode d'analyse du N₂O atmosphérique par les laboratoires de l'INRS, 12 campagnes de prélèvements individuels de N₂O ont été menées dans 9 services de 6 établissements hospitaliers en France. Les résultats ont montré que, quel que soit le type de service, les niveaux d'exposition étaient très importants : la quasi-totalité des concentrations mesurées dépassaient 45 mg/m³ et pouvaient atteindre plus de 100 fois cette valeur. De très fortes concentrations ont été mesurées aussi bien lors de prélèvements de courte durée que lors de prélèvements de longue durée. Certains soignants étaient exposés de façon répétée à de fortes concentrations sur leur journée de travail [7].

En mars 2015, le service Prévention de la CARSAT Bretagne a été sollicité par le Centre hospitalier universitaire (CHU) de Rennes pour réaliser des prélèvements atmosphériques de N₂O aux urgences pédiatriques lors de l'administration de MEOPA. La demande émanait du service de santé au travail, suite à des questionnements à propos de pathologies pendant la grossesse ou d'infertilité chez les professionnels de santé exposés au MEOPA.

L'objectif principal de cet article est de documenter la démarche d'évaluation des risques et de prévention de l'exposition au N₂O engagée par le CHU de Rennes et l'accompagnement fait par le service Prévention de la CARSAT Bretagne tout au long du projet, de mai 2015 à avril 2018, détaillant la mise en œuvre

des mesures de prévention et l'évaluation de leur efficacité. À travers cet exemple, l'état des lieux des moyens de prévention de l'exposition professionnelle au N₂O actuellement existants sera réalisé.

MÉTHODES

IDENTIFICATION DES SERVICES À CIBLER

La première étape, avant de procéder aux prélèvements atmosphériques, a été de recenser les services utilisateurs et de connaître les volumes de MEOPA consommés au CHU. Pour cela, les registres de la pharmacie hospitalière ont été consultés. Leur analyse a mis en évidence que les principaux utilisateurs de MEOPA étaient essentiellement des services de soins pédiatriques : le service des urgences pédiatriques, les consultations pédiatriques en médecine et en chirurgie, l'hôpital de jour d'hématologie pédiatrique (hôpital de jour), le service de médecine physique et de réadaptation enfants (SMPRE), ainsi que le service de pathologie et chirurgie buccales. Le service de pathologie et chirurgie buccales utilise le MEOPA lors des soins aux patients adultes souffrant de handicaps mentaux. Le SMPRE présentait un intérêt particulier pour cette étude du fait du caractère répétable des actes médicaux pratiqués sous MEOPA (injections de toxine botulique chez les enfants au niveau des membres inférieurs et/ou supérieurs), permettant de mieux comparer l'efficacité des moyens de prévention mis en place. Au total, ces 6 services ont été ciblés pour l'étude des locaux, des conditions d'administration de MEOPA, la réalisation de prélèvements atmosphériques individuels et la caractérisation des risques d'exposition au N₂O.

↓ Encadré 1

➤ PRINCIPAUX ÉLÉMENTS CHRONOLOGIQUES EN LIEN AVEC L'UTILISATION DE MEOPA EN FRANCE.

Années 80	Début de l'utilisation de MEOPA de façon marginale en France.
1985	Circulaire du ministère chargé de la Santé : « Les salles où se font les anesthésies (y compris l'induction et le réveil) doivent être équipées de dispositifs assurant l'évacuation des gaz et vapeurs anesthésiques. 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 25 ppm pour le protoxyde d'azote » [4].
1998	Autorisation temporaire d'utilisation (ATU) de MEOPA.
2001	Autorisation de mise sur le marché (AMM) de MEOPA.
2009	Modification de l'AMM et autorisation de l'utilisation hors structure hospitalière. Mise en place d'un plan de gestion des risques (PGR) et de suivis de pharmacovigilance et d'addictovigilance par l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM).
2010	Publication, par l'INRS, de la première méthode fiable de prélèvement en mode passif sur dispositif spécifique et d'analyse pour le protoxyde d'azote (MétroPol 111).
2014	L'ANSM sollicite l'INRS concernant les risques professionnels liés à l'utilisation de MEOPA.
2015	Plusieurs CARSAT sont sollicitées par des structures de soins au sujet de l'utilisation de MEOPA et des expositions des soignants
2016	L'ANSM diffuse une lettre aux professionnels de santé rappelant les règles de bon usage de MEOPA. Mise au point, par l'INRS, d'un dispositif simplifié de prélèvement du protoxyde d'azote atmosphérique (fiches MétroPol M-415 [5] et M-416 [6]). Point sur les données disponibles concernant la toxicité du protoxyde d'azote, l'identification des situations d'exposition au MEOPA et les pistes de prévention ainsi que sur le rôle du médecin du travail [3].

PRÉLÈVEMENTS ATMOSPHÉRIQUES INDIVIDUELS

Les prélèvements ont été effectués au niveau des voies respiratoires du personnel hospitalier afin de mesurer leur niveau d'exposition et de le comparer à la valeur de référence. Ils ont été réalisés sur 15 minutes, sur la durée d'un soin ou sur plusieurs heures.

De mai 2015 à janvier 2016, les prélèvements atmosphériques ont été réalisés suivant la première méthode de prélèvement passif développée par l'INRS (ancienne méthode MétroPol 111).

Dès septembre 2016, le service prévention de la CARSAT Bretagne a bénéficié des derniers développements de l'INRS en matière d'analyse du N₂O. Les prélèvements courts (15 min) sont alors des prélèvements actifs [6]. Les prélèvements longs (≥ 30 min - 1h) sont des prélèvements passifs [5].

Pour toutes les méthodes de prélèvement, l'analyse se fait par

désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse. L'identification se fait par GC-MS (détecteur de masse).

Chaque méthode de prélèvement a été validée pour un domaine d'adsorption du N₂O sur les tubes de prélèvement. Pour certains prélèvements, la quantité de N₂O déposée sur le tube était hors du domaine de validation des méthodes. Dans ces cas, la valeur donnée a été exprimée par défaut ou par excès. Lorsque les résultats sont exprimés par défaut (par ex. : > 4 500 mg/m³) ou par excès (ex. : < 2 mg/m³), les valeurs retenues pour les calculs correspondent respectivement à la valeur maximale pour laquelle la méthode a été validée (ex. : 4 500 mg/m³) ou à la limite de quantification de la méthode analytique divisée par 2.

Les prélèvements atmosphériques ont été faits à la demande du centre hospitalier puis à celle du service prévention de la CARSAT pour contrôler les mesures de pré-

vention mises en place en accord avec l'ingénieur de prévention des risques professionnels du CHU et des cadres de santé des services retenus. L'accord des professionnels de santé qui ont porté les dispositifs de mesure (non-invasif, similaire à un stylo attaché au niveau de la blouse pour les prélèvements passifs ou des dispositifs un peu plus encombrants avec micro-pompe pour les prélèvements actifs), ainsi que celui des patients (ou parents) ont été recueillis préalablement aux prélèvements, après information sur cette étude.

DISPOSITIFS D'ADMINISTRATION DE MEOPA ET/OU MOYENS TECHNIQUES DE RÉDUCTION DE L'EXPOSITION UTILISÉS

L'administration de Meopa peut se faire à l'aide d'un masque à simple enveloppe ou d'un masque à double enveloppe associé à une aspiration dédiée ; la valve peut être classique ou à la demande ; un

Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme MEOPA : l'expérience rennais

système d'évacuation spécifique des gaz peut être présent.

