

MEOPA

Un gaz aux risques maîtrisables

Préservons
la santé des soignants



SYNTHESE DES CONTRIBUTIONS AUX CONFERENCES MEOPA

BREST : le 14 novembre 2019

RENNES : le 30 janvier 2020



VOTRE INTERLOCUTEUR :

Carsat Retraite & Santé au travail
Bretagne

CONFERENCES MEOPA

Liste des intervenants :

Bénédicte DELEVOYE – Ingénieur prévention des risques professionnels – CHU Rennes
Elodie FERRÉ – Infirmière puéricultrice – CHU Rennes
Véronique REUZÉ – Infirmière puéricultrice – CHU Rennes
Léopoldine ROBITAILLE – DRH adjointe – CHU Rennes

Annabelle GUILLEUX – Ingénieur Expert Pôle Risques Chimiques – INRS
Dr Gabriela MARTINS CAETANO – Médecin du travail - Toxicologue, Pôle Risques Toxicologiques – INRS
Dr Jean PASSERON – Médecin du Travail - Toxicologue – INRS

Didier AOUSTIN – Contrôleur de sécurité – Carsat Bretagne
Eric JEAN – Contrôleur de sécurité – Carsat Bretagne
Emmanuel JOUVE – Contrôleur de sécurité – Carsat Bretagne

Avec la participation de :

Jean-Michel FOUGERES – Ingénieur Conseil Régional Adjoint – Carsat Bretagne
Eric BALCON – Président de la Commission Régionale AT/MP – Carsat Bretagne
Patrick LEROUX – Président du Conseil d'Administration – Carsat Bretagne

Animation :

Jolène ROUE – Journaliste

INFORMATION PREALABLE

Les photographies ainsi que les fournisseurs présentés et cités dans ce document sont communiqués à titre indicatif et ne représentent en aucune façon une publicité occulte ou avouée. De fait, ces fournisseurs ne sont ni recommandés, ni agréés par la Carsat Bretagne.

De plus, les intervenants à ces conférences Meopa (Carsat Bretagne, INRS, CHU de Rennes et journaliste) n'ont pas de lien d'intérêt avec ces fournisseurs de matériel.

GLOSSAIRE

ACGIH : American conference of governmental industrial hygienists

AIHA : American industrial hygiene association

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AT/MP : Accidents du travail et maladies professionnelles

Carsat : Caisse régionale d'assurance retraite et de la santé au travail

CGSS : Caisse générale de sécurité sociale

Cnam : Caisse nationale de l'assurance maladie

CHU : Centre hospitalier universitaire

Cramif : Caisse régionale d'assurance maladie d'Ile-de-France

INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

Meopa : Mélange équimolaire d'oxygène et de protoxyde d'azote

Meteor : Métrologie des expositions aux polluants organiques

Sega : Système d'évacuation des gaz anesthésiques

SMPRE : Service de médecine physique et de réadaptation pour enfants

VAD : Valve à la demande

VLEP : Valeur limite d'exposition professionnelle

MEOPA, UN GAZ AUX RISQUES MAITRISABLES

PRESERVONS LA SANTE DES SOIGNANTS

1. LE MEOPA

1.1. DESCRIPTION ET USAGE MEDICAL

Le Meopa¹ est un gaz médicinal contenant 50 % d'oxygène (O₂) et 50 % de protoxyde d'azote (N₂O). Administré au patient par inhalation, il a un effet analgésique, induisant un état de sédation consciente. Il est indiqué dans l'analgésie de courte durée des actes douloureux ou en cas de douleur légère à modérée chez l'adulte et l'enfant (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 en obstétrique, dans l'attente d'une analgésie péridurale ou en cas de refus ou d'impossibilité de la réaliser.

1.2. EFFETS SUR LA SANTE

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. D'un point de vue réglementaire, le N₂O n'a pas fait l'objet à ce jour d'une classification européenne harmonisée. Le N₂O 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 N₂O 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 N₂O peut entraîner des atteintes neurologiques ou hématologiques (faiblesses musculaires, paresthésies, altérations de la numération formule sanguine, dont anémie mégalo-blastique...) ; 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 N₂O 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 N₂O peut entraîner des phénomènes de dépendance.

1.3. SITUATION D'EXPOSITION ET VALEUR DE REFERENCE

Le personnel soignant est exposé lors de l'administration du gaz au patient qui se fait au moyen d'un masque nasal, naso-buccal ou d'un embout buccal. Le protoxyde d'azote se retrouve dans l'atmosphère de travail immédiatement après la sortie de la bouteille (fuites au tuyau, au masque) ou dans les quelques minutes qui suivent son administration (gaz exhalés par le patient).

¹ Voir glossaire pour la signification des différents sigles et acronymes cités dans le document.

Afin d'évaluer le niveau de risque lié à l'exposition d'un travailleur à un agent chimique dangereux, les résultats des mesures d'exposition sont comparés aux VLEP existantes. Les VLEP sont exprimées sous forme de concentrations maximales dans l'air d'une substance chimique, pour un temps d'exposition déterminé - 15 minutes et/ou 8 heures. Ces valeurs s'appuient sur des données scientifiques concernant la corrélation entre les niveaux d'exposition (aigüe ou chronique) et le risque d'effets sur la santé. En dessous de ces concentrations, le risque théorique d'altération de la santé est considéré comme négligeable, à la date de l'expertise scientifique.

En France, il n'existe pas de VLEP pour le protoxyde d'azote. Néanmoins, la circulaire DGS/3A/667bis du 10 octobre 1985 du ministère de la santé stipule que les salles où se font des anesthésies 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".

Ainsi, par analogie et dans l'attente d'une proposition de VLEP par l'Anses, cette valeur plafond de 25 ppm ou 45 mg/m³ est retenue comme valeur de référence à considérer pour évaluer les risques lors de l'utilisation de gaz Meopa.

1.4. TECHNIQUES ALTERNATIVES

Dans la hiérarchie des mesures de prévention, la suppression ou la substitution d'un agent chimique dangereux est la mesure la plus efficace. Dans le cas du Meopa, la suppression, la substitution ou l'association de ce gaz à un autre médicament ou une technique non médicamenteuse, relève d'une décision médicale qu'il ne nous appartient pas de discuter.

2. SITUATION INITIALE AU CHU DE RENNES

2.1. ORIGINE DE LA SOLLICITATION

En mars 2015, le CHU de Rennes a sollicité la Carsat Bretagne pour réaliser des prélèvements atmosphériques de protoxyde d'azote aux urgences pédiatriques de l'hôpital Sud lors de soins nécessitant l'administration de Meopa. Cette demande était consécutive à des interrogations des soignantes et du médecin du travail portant en particulier sur la fertilité (cf. vidéo 1).

Pour répondre à cette demande, la Carsat a mobilisé des experts internes ayant des compétences dans les domaines de la chimie et de la ventilation.

A la suite de cette première sollicitation au sein des urgences pédiatriques, des investigations complémentaires ont été menées au sein d'autres services de l'établissement.

