



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD- LYON 1

FACULTE DE MEDECINE

Année 2015 N°139

**EVALUATION DU RISQUE LIE A L'EXPOSITION AU PROTOXYDE D'AZOTE,  
PAR L'UTILISATION DE MEOPA, DU PERSONNEL SOIGNANT DE PEDIATRIE  
DE L'HOPITAL FEMME-MERE-ENFANT DE LYON**

THESE

Présentée

A l'Université Claude Bernard Lyon 1  
et soutenue publiquement le 3 juillet 2015  
pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

Par

**Charlotte PETE-BONNETON**

**11 mars 1986, à Bourgoin-Jallieu (Isère)**

## UNIVERSITE CLAUDE BERNARD – LYON 1

---

Président de l'Université	François-Noël GILLY
Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales	François-Noël GILLY
Secrétaire Général	Alain HELLEU

### **SECTEUR SANTE**

UFR DE MEDECINE LYON EST	Doyen : Jérôme ETIENNE
UFR DE MEDECINE LYON SUD – CHARLES MERIEUX	Doyen : Carole BURILLON
INSTITUT DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES (ISPB)	Directrice: Christine VINCIGUERRA
UFR D'ODONTOLOGIE	Directeur : Denis BOURGEOIS
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE READAPTATION	Directeur : Yves MATILLON
DEPARTEMENT DE FORMATION ET CENTRE DE RECHERCHE EN BIOLOGIE HUMAINE	Directeur : Pierre FARGE

### **SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

UFR DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES	Directeur : Fabien de MARCHI
UFR DE SCIENCES ET TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES (STAPS)	Directeur : Claude COLLIGNON
POLYTECH LYON	Directeur : Pascal FOURNIER
I.U.T.	Directeur : Christian COULET
INSTITUT DES SCIENCES FINANCIERES ET ASSURANCES (ISFA)	Directeur : Véronique MAUME-DESCHAMPS
I.U.F.M.	Directeur : Régis BERNARD
CPE	Directeur : Gérard PIGNAULT

**Faculté de Médecine Lyon Est**  
**Liste des enseignants 2014/2015**

**Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers**

**Classe exceptionnelle Echelon 2**

Cochat	Pierre	Pédiatrie
Cordier	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
Etienne	Jérôme	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Gouillat	Christian	Chirurgie digestive
Guérin	Jean-François	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Mauguière	François	Neurologie
Ninet	Jacques	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillessement ; médecine générale ; addictologie
Peyramond	Dominique	Maladie infectieuses ; maladies tropicales
Philip	Thierry	Cancérologie ; radiothérapie
Raudrant	Daniel	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Rudigoz	René-Charles	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

**Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers**

**Classe exceptionnelle Echelon 1**

Baverel	Gabriel	Physiologie
Blay	Jean-Yves	Cancérologie ; radiothérapie
Borson-Chazot	Françoise	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Denis	Philippe	Ophthalmologie
Finet	Gérard	Cardiologie
Guérin	Claude	Réanimation ; médecine d'urgence
Lehot	Jean-Jacques	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Lermusiaux	Patrick	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Martin	Xavier	Urologie
Mellier	Georges	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Michallet	Mauricette	Hématologie ; transfusion
Miossec	Pierre	Immunologie
Morel	Yves	Biochimie et biologie moléculaire
Mornex	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
Neyret	Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Ninet	Jean	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Ovize	Michel	Physiologie
Ponchon	Thierry	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Pugeat	Michel	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Revel	Didier	Radiologie et imagerie médicale
Rivoire	Michel	Cancérologie ; radiothérapie
Thivolet-Bejui	Françoise	Anatomie et cytologie pathologiques
Vandenesch	François	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Zoulim	Fabien	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

## Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers

### Première classe

André-Fouet	Xavier	Cardiologie
Barth	Xavier	Chirurgie générale
Berthezene	Yves	Radiologie et imagerie médicale
Bertrand	Yves	Pédiatrie
Beziat	Jean-Luc	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Boillot	Olivier	Chirurgie digestive
Braye	Fabienne	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
Breton	Pierre	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Chassard	Dominique	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Chevalier	Philippe	Cardiologie
Claris	Olivier	Pédiatrie
Colin	Cyrille	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Colombel	Marc	Urologie
Cottin	Vincent	Pneumologie ; addictologie
D'Amato	Thierry	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
Delahaye	François	Cardiologie
Di Fillipo	Sylvie	Cardiologie
Disant	François	Oto-rhino-laryngologie
Douek	Philippe	Radiologie et imagerie médicale
Ducerf	Christian	Chirurgie digestive
Dumontet	Charles	Hématologie ; transfusion
Durieu	Isabelle	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
Edery	Charles Patrick	Génétique
Fauvel	Jean-Pierre	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
Gaucherand	Pascal	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Guenot	Marc	Neurochirurgie
Gueyffier	François	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
Guibaud	Laurent	Radiologie et imagerie médicale
Herzberg	Guillaume	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Honorat	Jérôme	Neurologie
Lachaux	Alain	Pédiatrie
Lina	Bruno	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Lina	Gérard	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Mabrut	Jean-Yves	Chirurgie générale
Mertens	Patrick	Anatomie
Mion	François	Physiologie
Morelon	Emmanuel	Néphrologie
Moulin	Philippe	Nutrition
Négrier	Claude	Hématologie ; transfusion
Négrier	Marie-Sylvie	Cancérologie ; radiothérapie
Nicolino	Marc	Pédiatrie
Nighoghossian	Norbert	Neurologie
Obadia	Jean-François	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Picot	Stéphane	Parasitologie et mycologie
Rode	Gilles	Médecine physique et de réadaptation
Rousson	Robert-Marc	Biochimie et biologie moléculaire