Avec les kits d'administration dits « classique » ou « kit ballon » (photo 1), un débit réglable et continu de MEOPA est émis depuis la bouteille, indépendamment des inspirations du patient. Le gaz transite par un ballon puis par un embout T qui permet, par l'intermédiaire d'une valve, d'évacuer l'air expiré par le patient.

Dans le cas des valves à la demande, la libération de gaz de la bouteille est limitée à l'inspiration du patient (mise en dépression à l'inté-

rieur du masque qui déclenche la distribution de gaz).

Le système d'évacuation des gaz anesthésiques (SÉGA) est un moyen technique d'évacuation active des gaz. Le tuyau d'exsufflation du dispositif d'administration de MEOPA est raccordé à une prise dite « prise SÉGA », qui a un débit d'aspiration de 0,36 m³/h (4,5 à 6 l/min).

Le masque à double enveloppe aspirante permet le captage actif des gaz exhalés et non inhalés au moyen d'un groupe aspirant auquel le masque est raccordé. Le groupe aspirant (chariot mobile)

était un prototype mis à disposition par l'entreprise Puramed, chargée de la distribution de ce matériel (Medicvent®) en Belgique et aux Pays-Bas, d'une puissance de 0,25 kW permettant une régulation et un contrôle de débit (27 m³/h de débit nominal en petite vitesse pour des masques de taille 1 à 3 et 35 m³/h de débit nominal en grande vitesse pour des masques de taille 4 et 5) (photo 2). Des ajustements ont été faits sur l'unité mobile pour assurer son étanchéité. Le masque à double enveloppe pouvait être monté sur une valve à la demande (photo 3) ou sur un kit classique d'administration de MEOPA (kit ballon) (photo 4). Dans ce dernier cas, 2 tuyaux de rejet étaient présents : celui du masque à double enveloppe connecté au groupe aspirant, dont le rejet était placé à la fenêtre, et celui du kit d'administration « standard » : le tuyau d'exsufflation, dont l'extrémité était soit connectée à la prise SÉGA, soit placée à la fenêtre¹.

1. Actuellement, en France, aucun dispositif commercial dédié au traitement du N₂O dans l'air extrait avant son rejet à l'atmosphère n'est disponible. Néanmoins, cette question doit être prise en compte.

Photo 1 : Kit classique, masque simple enveloppe

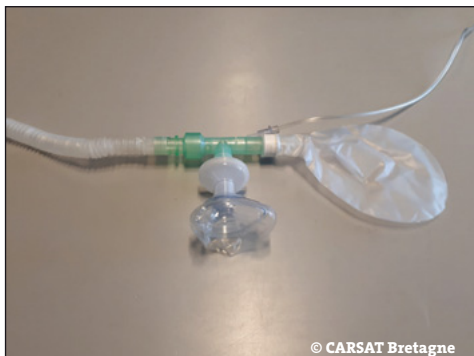


Photo 3 : Masque double enveloppe, valve à la demande



Photo 2 : Masque double enveloppe valve à la demande, prototype aspirant



Photo 4 : Masque double enveloppe kit classique



VALEURS DE RÉFÉRENCE UTILISÉES

En France, il n'y a pas de VLEP fixée pour le protoxyde d'azote. La valeur seuil [4] de 25 ppm (45 mg/m³), citée plus haut (encadré 1), est retenue comme valeur de référence pour évaluer l'exposition des soignants au N₂O lors de l'utilisation de gaz MEOPA.

RÉSULTATS

La démarche d'évaluation et de prévention des risques de l'exposition au N₂O s'est déroulée sur plusieurs mois, dans chacun des 6 services concernés du CHU de Rennes. Après chaque campagne de prélèvements, des préconisations sur les moyens de prévention à mettre en

place ont été faites par les contrôleurs de sécurité du service prévention de la CARSAT Bretagne. La mise en œuvre de ces moyens a conduit à la réalisation de nouveaux prélèvements pour contrôler leur efficacité dans trois services :

urgences pédiatriques, hôpital de jour et SMPRE. Dans les services de consultations pédiatriques (secteur médecine et chirurgie) et de pathologie et chirurgie buccales, une seule campagne de prélèvements a été réalisée.

CONDITIONS RENCONTRÉES

Le **tableau I** résume les principales conditions présentes lors de chaque campagne de prélèvements réalisée dans les différents services en termes d'administration de

↓ **Tableau I**

> PRINCIPALES CONDITIONS PRÉSENTES DANS CHAQUE CAMPAGNE DE PRÉLÈVEMENTS

Service	Date	Masque (enveloppe)	Kit/ Valve	Débits variables (L/min)	Évacuation / aspiration spécifiques	VMC	Fenêtre	Soins
Urgences pédiatriques	mai-15	simple	classique	4 à 12	aucune**	oui	F	7, dont 6 différents : suture, pose perfusion, changement attèle, lavement rectal, prise de sang, geste médical douloureux non détaillé
	déc.-15	simple	classique	4 à 12	SÉGA	oui	NR	7, dont 4 différents : ponction lombaire, suture, pose cathéter, prise de sang
	sept.-16	simple	VAD EASE II	–	SÉGA	oui	E	3 sutures
	sept.-16	simple	classique	4	aucune**	oui	F	1 suture
	avr.-18	double	VAD Ultraflow™	–	au masque***	oui	E	8 : 3 sutures, 5 prises de sang
	avr.-18	double	classique	6 à 12	SÉGA	oui	NR	2 : retrait de corps étranger, ponction
Consultations pédiatriques médecine	déc.-15	simple	classique	6 à 9	aucune**	oui	F	4 prises de sang
Consultations pédiatriques chirurgie	déc.-15	simple	classique	6 à 10	aucune**	oui	O / F	2 : pose de pansement, soin de plaie au doigt
Hôpital de jour d'hématologie pédiatrique	déc.-15	simple	classique	9 à 12	aucune**	oui	F	5, dont 3 différents et 1 non relevé : pose de cathéter, pose de perfusion, chimiothérapie intrathécale
	avr.-18	double	VAD Ultraflow™	–	au masque***	oui	E	2 : prise de sang, ponction
Pathologie et chirurgie buccales	janv.-16	simple*	classique	6 à 12	aucune**	non	E	4 détartrages (2 avec et 2 sans MEOPA)
SMPRE	sept.-16	simple	classique	6 à 15	passive****	non	E	4 injections membres inférieurs
	oct.-16	simple	VAD EASE II	–	passive****	non	E	3 injections membres inférieurs
	avr.-17	simple	classique	1 à 12	passive****	non	E / O	4 injections membres inférieurs et supérieurs
	mai-17	simple	VAD Ultraflow™	–	passive****	non	E / O	3 injections membres inférieurs et supérieurs
	avr.-18	double	VAD Ultraflow™	–	au masque***	non	E	4 : non détaillés
	avr.-18	simple	classique	3 à 9	aucune**	non	NR	3 : non détaillés
	avr.-18	double	classique	2 à 15	au masque***	non	E	1 : non détaillé

Fenêtre : E = entrouverte, F = fermée, O = ouverte, NR : non renseigné.