Au-delà des aspects métrologiques, l'accompagnement du CHU par la Carsat, dans son rôle d'assureur social, visait à apporter d'éventuels conseils en matière de prévention des risques professionnels.

2.1.1. Assainissement de l'air des locaux

Afin de pouvoir interpréter au mieux les résultats des prélèvements atmosphériques, il était indispensable de faire un bilan des moyens d'assainissement de l'air des salles de soins.

Il faut rappeler que les techniques de ventilation se classent en deux grandes catégories. Il y a la ventilation localisée par dispositif de captage à la source et la ventilation générale qui entraîne une dilution dans le local.

La ventilation localisée consiste à capter le polluant au plus près possible de sa source d'émission et le rejeter à l'extérieur, sans qu'il ne pénètre dans les voies respiratoires et qu'il ne se disperse dans l'atmosphère du local.

La ventilation générale recherche à évacuer le polluant par son transport plus ou moins maîtrisé dans le local, de sa source d'émission vers l'extérieur, entraînant sa dispersion et sa dilution.

L'apport d'air neuf et sain dans le local est systématiquement à prévoir que l'on soit en ventilation localisée ou générale pour compenser l'air pollué extrait.

Cette ventilation peut être réalisée mécaniquement que ce soit pour l'extraction de l'air pollué ou pour l'introduction de l'air neuf et sain. Elle permet un pilotage de la ventilation par un réglage de paramètres mécaniques (débit, pression...). Dans le cas contraire, elle est dite naturelle et est difficilement maîtrisable car dépendante des conditions environnementales (ouverture des fenêtres, d'une porte pour obtenir un courant d'air...).

Lors de l'état des lieux, nous avons constaté que les moyens d'assainissement de l'air des locaux au CHU reposaient sur :

- ➡ La ventilation mécanique des salles lorsqu'elles en disposent,
- ➡ La ventilation naturelle par ouverture des fenêtres :
 - ➡ en complément de la ventilation mécanique,
 - ➡ en l'absence de ventilation mécanique,
 - ➡ entre deux soins.

La ventilation des locaux était parfois quasi inexistante (salles borgnes) et avait lieu uniquement par diffusion d'air à travers les ouvertures (porte...).

Les installations de ventilation générale rencontrées étaient constituées de bouches d'extraction et d'introduction d'air placées soit en plafond soit en partie haute des parois murales.

La maintenance de ces installations est assurée par des prestataires. Elle consistait à réaliser des opérations classiques (inspection visuelle, nettoyage des bouches et des filtres) mais elle n'intégrait pas de relevés périodiques des débits mis en œuvre.

Dans les locaux des urgences pédiatriques, les mesures réalisées par la Carsat ont indiqué des débits d'extraction d'air compris entre 50 à 110 m³/h pour des débits d'introduction d'air allant de 80 à 100 m³/h. Les salles étaient donc fréquemment en surpression :

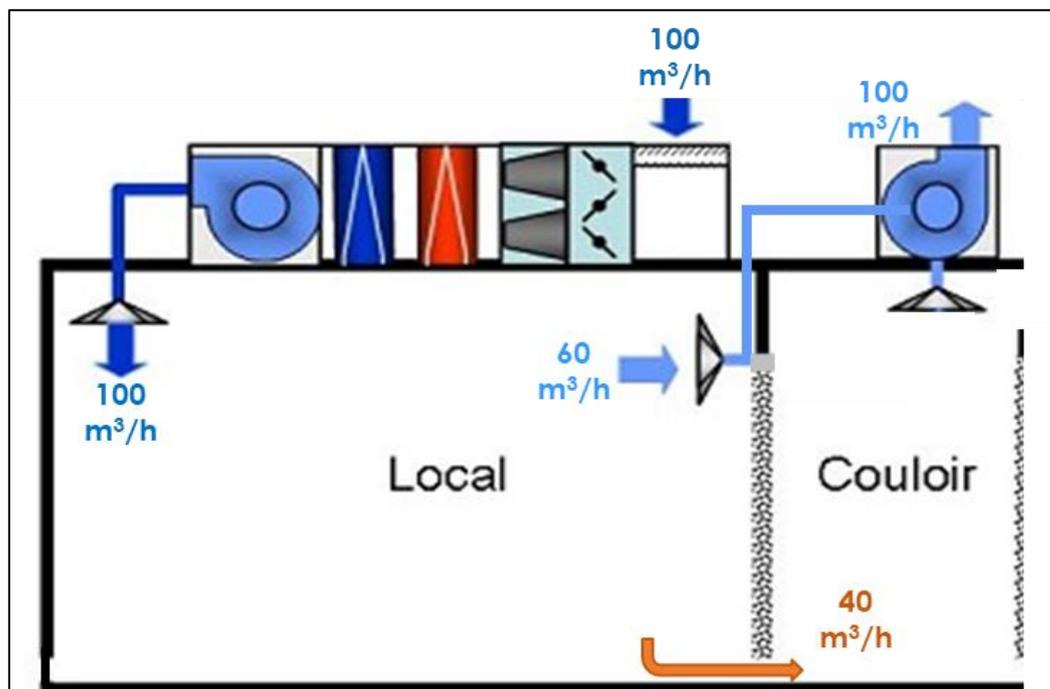


Schéma 1 : Principe de ventilation d'une salle de soin en surpression

Cette situation peut provoquer la dispersion de polluants dans les locaux adjacents (couloir, salle d'attente).

Nous avons simulé l'émission de Meopa dans une salle de soins (45 m³) avec les débits de la ventilation générale relevés (90 m³/h) afin d'estimer les niveaux théoriques de concentration au moyen de l'outil IH-Mod développé par l'AIHA, traduit et proposé par l'INRS. Cet outil se présente sous la forme d'un tableau Excel® permettant de modéliser l'exposition des salariés aux agents chimiques.

Nous avons retenu un modèle de pièce avec un air uniformément mélangé avec arrêt de l'émission et évacuation par la ventilation. Le soin simulé reposait sur une administration de Meopa par masque naso-buccal et un kit ballon classique avec un débit de 9 l/min pendant 15 minutes.

La simulation (cf. schéma 2) a abouti à un niveau de concentration de 2200 mg/m³ au bout de 15 minutes (pic de la courbe bleue). La courbe pointillée rouge indique la valeur moyenne d'exposition. Elle serait donc de 175 mg/m³ au bout de 8 heures.