SÉGA : Système d'évacuation des gaz anesthésiques

SMPRE : service de médecine physique et de réadaptation enfants VAD : Valve à la demande (2 modèles : EASE II ou Ultraflow™)

VMC : Ventilation mécanique contrôlée Kit classique = kit ballon (ballon avec un embout T et une valve d'évacuation reliée à un tuyau)

*masque pédiatrique sur le nez pendant le soin, masque naso-buccal simple enveloppe pendant les pauses

**pas d'aspiration, pas de rejet déporté

*** aspiration au masque, qui est raccordé à une unité mobile d'aspiration ; le conduit flexible avec l'air aspiré par la turbine est passé par la fenêtre

**** pas d'aspiration, évacuation passive (tuyau à la fenêtre entrouverte)

Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme MEOPA : l'expérience rennaise

MEOPA, de principaux moyens de prévention technique en place, de caractéristiques des salles et des soins réalisés.

Au départ, tous les services administraient le MEOPA aux patients au moyen d'un masque simple enveloppe à l'aide d'un kit classique à un débit continu et variable allant de 4 L/min à 15 L/min.

Le service de pathologie et chirurgie buccales avait une pratique différente : un masque naso-buccal pédiatrique (pour enfant en bas âge) était posé sur le nez des patients pendant le soin (bouche ouverte, pour que le dentiste puisse accéder à la zone à traiter) et un masque naso-buccal de taille adaptée au patient était utilisé pendant les pauses.

En l'absence de salle dédiée aux soins sous MEOPA, l'administration de ce gaz pouvait se faire dans toutes les salles de soins, suivant les besoins. Ces salles pouvaient être pourvues de fenêtres (habituellement fermées pendant les soins)

ou non (salles aveugles, notamment celle des plâtres aux urgences pédiatriques), avec ou sans VMC (ventilation mécanique contrôlée). Lors de la première campagne aux urgences pédiatriques, la CARSAT a effectué des relevés aérauliques mettant en évidence que les salles de soins étaient en surpression, ce qui avait pour inconvénient de diffuser le N₂O dans les locaux les plus proches. Cela a abouti à des préconisations d'équilibrage des débits. Les masques disponibles étaient le plus souvent de taille adaptée à l'enfant. La bouteille était le plus souvent fermée entre deux soins. Dans les minutes suivant le soin, l'air exhalé par le patient n'était pas capté. Il a été aussi observé que les pratiques pouvaient différer d'un soignant à l'autre.

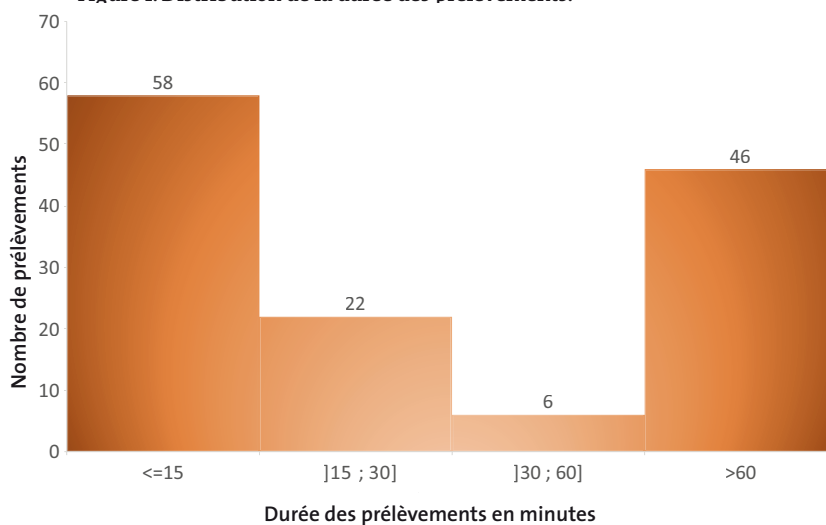
NOMBRE ET TYPE DE PRÉLÈVEMENTS

Entre mai 2015 et avril 2018, un total de 132 prélèvements atmosphériques ont été relevés, toutes

durées de prélèvement confondues, correspondant à des mesures individuelles sur 46 soignants et 2 contrôleurs de sécurité CARSAT et à 67 soins réalisés dans 6 services, dont 5 pédiatriques, du CHU de Rennes. Sur les prélèvements relevés sur les contrôleurs sécurité CARSAT, 3 ont été réalisés au cours de soins médicaux et 6 à l'extérieur des salles de soins.

Sur l'ensemble des soins suivis, 3 n'ont pas bénéficié d'administration de MEOPA (1 à l'hôpital de jour et 2 dans le service de pathologie et chirurgie buccales) et 2 des soins réalisés au service des urgences ont été interrompus après 2 minutes d'administration, à cause du refus de l'enfant. Les données relatives à ces 5 soins ont cependant été prises en compte car elles permettent d'évaluer l'impact éventuel des soins sous MEOPA sur la présence de N₂O pendant les soins suivants où il n'y a pas recours à l'utilisation de MEOPA, ainsi que d'objectiver les niveaux d'exposition pour les administrations très courtes et stoppées.

Figure 1. Distribution de la durée des prélèvements.



La figure 1 illustre la distribution de la durée des prélèvements, qui se situe entre 7 minutes et un peu plus de 4 heures (253 minutes) ; la médiane est de 18 minutes. Plus de la moitié sont des prélèvements de courte durée réalisés sur 15 minutes ou sur la durée des soins uniquement, tous inférieurs à 33 minutes (82 mesures, soit 62 %). Parmi ceux-ci, 25 sont des prélèvements passifs faits avant septembre 2016, les autres sont des prélèvements actifs. Les prélèvements de longue durée sont tous passifs et comprennent ceux associés aux soins, tous supérieurs ou égaux à 59 minutes ainsi que 6 réalisés à l'extérieur des salles de soins (de 42 à 203 minutes).

Les prélèvements de courte durée ont été réalisés sur 15 minutes ou la durée des soins uniquement. Ils sont tous inférieurs à 33 minutes (82 mesures, soit 62 %). Parmi ceux-ci, 25 sont des prélèvements passifs faits avant septembre 2016, les autres sont des prélèvements actifs. Les prélèvements de longue durée sont tous passifs et comprennent ceux associés aux soins, tous supérieurs ou égaux à 59 minutes ainsi que 6 réalisés à l'extérieur des salles de soins (de 42 à 203 minutes).

Les résultats des prélèvements réalisés seront présentés par principaux moyens techniques d'administration / de réduction de l'exposition des soignants au N₂O testés : administration standard, connexion du tuyau d'expiration à la prise SÉGA, valve à la demande, masque double enveloppe et combinaison de plusieurs moyens techniques de prévention. Les résultats sont illustrés dans les **figures 2 et 3** (p. 85) et détaillés ci-dessous. Pour les résultats des campagnes au sein d'un même service, seuls les prélèvements de courte durée ont été présentés, pour faciliter les comparaisons (*figure 3*).

MASQUE À SIMPLE ENVELOPPE, VALVE CLASSIQUE, PAS D'ASPIRATION DÉDIÉE (ADMINISTRATION STANDARD)

En routine, le MEOPA était administré à l'aide d'un masque à simple enveloppe, avec une valve classique et sans système d'aspiration ou d'évacuation spécifique des gaz (*tableau 1 p. 81*).

Les durées d'administration de MEOPA sur ce mode d'administration étaient comprises entre 4 et 30 minutes. Au total, 58 prélèvements ont été réalisés.

Toutes les concentrations de N₂O mesurées (à l'exception de deux) dépassaient largement la valeur de référence de 45 mg/m³, certaines atteignant plusieurs milliers de milligrammes par mètre cube et dépassant la limite supérieure de quantification de la méthode d'analyse. Ainsi, dix-neuf valeurs sont données par défaut. Les valeurs mesurées se situaient entre 17 mg/m³ et 4 500 mg/m³ (valeur médiane de 595 mg/m³ pour l'ensemble des mesures, de 1 000 mg/m³ pour les prélèvements de courte durée et de 275 mg/m³ pour les prélèvements de longue durée).

Les deux seules valeurs en dessous de 45 mg/m³ correspondent à deux prélèvements associés à des soins qui n'ont pas nécessité l'administration de MEOPA : le premier de la journée au service de pathologie et chirurgie buccales (30 mg/m³ sur 18 minutes) et un acte médical à l'hôpital de jour (17 mg/m³ sur 23 minutes).

Il faut noter que, dans le service de pathologie et chirurgie buccales, même si deux des quatre soins réalisés n'ont pas nécessité l'administration de MEOPA, les niveaux de concentration de N₂O étaient très élevés sur 7 des 8 prélèvements réalisés (8 prélèvements effectués sur les soignants + 1 sur le contrôleur sécurité CARSAT). Concernant le soin aux urgences pédiatriques pendant lequel l'administration de MEOPA a été interrompue au bout de 2 minutes, les valeurs retrouvées sont également élevées (260 mg/m³ sur 18 minutes).

MASQUE À SIMPLE ENVELOPPE, VALVE CLASSIQUE, TUYAU D'EXSUFFLATION RACCORDÉ AU SÉGA

Ce système a été testé aux urgences pédiatriques, où le CHU a remis en service un réseau SÉGA existant qui n'était pas utilisé et a acheté des kits adaptés.

Les 10 prélèvements réalisés correspondent à 7 soins réalisés sous MEOPA administré avec un masque simple et un kit classique raccordé à une prise SÉGA, pendant 2 à 12 minutes.

Parmi les 5 prélèvements de courte durée réalisés, seule une des concentrations de N₂O mesurées ne dépassait pas la valeur de référence de 45 mg/m³. Les valeurs se situaient entre 37 mg/m³ et 2 600 mg/m³ (médiane de 400 mg/m³) et une des valeurs est donnée par défaut (1 300 mg/m³). Parmi les 5 prélèvements de longue

durée réalisés, trois étaient en dessous de 45 mg/m³. Les concentrations se situaient entre 17 mg/m³ et 260 mg/m³ (médiane de 26 mg/m³).

MASQUE À SIMPLE ENVELOPPE, VALVE À LA DEMANDE, AVEC TUYAU D'EXSUFFLATION RACCORDÉ AU SÉGA

En 2016, le CHU a testé l'utilisation de la valve à la demande modèle *EASE II* du fabricant GCE (*Gaz Control Equipment*), raccordée au système SÉGA, dans le service des urgences pédiatriques. Les niveaux d'exposition au N₂O associés à ce mode d'administration ont été évalués pendant trois sutures nécessitant l'administration de MEOPA pendant 12 à 38 minutes.

Toutes les concentrations de N₂O relevées (6 de courte et 3 de longue durée), à l'exception d'une, dépassaient la valeur de référence de 45 mg/m³. La valeur minimale mesurée était de 34 mg/m³ et la maximale de 1 200 mg/m³ (médiane de 485 mg/m³ pour les prélèvements de courte durée). La mesure en dessous du seuil de référence correspond à un prélèvement de longue durée (251 minutes) associé à un soin nécessitant l'administration de MEOPA pendant 12 minutes.

MASQUE À SIMPLE ENVELOPPE, VALVE À LA DEMANDE, PAS DE SÉGA

Deux modèles de valve à la demande ont été utilisés au SMPRE, où des travaux pour l'installation de prises SÉGA n'ont pas été réalisés. Il s'agit du modèle *EASE II* de GCE et du modèle *Ultraflow™* du fabricant BPR Medical Ltd.

Trois soins ont été réalisés avec le premier modèle et deux avec le deuxième. La durée d'administration de MEOPA a été de 8, 9 et 17 minutes avec la valve *EASE II* et de 20 minutes à chaque fois avec la valve *Ultraflow™*.

Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme MEOPA : l'expérience rennaise

Tous les prélèvements de courte durée ont été faits sur 15 minutes. Ceux de longue durée ont été réalisés pendant 59 à 149 minutes.

Sur les 7 prélèvements associés à l'utilisation de la valve *EASE II*, un seul était en dessous de 45 mg/m³ (39 mg/m³ sur 133 minutes) et 4 des valeurs sont données par défaut car la quantité de N₂O dosée sur le tube dépassait la valeur maximale pour laquelle la méthode a été validée. Sur 15 minutes, la valeur minimale de N₂O mesurée était de 210 mg/m³ et la maximale de 2 900 mg/m³. Sur les 3 prélèvements de longue durée, les valeurs se situaient entre 39 mg/m³ et 200 mg/m³ (valeur par défaut).

Sur les 8 prélèvements associés à l'utilisation de la valve *Ultraflow™*, aucun n'était en dessous de 45 mg/m³. Pour les 4 prélèvements de courte durée, les valeurs de N₂O observées étaient comprises entre 140 mg/m³ et 630 mg/m³ et pour ceux de longue durée, entre 57 mg/m³ et 190 mg/m³.

Les résultats des prélèvements associés à l'utilisation d'une valve à la demande, avec ou sans utilisation de SÉGA, sont présentés ensemble dans la *figure 2*. Les résultats des prélèvements de courte durée faits au SMPRE (sans SÉGA) sont présentés dans la *figure 3B* et ceux du service des urgences (avec SÉGA) dans la *figure 3A* (p. 85).

MASQUE À DOUBLE ENVELOPPE, VALVE À LA DEMANDE, ASPIRATION DÉDIÉE (SYSTÈME MOBILE D'EXTRACTION DES GAZ)

En avril 2018, la campagne de prélèvements a objectivé les valeurs d'exposition au N₂O lors de 14 soins où le MEOPA a été administré pendant 3 à 20 minutes avec un masque à double enveloppe aspirante Medicvent® et une valve à la demande (modèle *Ultraflow™*) aux

urgences pédiatriques, à l'hôpital de jour et au SMPRE. Le masque à double enveloppe était raccordé à une unité mobile d'aspiration (prototype). L'air aspiré par la turbine était rejeté à l'extérieur par la fenêtre entrouverte.

Sur les 23 prélèvements réalisés, 3 étaient de longue durée (79 à 196 minutes) et les autres de courte durée (médiane 15 minutes).

À l'exception de deux prélèvements de N₂O de courte durée (57 mg/m³ et 48 mg/m³ sur 15 minutes), toutes les concentrations de N₂O étaient inférieures à 45 mg/m³. Quatre valeurs étaient inférieures au seuil de quantification de la méthode analytique. Les valeurs mesurées étaient comprises entre 1,7 mg/m³ et 57 mg/m³ (médiane de 14,5 mg/m³ pour les prélèvements de courte durée).