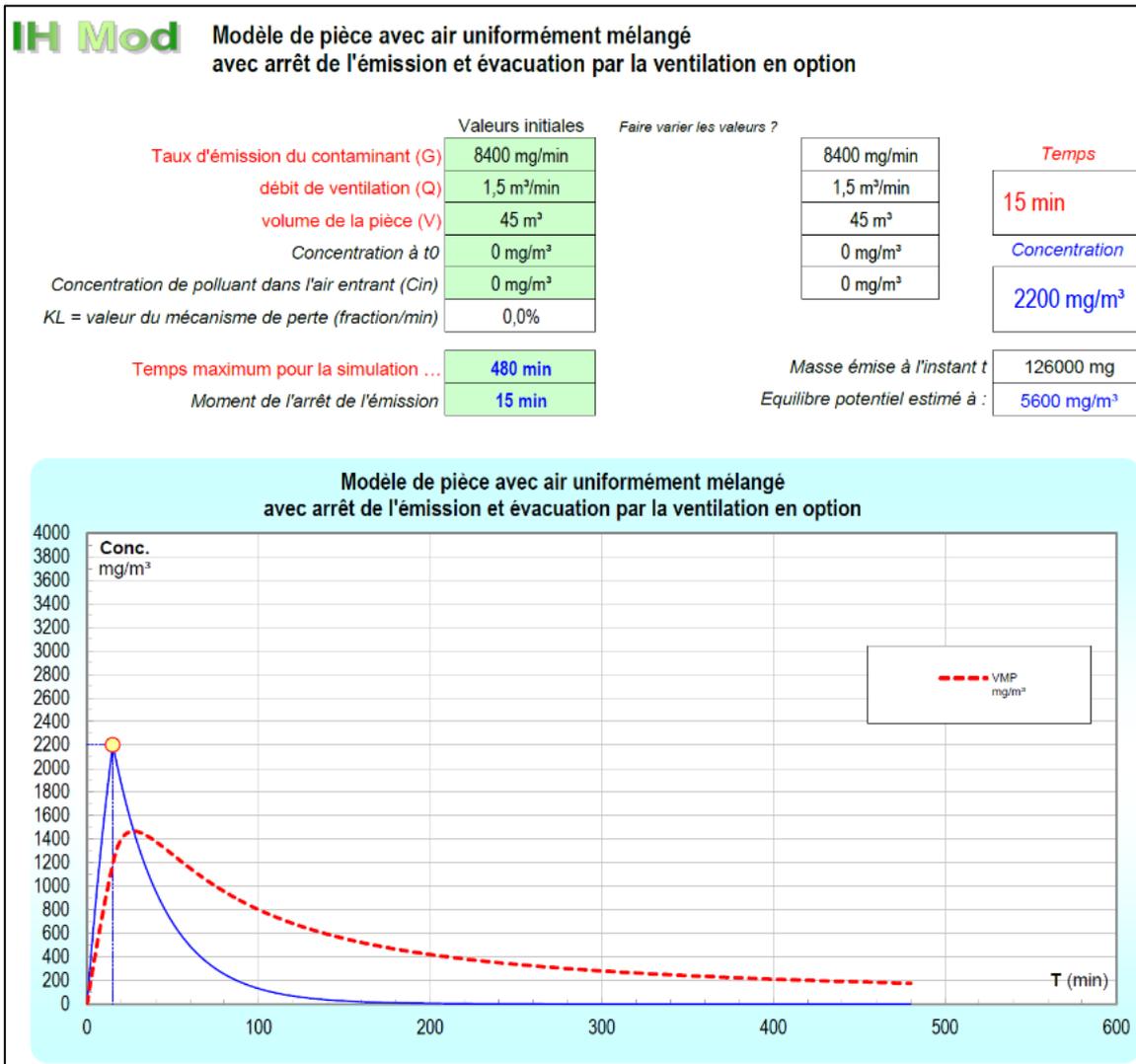


Schéma 2 : Simulation IH Mod d'un soin de 15 minutes à un débit de 9 l/min de Meopa

Ce calcul a confirmé que la ventilation générale n'est pas à même de protéger le personnel soignant efficacement contre une exposition au protoxyde d'azote lors de l'utilisation de Meopa.

Néanmoins, ces relevés de débit ont permis de déclencher une action corrective par le prestataire pour :

- ➔ équilibrer les débits mis en œuvre avec une action de réglage des registres pour assurer une légère dépression ou une très légère surpression des salles de soins,
- ➔ mettre en place des mesures de débits et intégrer cette prestation dans le contrat de maintenance.

Des relevés croisés ont été nécessaires pour assurer la fiabilité métrologique des mesures du prestataire. A la suite de ces relevés comparatifs, le prestataire a changé de méthode de mesure et utilise dorénavant le même balomètre que celui de la Carsat Bretagne (cf. photo 1).



Photo 1 : Relevé de débit au balomètre

2.1.2. État des lieux des expositions

La Carsat est intervenue en 2015 dans différents services qui avaient été identifiés par le CHU de Rennes comme étant les plus gros consommateurs de Meopa : urgences pédiatriques, hôpital de jour du service d'hémo-oncologie pédiatrique, consultations pédiatriques, service dentaire et service de médecine physique et de réadaptation pour enfants (SMPRE).

Le Meopa était administré au moyen d'un masque naso-buccal avec un kit ballon classique raccordé à la bouteille de gaz (cf. photo 2). Lorsque les salles de soins disposaient d'une fenêtre, le tuyau d'évacuation des gaz exhalés était passé par la fenêtre pour favoriser l'évacuation des gaz vers l'extérieur. De plus, ces salles étaient le plus souvent aérées naturellement entre chaque soin, voire pendant le soin. Dans les autres configurations et notamment en l'absence de fenêtre ou lorsque celle-ci était condamnée, l'air exhalé était rejeté dans la salle de soin (tuyau au sol).



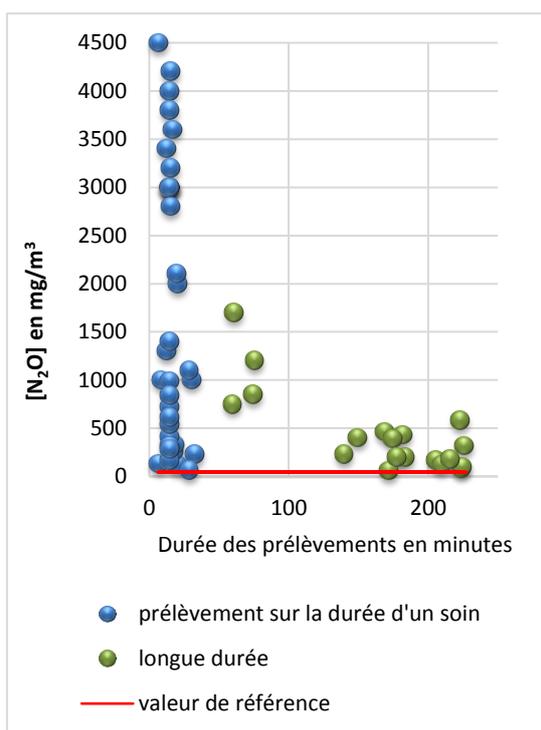
Photo 2 : kit ballon d'administration du Meopa

Les niveaux d'exposition du personnel soignant au protoxyde d'azote ont été mesurés au moyen de supports de prélèvement et/ou de détecteur en temps réel spécifiques à cette substance. Les supports étaient positionnés au niveau des voies respiratoires du personnel. Des prélèvements de différentes durées ont été réalisés, de quelques minutes (le plus généralement 15 minutes) à plusieurs heures (de 1 h à 4 heures).

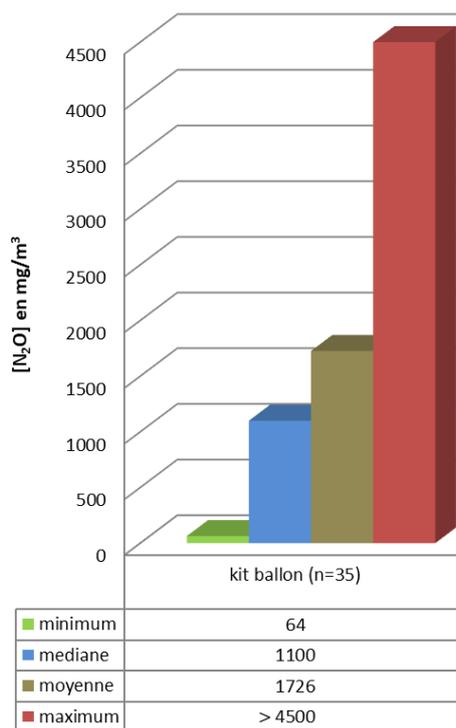
Les supports de prélèvements ont été préparés et analysés par le laboratoire Meteor (Métrologie des expositions aux polluants organiques) de l'INRS selon les méthodes de référence Métropol M-415 et M-416.

Graphiques 1 et 2 : niveaux d'exposition au protoxyde d'azote mis en évidence sans autre mesure technique de réduction de l'exposition que la ventilation mécanique ou naturelle des locaux (2015)

Graphique 1 :
Toutes durées de prélèvements confondues



Graphique 2 :
Prélèvements de courte durée réalisés lors de l'administration du Meopa



Les niveaux d'exposition mis en évidence lors de l'état des lieux (cf. graphiques 1 et 2) étaient pour la grande majorité d'entre eux nettement supérieurs à la valeur de référence de 45 mg/m^3 . Les résultats les plus élevés ont été obtenus sur des courtes durées, lors de l'administration du Meopa aux patients. Les niveaux étaient jusqu'à 100 fois plus importants que la valeur de référence. Les résultats des prélèvements réalisés sur plusieurs heures étaient également très importants. En effet, un seul soin de quelques minutes suffisait à exposer le personnel à des niveaux de protoxyde d'azote supérieurs à la valeur de référence sur une période de 4 heures, voire 8 heures.

Les personnels les plus exposés étaient généralement les infirmières et les auxiliaires de puériculture qui administraient le Meopa et qui étaient donc au plus près de la source d'émission. En secteur dentaire, la personne la plus exposée était le dentiste car il était à proximité immédiate de la bouche du patient.

Par ailleurs, la surpression de l'air dans certaines salles de soin a eu pour conséquence de diffuser du Meopa dans des locaux adjacents comme les couloirs, salles d'attente, bureaux à des concentrations de l'ordre de la valeur de référence du protoxyde d'azote.

3. SITUATION NATIONALE

3.1. CREATION D'UN GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL

A la suite de cet état des lieux particulièrement préoccupant, la Carsat Bretagne a sollicité l'appui de l'INRS. Face à cette sollicitation, l'INRS a constitué un groupe de travail national dans l'objectif d'élaborer et de publier des préconisations pour prévenir l'exposition du personnel soignant au protoxyde d'azote lorsque celui-ci administre du Meopa. Ce groupe de travail est composé d'agents des services prévention des risques professionnels de différentes Carsat/Cramif et de l'INRS. Il comprend des experts en nuisances chimiques, en analyse chimique et en aéraulique ainsi que des médecins toxicologues.

Réseau prévention :

Sous la tutelle de la CNAM, le réseau prévention de la branche Accidents du Travail Maladies Professionnelles de la Sécurité Sociale s'appuie dans les régions sur 15 Carsat, la CRAMIF et 4 CGSS.

Chacune d'entre-elles apporte son appui et ses conseils aux entreprises sur les moyens techniques, organisationnels et humains à mettre en œuvre pour lutter contre ces risques professionnels.

Ce réseau est complété sur le plan national par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles).

Trois axes de travail ont été définis :

- ➔ l'étude de l'exposition au protoxyde d'azote des personnels médicaux et paramédicaux ;
- ➔ la sensibilisation et l'information des professionnels, soignants et administratifs ;
- ➔ l'étude de dispositifs potentiellement réducteurs de l'exposition au protoxyde d'azote et le développement de préconisations techniques pour la protection du personnel lors de l'administration de Meopa.

Les travaux du groupe incluent des échanges entre les participants et des rencontres avec des utilisateurs, organismes et fournisseurs directement concernés par le Meopa. In fine, la rédaction d'un guide pratique de ventilation permettra de diffuser au niveau national des solutions techniques permettant de prévenir l'exposition du personnel soignant au protoxyde d'azote lors de soins réalisés sous Meopa.

3.2. UNE PROBLEMATIQUE NATIONALE

L'évaluation de l'exposition au protoxyde d'azote lors de l'utilisation de Meopa en France, menée par le groupe de travail national, a mis en évidence que les niveaux d'exposition étaient similaires à ceux mesurés à Rennes dans tous les établissements de soins visités (cf. graphique 3). La problématique est, ainsi, de portée nationale.

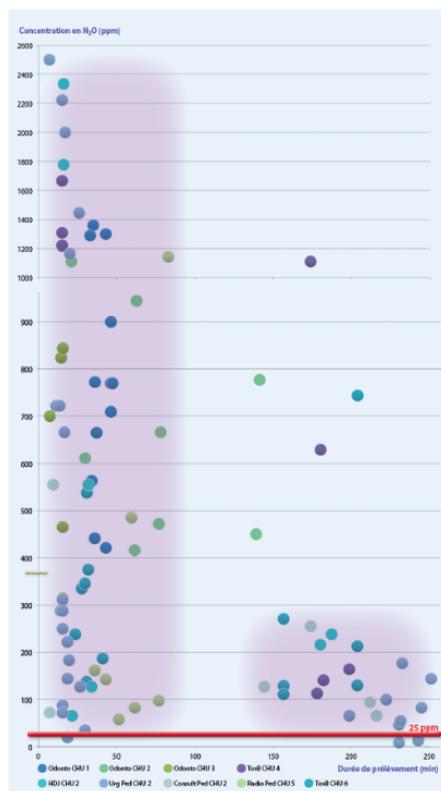
Sur 12 campagnes concernant l'administration de Meopa menées entre 2012 et 2016 dans 6 CHU de France, la même image est reflétée :

- ➔ des concentrations de N₂O mesurées très élevées;

- ⇒ la quasi-totalité des concentrations mesurées dépassant 25 ppm ou 45 mg/m³ (jusqu'à plus de 100 fois supérieures);
- ⇒ de nombreux pics d'exposition sur des durées très courtes;
- ⇒ de fortes expositions répétées sur la journée de travail de certains soignants.