Les deux résultats qui sont légèrement supérieurs à 45 mg/m³, soit 57 mg/m³ et 48 mg/m³ sur des prélèvements de courte durée peuvent être expliqués par les pratiques d'administration de MEOPA. Dans le premier cas, en fin de soin, le circuit d'administration a été purgé par pression du bouton test de la valve à la demande. Dans le second cas, il est possible qu'en fin de soin, les gaz exhalés par le patient mais non captés exposent les soignants au N₂O.

MASQUE À DOUBLE ENVELOPPE, VALVE CLASSIQUE, ASPIRATION DÉDIÉE (SYSTÈME MOBILE D'EXTRACTION DES GAZ)

Suivant le type de soin ou la force inspiratoire du patient, l'utilisation d'une valve à la demande n'est pas toujours possible. L'administration de N₂O a donc également été suivie dans le cas où le masque à double enveloppe a été associé à une valve classique. Seuls 4 prélèvements de N₂O correspondent à l'utilisation

d'un masque double enveloppe avec une valve classique. Les quatre valeurs, correspondant à des prélèvements de courte durée (14 à 16 minutes), étaient comprises entre 8,4 et 30 mg/m³ (*figures 2A, 3A et 3B*, p. 85). Aux urgences pédiatriques l'embout expiratoire du kit classique d'administration était raccordé aux prises SÉGA (valeurs à 9,2 et 30 mg/m³). Au SMPRE, en l'absence de prises SÉGA, le tuyau était passé par une fenêtre (valeurs 8,4 et 11 mg/m³). Dans tous les cas, le masque à double enveloppe était raccordé à une unité mobile d'aspiration (prototype) et l'air aspiré par la turbine était rejeté à l'extérieur par la fenêtre entrouverte.

EXPOSITIONS COMBINÉES

Sept prélèvements correspondent à des expositions multiples le même jour, englobant des soins utilisant plusieurs moyens d'administration aux urgences pédiatriques et au SMPRE (masque simple et double enveloppe, valve classique et valve à la demande). Les concentrations mesurées vont de 40 à 500 mg/m³. Ces valeurs ne sont pas représentées dans les figures.

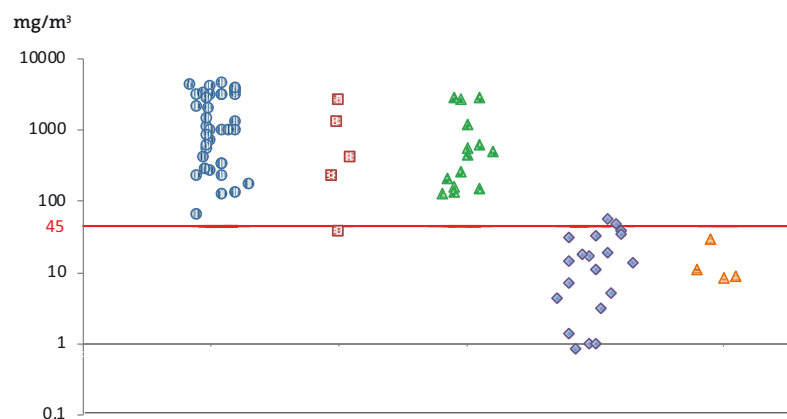
PRÉLÈVEMENTS À L'EXTÉRIEUR DES SALLES DE SOINS

Le contrôleur de sécurité CARSAT a aussi porté un dispositif de prélèvement passif de N₂O et a circulé dans les services, dans les locaux où le MEOPA n'était pas utilisé (couloirs et bureau du personnel hospitalier ou salle d'attente).

Aux urgences pédiatriques, lors de la première campagne (mai 2015), sur 42 min, la valeur enregistrée était de 44 mg/m³. En décembre 2015, après l'intervention sur les systèmes de ventilation des salles de soins des urgences, concernant l'équilibrage partiel de la ventilation mécanique contrôlée (équilibre des débits de soufflage et

Figure 2. Concentrations atmosphériques de N₂O relevées, par principal moyen technique de réduction de l'exposition utilisé, dans les 6 services.

A. Prélèvements individuels de courte durée (15 min ou durée d'un soin*)



* Tous <30 min, à l'exception de deux prélèvements de 31 et 33 minutes.

- Masque à simple enveloppe, valve classique, pas d'aspiration dédiée
- Masque à simple enveloppe, valve classique, tuyau d'exsufflation raccordé au SÉGA
- Masque à simple enveloppe, valve à la demande, avec tuyau d'exsufflation raccordé au SÉGA ou non
- Masque à double enveloppe, valve à la demande, aspiration dédiée
- Masque à double enveloppe, valve classique, aspiration dédiée

B. Prélèvements individuels de longue durée (≥ 59 minutes)

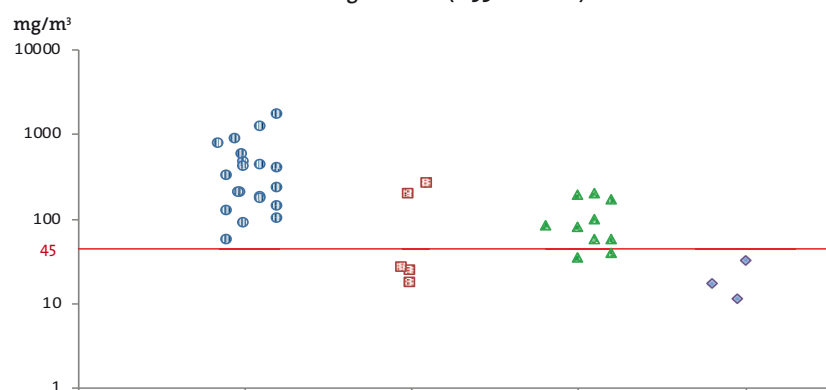
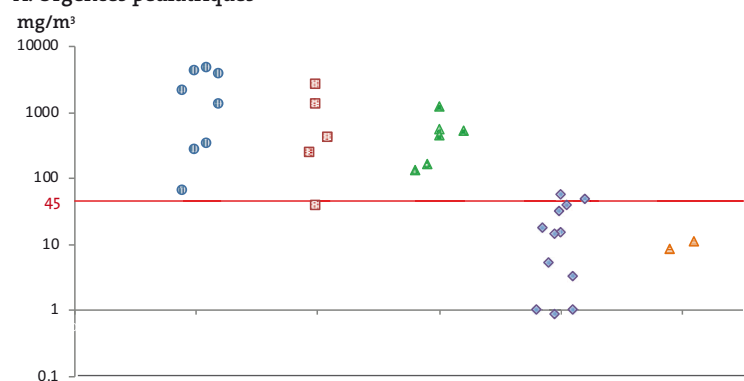
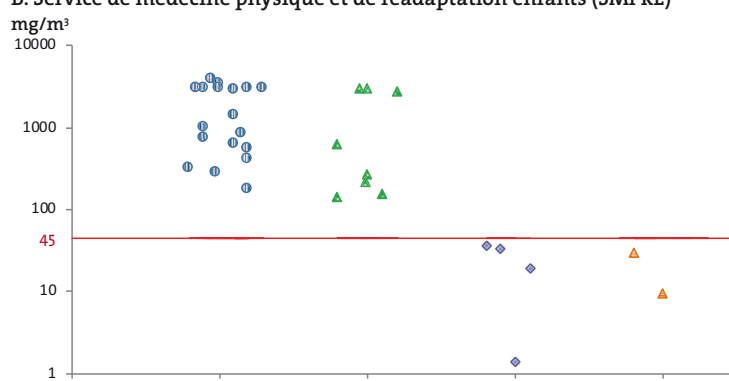


Figure 3. Concentrations atmosphériques de N₂O relevées, par principal moyen technique de réduction de l'exposition – prélèvements individuels de courte durée (15 min ou durée d'un soin, tous <30 min, à l'exception de deux prélèvements de 31 et 33 minutes à l'hôpital de jour).

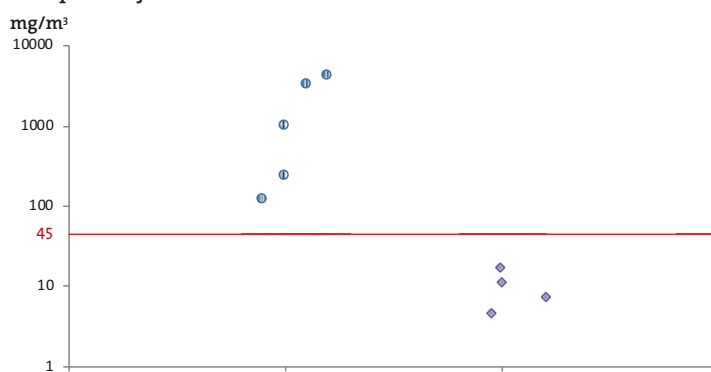
A. Urgences pédiatriques



B. Service de médecine physique et de réadaptation enfants (SMPRE)



C. Hôpital de jour



Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme MEOPA : l'expérience rennaise

d'extraction permettant, selon les boxes, de limiter ou de supprimer le phénomène de surpression), la valeur de N₂O enregistrée, sur 185 minutes, était de 4,6 mg/m³. En septembre 2016, sur 203 minutes, la concentration de N₂O était de 2,7 mg/m³.

Dans le service de pathologie et chirurgie buccales (administration standard de MEOPA), la concentration de N₂O enregistrée dans les couloirs était de 84 mg/m³ sur 58 minutes (absence de ventilation mécanique contrôlée – VMC).

En salle d'attente du SMPRE, la concentration de N₂O enregistré était de 11 mg/m³ (prélèvement de 142 minutes) en septembre 2016 et de 2 mg/m³ (prélèvement sur 130 minutes) en octobre 2016.

DISCUSSION

Cet article décrit la démarche de prévention dans laquelle s'est engagé le CHU de Rennes, accompagné par le service prévention de la CARSAT Bretagne, pendant 3 ans, pour diminuer l'exposition des soignants au N₂O lors de l'administration de MEOPA à des enfants ou à des adultes dans un contexte de handicap mental. Différents moyens techniques de prévention ont été testés et des travaux sur le réseau de ventilation ont été faits dans certains services.

Il est difficile de comparer strictement les résultats des différentes interventions en raison de la multiplicité de paramètres à prendre en compte : distance du soignant au point d'émission du gaz, débit d'administration, durée d'administration, configuration des salles de soins, attitude du patient... S'agissant de soins pédiatriques en particulier, l'administration de MEOPA aux enfants peut s'asso-

cier à des difficultés en lien avec leur niveau de collaboration et de compréhension : parler avec le masque, difficulté de bien ajuster le masque à leur visage, ce qui entraîne des fuites et la libération de gaz dans l'atmosphère. Néanmoins, les résultats observés permettent de discuter de différents éléments et d'en tirer des conclusions.

En premier lieu, l'évaluation des conditions d'exposition et les résultats de métrologie relevés permettent de conclure que les moyens de prévention de l'exposition au N₂O lors de l'administration de MEOPA existants au départ, aux urgences pédiatriques ainsi que dans tous les services où l'administration était faite selon le mode standard (masque à simple enveloppe, avec une valve classique et sans système d'aspiration ou d'évacuation spécifiques des gaz) étaient insuffisants. L'exposition ponctuelle des soignants au N₂O était si importante que les niveaux d'exposition restaient supérieurs à la valeur de référence de 45 mg/m³ même sur des prélèvements de longue durée associés à des administrations de MEOPA de quelques minutes. Le seuil recommandé était dépassé, même en dehors de la phase d'analgésie. L'aération naturelle de la salle de soins avec ouverture des fenêtres ne permettait pas de diminuer la concentration de N₂O à un niveau acceptable. Par exemple, au service des consultations pédiatriques secteur chirurgie, en décembre 2015, où l'un des soins a été réalisé avec la fenêtre ouverte, une concentration de 120 mg/m³ sur 210 minutes a été relevée pour une soignante, alors que la durée du soin en elle-même, qui serait la phase d'exposition principale, représente moins de 5 % de la durée totale du prélèvement. Ceci laisse

penser que la soignante a été exposée à des pics de concentration significatifs. Dans le service de pathologie et chirurgie buccales la concentration de N₂O relevée pour le premier soin de la journée, réalisé sans MEOPA, atteint 66 % de la valeur de référence et le troisième soin, sans MEOPA et réalisé plus de 30 minutes après la dernière administration de MEOPA expose l'infirmière à plus de deux fois la valeur de référence de N₂O. Ces résultats mettent en évidence l'existence d'une concentration significative de N₂O dans l'atmosphère. Ni la ventilation naturelle ni le système de ventilation générale mécanique ne permettent d'obtenir un renouvellement d'air suffisant des salles de soins pour évacuer la totalité du gaz.

Dans une seconde étape, l'obtention d'un meilleur niveau de protection a été recherchée en testant de nouveaux dispositifs et en contrôlant leur efficacité. Par exemple, aux urgences pédiatriques, malgré des concentrations maximales plus faibles (divisées de moitié environ) en décembre 2015 avec l'utilisation de prises SÉGA par rapport à celles relevées lors de la première campagne, les niveaux d'exposition restaient toujours très importants. L'ajout d'une valve à la demande avec une évacuation des gaz exhalés par les prises SÉGA a permis de réduire les niveaux d'exposition d'environ 40 % par rapport aux valves classiques raccordées au SÉGA, sur les prélèvements de courte durée. Néanmoins, le niveau de protection offert par ces moyens techniques de prévention n'était pas encore suffisant. C'est finalement l'utilisation du masque à double enveloppe associé à une valve à la demande raccordée à un dispositif dédié d'aspiration des gaz qui a conduit aux concentrations

de N₂O les plus basses au niveau des voies respiratoires du personnel soignant des urgences pédiatriques (*figure 3A, p. 85*).