Graphique 3 : état des lieux national des expositions au N₂O lors de soin sous Meopa

Source : Poster - Meopa : des niveaux d'exposition pas si hilarants (INRS-Carsat-Cramif)



3.3. VERS L'ETABLISSEMENT D'UNE VLEP...

L'Anses a inclus le protoxyde d'azote dans son programme d'élaboration des VLEP.

Le processus de définition des VLEP est encadré réglementairement et rappelé ci-dessous :

- ⇒ l'Anses a été désignée pour organiser la phase d'expertise scientifique collective nécessaire à l'élaboration de VLEP basée sur des critères sanitaires (VLEP sanitaire);
- ⇒ à l'issue de la phase d'expertise collective, l'Anses propose des VLEP au Ministère en charge du travail;
- ⇒ sur la base des recommandations de l'Anses, et après consultation des partenaires sociaux, le Ministère en charge du travail fixe les VLEP (VLEP règlementaire).

4. EXPERIMENTATIONS DE SOLUTIONS DE PREVENTION AU CHU DE RENNES

Avec le CHU, nous avons isolé plusieurs pistes de solutions à expérimenter pour réduire les expositions :

- ➡ réduire les quantités de Meopa émises;
- ➡ évacuer l'air exhalé par les patients;
- ➡ capter le gaz émis par les fuites aux masques.

Outre la réduction des émissions du Meopa (techniques complémentaires non médicamenteuses, débit d'administration du Meopa et durée d'administration adaptée au strict nécessaire), nous avons identifié plusieurs dispositifs techniques :

- ➡ les valves à la demande (VAD);
- ➡ les systèmes d'évacuation des gaz anesthésiques (Sega);
- ➡ le masque à double enveloppe aspirante.

4.1 – PRESENTATION DES SOLUTIONS TECHNIQUES TESTEES

4.1.1. Valves à la demande (VAD)

La valve s'adapte à la respiration spontanée du patient (cf. photos 3 et 4). Le respect de la norme BS 4272-2 relative aux spécifications des valves à la demande permet de limiter les efforts respiratoires du patient. Le débit maximal de libération du Meopa par la valve peut atteindre 200 l/min voire 300 l/min selon le modèle.



Photo 3 : Valve BPR Medical Ltd



Photo 4 : EASE II – Emergency Analgesic Supply System
(Source GCE Group - <https://www.gcegroup.com>)

Toutefois, elle ne peut pas être utilisée pour les patients dont la force d'inspiration est insuffisante ou qui ne peuvent pas collaborer en raison de leur :

- ➡ âge (âge d'utilisation recommandé > 4 ans);
- ➡ état général.

Elle peut être utilisée avec un masque naso-buccal classique ou un embout buccal.

4.1.2. Systèmes d'évacuation des gaz anesthésiques (Sega)

Ces installations sont couramment employées pour évacuer les gaz anesthésiques en blocs opératoires à des débits de l'ordre de 40 à 60 l/min.

Le service des urgences pédiatriques du CHU de Rennes disposait d'un réseau de type Sega dans les salles de soins. Il n'avait pas été activé.

Nous avons caractérisé le fonctionnement de l'installation afin de connaître ses performances. Le débit mis en œuvre variait de 20 à 30 l/min avec un raccord de prise non percé. Le débit était réduit autour de 4 à 7 l/min avec un raccord percé. (cf. photo 5)

La réduction de débit grâce à un raccord percé permettait de capter l'air exhalé et de l'évacuer à l'extérieur du bâtiment tout en évitant une aspiration trop importante qui serait délétère pour le patient. L'extraction est toutefois suffisante pour aspirer l'air exhalé et l'évacuer à l'extérieur du bâtiment.



Photo 5 : Raccord percé sur prise Sega

4.1.3. Masque à double enveloppe

L'utilisation des masques classiques ne permet pas d'assurer une étanchéité parfaite compte tenu de la variabilité des reliefs faciaux des patients et de leur niveau de coopération notamment en pédiatrie.

Une solution technique en provenance de l'Europe du Nord et employée couramment aux Pays-Bas a donc été testée. Il s'agit d'un masque à double enveloppe aspirante (cf. vidéo 2).

Les Pays-Bas ont mis en place des règles strictes face aux risques liés à l'usage du Meopa (cf. vidéo 3) et leurs hôpitaux utilisent couramment les masques à double enveloppe (cf. vidéo 4).

A ce jour et à notre connaissance, c'est le seul dispositif de ce type existant sur le marché. Il peut être utilisé avec le kit classique ou la valve à la demande (cf. photos 6 et 7).



Photo 6 : Masque double enveloppe et kit classique + Sega



Photo 7 : Masque double enveloppe + valve à la demande

Ce masque est raccordé au moyen d'un conduit flexible (\varnothing 19 mm) à une centrale à haute dépression (0,25 kW). Elle intègre un régulateur de débit en fonction des tailles de masques ou de l'utilisation d'une mentonnière ainsi qu'un dispositif de contrôle en continu de débit (cf. photos 8 et 9) :



Photos 8 et 9 : Centrale à haute dépression (0,25 kW)

Le fournisseur préconise un débit de 27 m³/h pour les masques de petites tailles (1 à 3), et 35 m³/h pour les masques de plus grandes tailles (4 à 5 et masque + mentonnière).

Nous avons, lors de nos essais, vérifié l'atteinte de ces débits :

Tests	Point de mesure	Débit CSPT (m ³ /h)
Avant réglage	Masque taille 3 - PV	33
	Masque taille 3 - GV	40
Après réglage	Masque taille 3 - PV	29
	Masque taille 3 - GV	34

Tableau 1 : Résultats des relevés de débit avant et après réglage de la centrale

Le bruit induit par cette solution était relativement maîtrisé avec des valeurs de 65,5 dB(A)² en petite vitesse et 68,5 dB(A) en grande vitesse.

Cette solution impose d'assurer les rejets à l'extérieur du bâtiment en passant le conduit de rejet par les fenêtres ouvertes des salles de soins. Il est toutefois nécessaire d'étudier des solutions permettant de garder la fenêtre fermée :

- ➡ rejet direct à l'extérieur par une bouche à clapet traversant la paroi murale;
- ➡ rejet dans le réseau d'extraction de la ventilation générale au moyen d'une adaptation ad hoc.

Depuis la réalisation des essais, une nouvelle centrale de 0,20 kW est désormais proposée. Elle est plus compacte et le diamètre de conduit de raccordement des masques est porté à 28 mm.

Le débit induit est de 29 m³/h avec des niveaux sonores inférieurs ou égaux à 55 dB(A) :

Le fournisseur propose également une solution basée sur des réseaux d'aspiration centralisée.

La mise en œuvre de cette solution nécessite de revoir l'organisation des soins sous Meopa, du point de vue logistique notamment avec un certain nombre de masques à prévoir et les consommables associés (différentes tailles de masque, raccords, dispositifs de couplage, conduits, filtres, flux en provenance de la stérilisation...).