Le moyen technique de prévention le plus efficace était le masque à double enveloppe aspirante. Les niveaux d'exposition du personnel soignant au N₂O avec ce mode d'administration de MEOPA respectaient, dans la grande majorité des cas, la valeur de référence. Au niveau du SMPRE où les actes médicaux pratiqués sont très homogènes, 6 campagnes de prélèvements ont eu lieu, permettant d'évaluer l'impact de la valve à la demande (deux modèles testés) et du masque double enveloppe combiné à une valve à la demande ou à un kit classique sans valve à la demande. Sur 48 prélèvements, toutes durées incluses, seules les 8 mesures correspondant à l'utilisation d'un masque à double enveloppe étaient en-dessous du seuil de 45 mg/m³ (*figure 3B, p. 85*). Une mesure combinant plusieurs configurations (3 actes médicaux : administration standard, masque à double enveloppe et valve classique, masque à double enveloppe et valve à la demande) est également < 45 mg/m³ (40 mg/m³ sur 179 minutes). À l'hôpital de jour, alors qu'en décembre 2015 tous les soins réalisés sous MEOPA exposaient les soignants à des concentrations très importantes de N₂O, dépassant la valeur de 45 mg/m³ de plusieurs centaines voire milliers de milligrammes par mètre cube, en avril 2018, avec l'utilisation du masque à double enveloppe, les quatre résultats de prélèvements étaient satisfaisants au regard du seuil recommandé (*figure 3C, p. 85*).

Au total, les mesures correspondant à l'administration de MEOPA avec un masque à double enveloppe raccordé à un système

d'extraction adapté et une valve à la demande correspondent à des valeurs médianes de N₂O à 33 % du seuil de 45 mg/m³.

Les quatre prélèvements correspondant à l'administration de MEOPA avec un masque à double enveloppe et un kit d'administration classique (sans valve à la demande) sont inférieurs de 20 % à 65 % de la valeur de référence. Ces résultats sont très rassurants car ce mode d'administration est particulièrement intéressant pour les enfants les plus jeunes qui n'arriveraient pas à déclencher le fonctionnement des valves à la demande et dont l'administration de MEOPA doit se faire à l'aide d'une valve classique à débit continu. Il est néanmoins important de rappeler que, dans ce cas, le tuyau d'expiration du kit classique doit évacuer les gaz exhalés à l'extérieur des locaux par un tuyau passé par la fenêtre ou *via* un raccord mural donnant sur l'extérieur.

Une campagne similaire, menée dans un service d'oncologie pédiatrique en Italie a comparé l'utilisation du masque à double enveloppe (Medivent®) raccordé à un système d'aspiration portatif des gaz (taux d'évacuation de 583 l/min, soit 35 m³/h) associé ou non à une valve à la demande *vs* l'utilisation d'un masque classique associé ou non à une valve à la demande dans des salles avec un système d'évacuation central à 40 l/min [8]. Quarante-cinq soins ont été analysés, correspondant à 90 prélèvements atmosphériques à proximité des voies aériennes des soignants, ainsi qu'à des prélèvements urinaires. Lors de l'utilisation d'un masque classique (simple enveloppe), indépendamment de l'utilisation d'une valve à la demande, les concentrations de N₂O étaient toujours très élevées : valeurs situées

entre 325 mg/m³ et 1 754 mg/m³ et entre 198 mg/m³ et 1 379 mg/m³, respectivement sans et avec valve à la demande, sur 15 minutes. L'utilisation d'un masque à double enveloppe couplé au système portatif d'aspiration des gaz assurait la plus importante réduction de l'exposition pour les soignants, par rapport au masque à simple enveloppe. L'association de la valve à la demande au masque à double enveloppe aspirant permettait d'abaisser significativement les valeurs de N₂O, par rapport à l'utilisation de ce système sans valve à la demande (valeurs médianes des prélèvements atmosphériques individuels sur 15 minutes, pour l'utilisation du masque à double enveloppe aspirant, respectivement sans et avec valve à la demande : 19,8 mg/m³ *vs* 6,3 mg/m³).

En Suède [9], une campagne de prélèvements a évalué les niveaux d'exposition au N₂O de 36 sages-femmes et assistantes sages-femmes dans les salles de naissance de 6 hôpitaux différents. Trois types d'administration de MEOPA ont été comparés : le masque simple enveloppe sans captage ou rejet déporté des gaz exhalés ; le masque simple enveloppe avec une soupape d'échappement pour capter l'air expiré ; le masque double enveloppe associé à un système de captage localisé des gaz. L'analyse statistique en modèle mixte a révélé que les valeurs moyennes d'exposition au N₂O sur 8 heures (n = 36) étaient 4 fois moins importantes lors de l'utilisation du masque à double enveloppe, par rapport à l'utilisation du masque simple enveloppe. Concernant les systèmes de ventilation, il ne faut pas négliger les combinaisons de pression / ventilation-extraction. En effet, l'intervention sur les systèmes de ventilation au CHU a pu limiter la

Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme MEOPA : l'expérience rennaise

diffusion du N₂O dans les locaux adjacents.

L'écart important entre les concentrations de N₂O mesurées peut s'expliquer par les différences de fonctionnement des moyens techniques utilisés. Plus spécifiquement, le débit d'aspiration de chaque prise du système raccordé au masque à double enveloppe (système Medicvent®) est au moins 100 fois plus élevé que le débit d'aspiration d'une prise SÉGA (27 à 35 m³/h généré par un motoventilateur contre 0,36 m³/h généré dans la plupart des cas par un système Venturi). Concernant les valves à la demande non associées à un masque à double enveloppe aspirante, il est possible de supposer qu'un ajustement des conditions d'utilisation pourrait augmenter leur efficacité en termes de diminution de l'exposition des soignants. Néanmoins, compte tenu des données disponibles, l'association d'un captage dédié est à privilégier.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Tout au long de cette démarche de prévention, plusieurs mesures ont été préconisées, notamment concernant le captage et l'évacuation de N₂O, des conseils de bonnes pratiques, ainsi que la vérification du fonctionnement de la ventilation générale des différentes salles où le MEOPA était administré. L'encadré 2 résume les principaux moyens de prévention existants pour limiter l'exposition professionnelle au N₂O lors de la manipulation de MEOPA.

Le matériel testé (groupe aspirant et masque à double enveloppe) ainsi que d'autres équipements sont en cours d'évaluation par l'INRS.

↓ Encadré 2

➤ LES PRINCIPAUX MOYENS DE PRÉVENTION EXISTANTS POUR LIMITER L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AU N₂O LORS DE LA MANIPULATION DE MEOPA

Confinement des soins sous MEOPA, administration dans un local adapté :

- ventilation générale permanente avec un rejet de l'air extrait à l'extérieur des bâtiments (NB : la ventilation générale seule ne permet pas d'abaisser la concentration de N₂O sous la valeur de référence) ;
- en équilibre ou dépression par rapport aux locaux adjacents (si possible, éviter la surpression des salles d'administration de MEOPA afin de prévenir la diffusion du gaz vers les locaux attenants).

Contrôle de la libération de MEOPA :

- adaptation du débit d'administration au patient en recherchant le débit efficace le plus faible ;
- « valve à la demande » (permet de libérer le gaz de la bouteille uniquement lors de l'inspiration du patient ; lors de l'expiration, la distribution du gaz est interrompue).
- Contrôle des fuites :
 - utilisation de masques adaptés à la morphologie des patients en veillant à leur bon positionnement sur le visage durant l'intégralité du soin ;
 - vérification du bon état des tuyaux et raccords.

Captage à la source :

- utilisation d'un masque à double enveloppe raccordé à un groupe aspirant dédié avec rejet des gaz

extraits à l'extérieur des bâtiments ;
- en cas d'impossibilité technique, mise en place d'un captage localisé au plus près de la source d'émission avec rejet à l'extérieur.