Par ailleurs, les masques employés étant réutilisables, leur stérilisation doit être organisée (procédures de nettoyage et de stérilisation, gestion des flux en provenance des différents services).

Enfin, ces nouveaux équipements doivent être maintenus en parfait état de fonctionnement. Comme toutes les installations de ventilation, ils sont soumis aux règles de contrôle périodique définies par la réglementation.

A titre d'information, les prix annoncés d'un masque à double enveloppe avec ses accessoires sont :

- ➡ ~ 750 euros pour un kit classique;
- ➡ ~ 850 euros pour un kit VAD.

Cela comprend le masque, les conduits et le raccord, ainsi que le dispositif de couplage pour la valve à la demande.

Les durées de vie des masques, des raccords et des pièces de couplage sont de 5 ans selon le fournisseur. Les conduits peuvent être à usage unique ou à usage multiple après nettoyage et désinfection. La durée de vie de ces derniers est annoncée à 24 mois.

Les centrales mobiles coûtent environ 12 500 €.

Un réseau centralisé avec 5 points d'aspiration (5 salles) est proposé à 25 000 €.

² dB(A) : la valeur exprimée en **dB (A)** est l'évaluation en décibels d'un niveau sonore avec la pondération A pour tenir compte de la sensibilité moyenne l'oreille humaine aux niveaux de bruit courant.

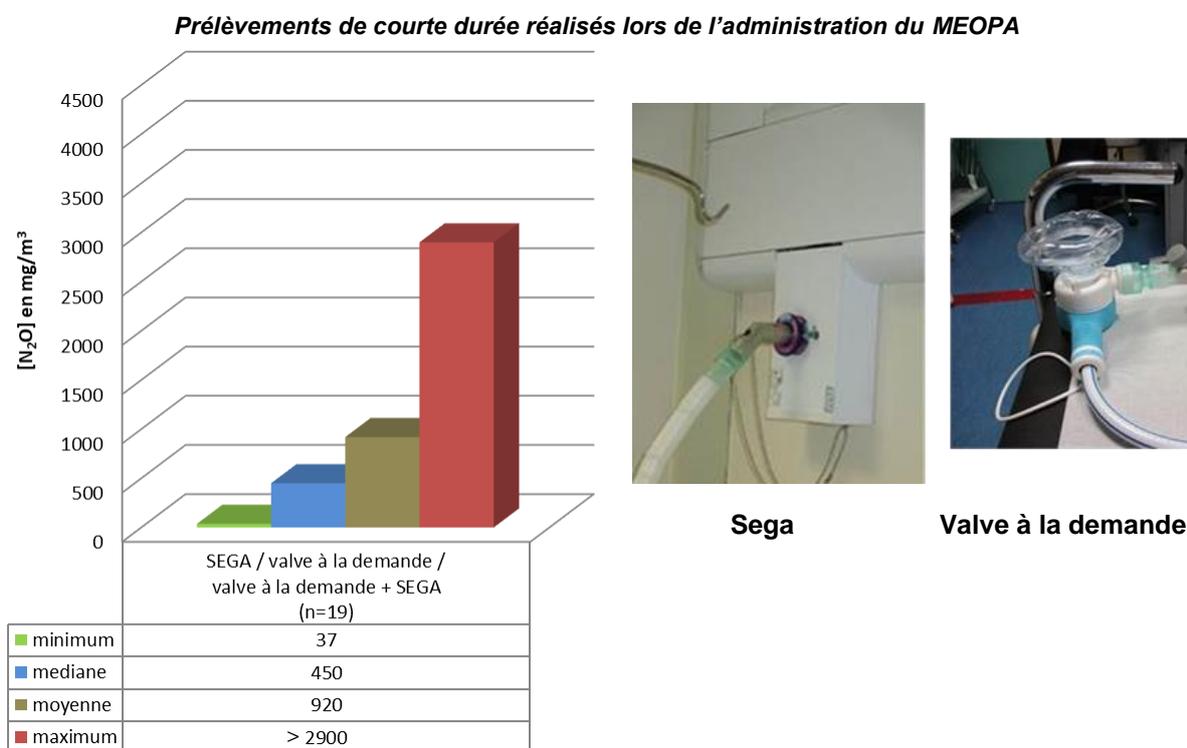
4.2. IMPACT DES SOLUTIONS TECHNIQUES SUR LES NIVEAUX D'EXPOSITION

Nous sommes intervenus aux urgences pédiatriques et au SMPRE afin de tester l'impact des différentes mesures techniques identifiées. Le SMPRE a été sélectionné pour le caractère répétable des actes médicaux pratiqués sous Meopa (injections administrées au niveau des membres supérieurs ou inférieurs), facilitant la comparaison des résultats.

4.2.1. Valve à la demande et Sega

Trois configurations ont été évaluées :

- ➔ utilisation d'une valve à la demande seule;
- ➔ raccordement d'un masque classique à une prise Sega;
- ➔ combinaison d'une valve à la demande avec évacuation des gaz exhalés par une prise Sega.



Graphique 4 : niveaux d'exposition au protoxyde d'azote mis en évidence avec des mesures techniques de réduction des émissions (VAD) et de captage (Sega) Fin 2015 - 2017

L'utilisation d'une valve à la demande ou d'une prise Sega seule ou la combinaison de ces deux solutions techniques a permis de réduire les niveaux d'exposition des personnels soignants au protoxyde d'azote (cf. graphique 4). La médiane et la moyenne ont été divisées d'un facteur 2 environ comparativement à l'état initial de la situation. Néanmoins, au regard de la valeur de référence de 45 mg/m³, les niveaux d'exposition mis en évidence demeuraient trop importants.

Ces résultats peuvent s'expliquer notamment par :

- ➔ la reprise uniquement des gaz exhalés par les prises Sega;
- ➔ une étanchéité partielle du masque sur le visage du patient occasionnant des fuites de Meopa et réduisant l'efficacité du Sega;
- ➔ un débit important d'émission de gaz en sortie de valve à la demande.

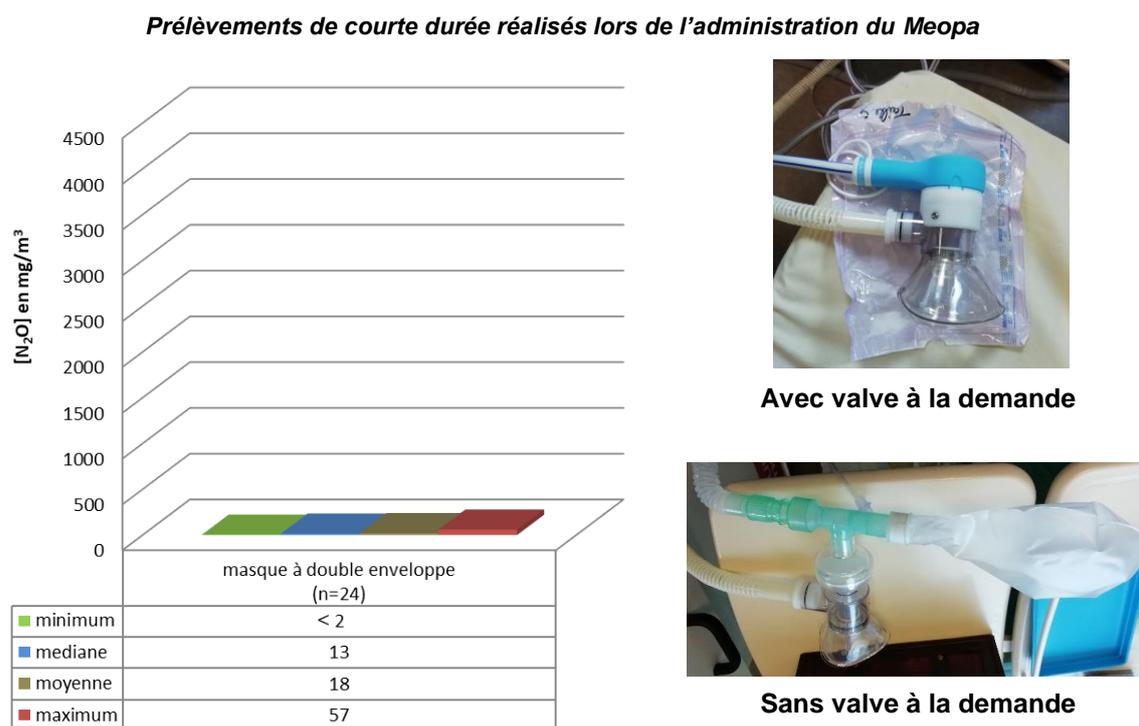
4.2.2. Masque à double enveloppe

La maîtrise de l'exposition au Meopa évaluée avec l'utilisation de la valve à la demande et/ou le Segal étant insuffisante, un masque à double enveloppe aspirante, solution innovante en France, a été testé et évalué au CHU de Rennes.

Deux configurations ont ainsi été évaluées :

- ➡ masque à double enveloppe couplé à une valve à la demande : dans cette configuration la centrale permet d'aspirer les fuites de gaz non inhalées au niveau de la double enveloppe ainsi que les gaz exhalés par le patient;
- ➡ masque à double enveloppe sans couplage avec une valve à la demande (utilisation d'un kit ballon classique) : le dispositif peut ainsi être utilisé par le plus grand nombre, sans critère d'âge. Dans cette configuration, les gaz exhalés par le patient ne sont pas aspirés par la centrale ; ils doivent être évacués idéalement en raccordant le tuyau d'évacuation des gaz à une prise Segal ou à défaut à l'extérieur en passant le tuyau par une fenêtre.

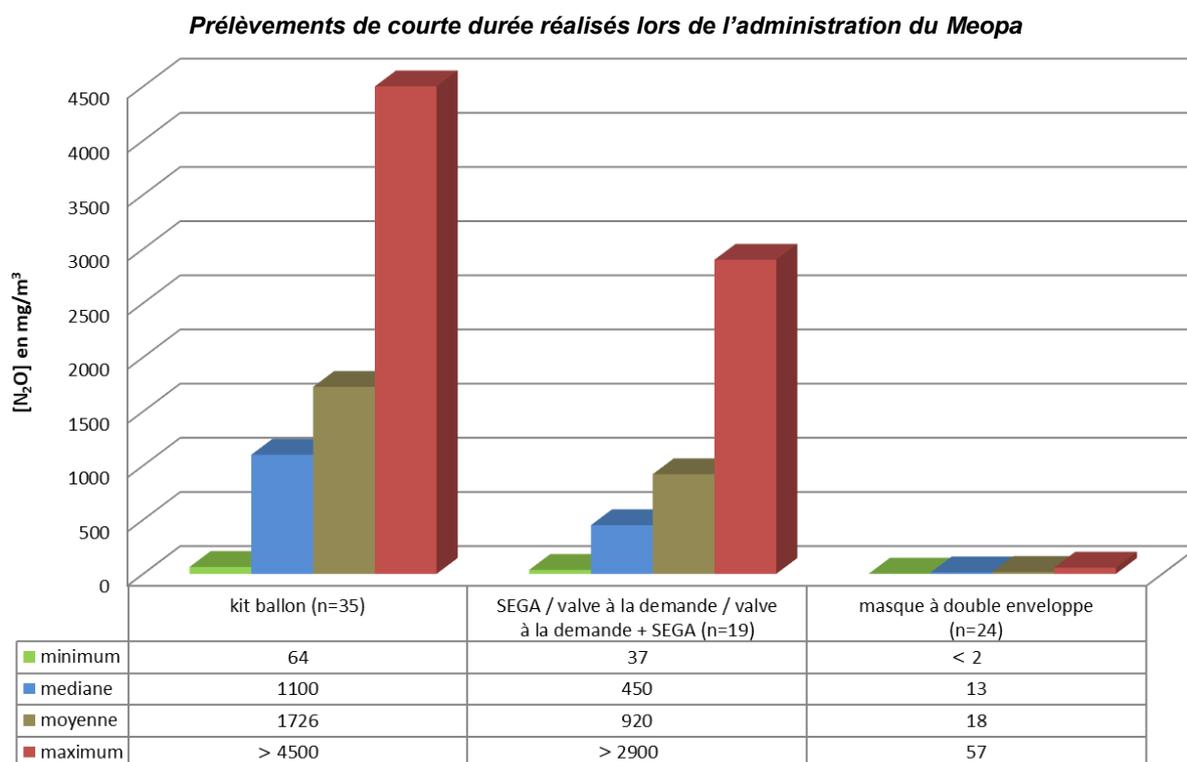
Pour les besoins des essais, le conduit d'évacuation de la centrale d'aspiration débouchait à l'extérieur des locaux par une fenêtre entrouverte (impossibilité de tester le matériel dans des salles borgnes).



Graphique 5 : niveaux d'exposition au protoxyde d'azote mis en évidence avec utilisation d'un masque à double enveloppe aspirante (2018)

Avec ou sans couplage à une valve à la demande, mais toujours avec une évacuation à l'extérieur des locaux des gaz aspirés, le masque à double enveloppe permet de réduire drastiquement le niveau d'exposition du personnel soignant au protoxyde d'azote (cf. graphique 5). En effet, les résultats mis en

évidence étaient pour la plupart inférieurs à la valeur de référence. Le résultat le plus important a été évalué à 57 mg/m³ et celui-ci a pu être expliqué par une purge non nécessaire du circuit de la valve à la demande en fin de soin. L'utilisation d'un détecteur à lecture directe a également permis de mesurer des pics de protoxyde d'azote après l'arrêt de l'administration du Meopa. Ces pics étaient dus à l'élimination progressive du protoxyde d'azote de l'organisme dans les gaz exhalés par le patient.