Évacuation des gaz captés :

- évacuation des gaz à l'extérieur du bâtiment (passive ou active à l'aide de prises murales dédiées) ;
- de plus, en cas d'utilisation du kit ballon, raccordement du tuyau d'exsufflation à un SÉGA (évacuation active des gaz) ou, à défaut, positionnement de l'extrémité du tuyau d'exsufflation à l'extérieur du bâtiment (évacuation passive).

Bonnes pratiques :

- à la fin du soin, après fermeture de la bouteille de MEOPA, délivrer les dernières inspirations avec de l'air médical, continuer à capter l'air expiré par le patient pendant une dizaine de minutes ;
- limiter les purges au strict nécessaire (non nécessaires si le flexible ne doit pas être dévissé de la bouteille).

Information / formation du personnel soignant

sur les dangers du N₂O, les modes d'exposition au N₂O lors de l'administration de MEOPA aux patients, les risques associés, le protocole d'administration du MEOPA et les bonnes pratiques lors de l'usage pour limiter l'exposition professionnelle.

Dans l'état actuel des connaissances et dans l'attente des prochains essais menés par l'INRS, le masque à double enveloppe aspirante avec rejet des gaz à l'extérieur des locaux constitue la meilleure solution technique pour limiter au maximum le risque toxicologique lié à l'utilisation de MEOPA, parmi celles évaluées jusqu'à ce jour (SÉGA, valve à la demande, valve à la demande + SÉGA). Lors de l'utilisation du masque à double enveloppe aspirante non associé à une valve à la

demande, la réduction de l'exposition est aussi très efficace, à condition de faire un rejet déporté vers l'extérieur du tuyau d'exsufflation propre au kit classique.

En avril 2018 le service prévention de la CARSAT Bretagne a ainsi encouragé l'établissement hospitalier de Rennes à déployer ce type de dispositifs dans les services concernés par l'utilisation de MEOPA, en particulier dans un contexte de construction d'un nouvel hôpital. L'installation de prises murales adaptées au masque à

double enveloppe aspirante (système Medicvent®) a notamment été recommandée. À noter qu'un chariot mobile comparable au prototype testé pendant ces essais a commencé à être commercialisé afin de permettre son utilisation dans des locaux existants. Il est important de préciser qu'il n'est pas possible de raccorder le tuyau d'exsufflation du kit classique à un système d'aspiration portatif, car le système aspirerait le MEOPA avant que celui-ci ait pu atteindre les voies respiratoires du patient, compte tenu des débits d'aspiration importants [8].

Par ailleurs, il semble que pour éviter l'exposition aux gaz exhalés par le patient après retrait du masque, certains hôpitaux, notamment aux Pays-Bas, administrent de l'air médical aux patients toujours au moyen d'un masque à double enveloppe et cela durant quelques minutes après les soins sous MEOPA, afin de favoriser l'élimination du N₂O de l'organisme et permettre son aspiration par le système aspirant raccordé au masque à double enveloppe. Enfin, pour éviter les pics de N₂O, il est important de limiter les purges du circuit au strict nécessaire (*encadré 2*).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ensemble des équipes (cadres, pharmaciens, médecins, paramédicaux) des différents services qui ont coopéré à la réalisation de cette démarche d'évaluation et de prévention de l'exposition au N₂O : le service de santé au travail du CHU de Rennes, tous les services concernés par les différentes campagnes de prélèvements, le secteur biomédical, la direction des Ressources humaines, le service de stérilisation, la pharmacie. Les auteurs remercient aussi les patients (et leurs parents) pour leur coopération.

POINTS À RETENIR

- Le N₂O n'est pas métabolisé et il est exhalé sous forme inchangée. Il faut considérer que tout ce qui sort de la bouteille se retrouve dans l'atmosphère.
- En l'absence de captage à la source, le personnel soignant est exposé à des concentrations atmosphériques de N₂O très élevées.
- La démarche de prévention des risques chimiques doit impliquer tous les acteurs de prévention, managers, soignants et prendre en compte les patients.
- L'interrogation de la pharmacie centrale permet d'identifier les services utilisant du MEOPA et d'en connaître les quantités consommées.
- L'aération naturelle et la ventilation générale seules ne permettent pas de réduire la concentration de N₂O sous la valeur de référence.
- Le N₂O peut diffuser dans les locaux adjacents.
- La mise en place de différents dispositifs de réduction de l'exposition au N₂O doit être suivie d'un contrôle de leur efficacité (prélèvements atmosphériques individuels).
- Le masque à double enveloppe aspirante avec rejet des gaz à l'extérieur des locaux constitue actuellement la meilleure solution technique pour réduire au minimum l'exposition au N₂O liée à l'utilisation de MEOPA.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | Mélange équimolaire d'oxygène et de protoxyde d'azote (MEOPA) : ANTASOL®, ENTONOX®, KALINOX®, OXYNOX®. Rappel sur le bon usage et la sécurité d'emploi. Lettre aux professionnels de santé. ANSM, 2016 (<https://ansm.sante.fr/S-informer/Informations-de-securite-Lettres-aux-professionnels-de-sante/Melange-equimolaire-d-oxygene-et-de-protoxyde-d-azote-MEOPA-ANTASOL-R-ENTONOX-R-KALINOX-R-OXYNOX-R-Rappel-sur-le-bon-usage-et-la-securite-d-emploi-Lettre-aux-professionnels-de-sante>).
- 2 | Protoxyde d'azote. FT 267. In: Fiches toxicologiques. INRS, 2018 (www.inrs.fr/fichetox).
- 3 | PASSERON J, GUILLEUX A, GUILLEMOT M, LANGLOIS E ET AL. - Protoxyde d'azote lors de l'utilisation du MEOPA en milieu de soins : toxicité, situations d'exposition, données météorologiques, pistes de prévention et rôle du médecin du travail. Mise au point TP 26. *Réf Santé Trav*. 2016 ; 148 : 105-15.
- 4 | Circulaire 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. *Bull Off Minist Santé*. 1985 ; 85/51 : 159-63.
- 5 | Protoxyde d'azote. Méthode M-415. In: MétroPol. INRS, 2017 (www.inrs.fr/metropol/).
- 6 | Protoxyde d'azote. Méthode M-416. In: MétroPol. INRS, 2017 (www.inrs.fr/metropol/).
- 7 | PASSERON J, GUILLEUX A, GUILLEMOT M, LANGLOIS E ET AL. - MEOPA et personnel soignant : Des niveaux d'exposition pas si hilarants. Poster. In: 17^e Congrès national de la Société française d'étude et de traitement de la douleur (SFETD). 16-18 novembre 2017. Nice Acropolis ; 2017.
- 8 | MESSERI A, AMORE E, DUGHERI S, BONARI A ET AL. - Occupational exposure to nitrous oxide during procedural pain control in children: a comparison of different inhalation techniques and scavenging systems. *Paediatr Anaesth*. 2016 ; 26 (9) : 919-25.
- 9 | WESTBERG H, EGELRUD L, OHLSON CG, HYGERTH M ET AL. - Exposure to nitrous oxide in delivery suites at six Swedish hospitals. *Int Arch Occup Environ Health*. 2008 ; 81 (7) : 829-36.