Graphique 6 : synthèse des niveaux d'exposition au protoxyde d'azote en fonction des mesures techniques de prévention (2015 - 2018)

Le graphique 6 rassemble l'intégralité des résultats des prélèvements de courte durée réalisés au CHU de Rennes depuis 2015. Dans l'état actuel des connaissances et dans l'attente de prochains essais menés par l'INRS, le masque à double enveloppe avec rejet des gaz à l'extérieur des locaux constitue la meilleure solution technique testée pour réduire les niveaux d'exposition du personnel soignant au protoxyde d'azote au minimum lors de soins réalisés sous Meopa.

4.3. RETOURS UTILISATEURS

Outre les résultats des mesures présentés, il a été par ailleurs décidé de questionner les utilisateurs de ces masques à double enveloppe afin de recueillir leurs avis et leur ressenti sur ce matériel.

Ces retours se sont faits par l'intermédiaire de questionnaires renseignés par les utilisateurs ou à l'occasion d'échanges informels.

Globalement, la solution a été plébiscitée et perçue positivement.

De manière subjective, les soignants ressentent moins de maux de tête. Ils ont jugé favorablement la solution valve à la demande, prise Segal et masque double enveloppe.

Le tuyau d'aspiration raccordé au masque double enveloppe et le bruit généré par la solution mobile testée ont été considérés moins favorablement par les soignants.

La nouvelle centrale plus compacte que le modèle prototype testé au CHU de Rennes pourra donc apporter une réponse sur ce point car son niveau sonore est inférieur de 10 dB(A).

5. CONCLUSION

L'utilisation du Meopa s'est considérablement développée au fil des années dans le milieu des soins. En 2009, il a reçu l'autorisation pour l'utilisation hors structure hospitalière. Les effets toxicologiques de ce gaz sur la santé correspondent aux effets de son principe actif, le protoxyde d'azote, décrits dans plusieurs études menées chez l'animal, chez des volontaires, des patients, des soignants, ainsi que dans des rapports de cas d'abus. Il s'agit principalement d'effets neurologiques et hématologiques. En milieu professionnel, les études épidémiologiques se sont particulièrement intéressées aux effets sur la reproduction (études menées chez des assistantes dentaires et sages-femmes). Malgré l'existence de biais et de données controversés, il existe des signaux d'alerte forts de baisse de la fertilité et d'atteinte au développement foetal lors d'une d'exposition au protoxyde d'azote. Par ailleurs, en 2001, l'ACGIH a conclu que les preuves qualitatives étaient suffisantes pour considérer que le protoxyde d'azote constituait un danger pour la reproduction.

Les différentes mesures ainsi que les essais effectués au sein du CHU de Rennes entre 2015 et 2018 visaient à évaluer les situations d'exposition des soignants et à rechercher des solutions permettant de les protéger.

Cette démarche a permis de faire prendre conscience d'un risque qui pouvait jusqu'alors être mésestimé et à mettre en œuvre, dans certaines situations et à l'initiative des soignants, des mesures de prévention :

- ➔ mise en place de mesures organisationnelles (rotation des soignants pour réduire le temps d'exposition de chacun);
- ➔ réduction de l'utilisation du Meopa en recourant à un analgésique topique lorsque cela est possible (anesthésiques locaux en patch ou crème) ou à des techniques complémentaires non médicamenteuses (hypnose...);
- ➔ mise en œuvre de matériels innovants (masques à double enveloppe).

Au-delà de ces phases de test et de validation, il convient désormais de déployer ces solutions techniques et organisationnelles dans les établissements utilisateurs de Meopa. Cela nécessitera préalablement de sensibiliser, d'informer et de former les soignants et leurs encadrants aux risques et aux mesures permettant de les prévenir. Ce travail s'appuiera notamment sur les travaux du groupe de travail national piloté par l'INRS et composé d'experts des Carsat.

BIBLIOGRAPHIE

- Dossier Web INRS : « RISQUES CHIMIQUE »
 - <http://www.inrs.fr/risques/chimiques/ce-qu-il-faut-retenir.html>
- Dossier Web INRS : « MESURE DES EXPOSITIONS AUX AGENTS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES »
 - <http://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques/ce-qu-il-faut-retenir.html>
- Dossier Web Anses : « Les valeurs limites atmosphériques pour les agents chimiques en milieu professionnel »
 - <https://www.anses.fr/fr/content/les-valeurs-limites-atmosph%C3%A9riques-pour-les-agents-chimiques-en-milieu-professionnel>
- Circulaire DGS/3 A/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
- 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>
- Protoxyde d'azote lors de l'utilisation du Meopa en milieu de soins : toxicité, situations d'exposition, données métrologiques, pistes de prévention et rôle du médecin du travail. Mise au point TP 26. Références en Santé au Travail, 2016 ; 148 : 105-115.
 - <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TP%2026>
- Prévention de l'exposition au protoxyde d'azote sous forme Meopa : l'expérience rennaise. Vu du terrain TF 275. Références en Santé au Travail, 2019 ; 160 : 77-89.
 - <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20275>
- Meopa et personnel soignant : des niveaux d'exposition pas si hilarants. Poster. 17^{ème} congrès national de la Société française d'étude et de traitement de la douleur (SFETD). 16 au 18 novembre 2017. Nice Acropolis.
- Le Meopa, un gaz pas si hilarant. Perspectives. Travail et sécurité, 2018 ; 797 : 26-27.
 - www.travail-et-securite.fr/dms/ts/ArticleTS/TI-TS797_INRS_26-27/TS797_INRS_26-27.pdf
- Gaz Meopa, bon pour les patients, pas pour les soignants. En entreprise. Travail et sécurité, 2019 ; 801 : 42-43.
 - www.travail-et-securite.fr/dms/ts/ArticleTS/TI-TS801_INRS_42-43/TS801_INRS_42-43.pdf
- Meopa. Soulager les patients sans exposer les soignants. INRS. ED 6365
 - <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206365>
- ACGIH - Nitrous Oxide, 2001. In : Guide to occupational exposure values.
- Protoxyde d'azote. Fiche toxicologique FT 267. INRS, 2018.
 - http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_267
- Protoxyde d'azote. Fiche DEMETER n° 076. INRS, 2010.
 - <http://www.inrs.fr/publications/bdd/demeter/demeter-substances.html>
- Protoxyde d'azote. Métropol méthode M-415. INRS, 2017.
 - http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_415
- Protoxyde d'azote. Métropol méthode M-416. INRS, 2017.
 - http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_416

VIDEOTHEQUE

- Vidéo 1 : témoignage du CHU de Rennes



- Vidéo 2 : principe de fonctionnement du masque à double enveloppe :



- Vidéo 3 : prise en compte de l'exposition au protoxyde d'azote dans un centre hospitalier aux Pays-Bas :



- Vidéo 4 : utilisation du masque à double enveloppe dans un centre hospitalier aux Pays-Bas :