Roy	Pascal	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Ruffion	Alain	Urologie
Rymlin	Philippe	Neurologie
Scheiber	Christian	Biophysique et médecine nucléaire
Schott-Pethelaz	Anne-Marie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Terra	Jean-Louis	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
Tilikete	Caroline	Physiologie
Touraine	Jean-Louis	Néphrologie
Truy	Eric	Oto-rhino-laryngologie
Turjman	Francis	Radiologie et imagerie médicale
Vallée	Bernard	Anatomie
Vanhems	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention

## Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers

### Seconde Classe

Allaouchiche	Bernard	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Argaud	Laurent	Réanimation ; médecine d'urgence
Aubrun	Frédéric	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Badet	Lionel	Urologie
Bessereau	Jean-Louis	Biologie cellulaire
Boussel	Loïc	Radiologie et imagerie médicale
Calender	Alain	Génétique
Charbotel	Barbara	Médecine et santé au travail
Chapurlat	Roland	Rhumatologie
Cotton	François	Radiologie et imagerie médicale
Dalle	Stéphane	Dermato-vénéréologie
Dargaud	Yesim	Hématologie ; transfusion
Devouassoux	Mojgan	Anatomie et cytologie pathologiques
Dubernard	Gil	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Dumortier	Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Fanton	Laurent	Médecine légale
Faure	Michel	Dermato-vénéréologie
Fellahi	Jean-Luc	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Ferry	Tristan	Maladie infectieuses ; maladies tropicales
Fourneret	Pierre	Pédopsychiatrie ; addictologie
Gillet	Yves	Pédiatrie
Girard	Nicolas	Pneumologie
Gleizal	Arnaud	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Guyen	Olivier	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Henaine	Roland	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Hot	Arnaud	Médecine interne
Huissoud	Cyril	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Jacquin-Courtois	Sophie	Médecine physique et de réadaptation
Janier	Marc	Biophysique et médecine nucléaire
Javouhey	Etienne	Pédiatrie
Juillard	Laurent	Néphrologie
Jullien	Denis	Dermato-vénéréologie
Kodjikian	Laurent	Ophtalmologie
Krolak Salmon	Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du

Lejeune	Hervé	vieillessement ; médecine générale ; addictologie Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Merle	Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Michel	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Monneuse	Olivier	Chirurgie générale
Mure	Pierre-Yves	Chirurgie infantile
Nataf	Serge	Cytologie et histologie
Pignat	Jean-Christian	Oto-rhino-laryngologie
Poncet	Gilles	Chirurgie générale
Raverot	Gérald	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Ray-Coquard	Isabelle	Cancérologie ; radiothérapie
Richard	Jean-Christophe	Réanimation ; médecine d'urgence
Rossetti	Yves	Physiologie
Rouvière	Olivier	Radiologie et imagerie médicale
Saoud	Mohamed	Psychiatrie d'adultes
Schaeffer	Laurent	Biologie cellulaire
Souquet	Jean-Christophe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Vukusic	Sandra	Neurologie
Wattel	Eric	Hématologie ; transfusion

### **Professeur des Universités - Médecine Générale**

Letrilliart	Laurent
Moreau	Alain

### **Professeurs associés de Médecine Générale**

Flori	Marie
Lainé	Xavier
Zerbib	Yves

### **Professeurs émérites**

Chatelain	Pierre	Pédiatrie
Bérard	Jérôme	Chirurgie infantile
Boulanger	Pierre	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Bozio	André	Cardiologie
Chayvialle	Jean-Alain	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Daligand	Liliane	Médecine légale et droit de la santé
Descotes	Jacques	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie
Droz	Jean-Pierre	Cancérologie ; radiothérapie
Floret	Daniel	Pédiatrie
Gharib	Claude	Physiologie
Itti	Roland	Biophysique et médecine nucléaire
Kopp	Nicolas	Anatomie et cytologie pathologiques
Neidhardt	Jean-Pierre	Anatomie
Petit	Paul	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence

Rousset	Bernard	Biologie cellulaire
Sindou	Marc	Neurochirurgie
Trepo	Christian	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Trouillas	Paul	Neurologie
Trouillas	Jacqueline	Cytologie et histologie
Viale	Jean-Paul	Réanimation ; médecine d'urgence

### Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers

#### Hors classe

Benchaib	Mehdi	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Bringuier	Pierre-Paul	Cytologie et histologie
Davezies	Philippe	Médecine et santé au travail
Germain	Michèle	Physiologie
Jarraud	Sophie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Jouvet	Anne	Anatomie et cytologie pathologiques
Le Bars	Didier	Biophysique et médecine nucléaire
Normand	Jean-Claude	Médecine et santé au travail
Persat	Florence	Parasitologie et mycologie
Pharaboz-Joly	Marie-Odile	Biochimie et biologie moléculaire
Piaton	Eric	Cytologie et histologie
Rigal	Dominique	Hématologie ; transfusion
Sappey-Marinier	Dominique	Biophysique et médecine nucléaire
Streichenberger	Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
Timour-Chah	Quadiri	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
Voiglio	Eric	Anatomie
Wallon	Martine	Parasitologie et mycologie

### Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers

#### Première classe

Ader	Florence	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
Barnoud	Raphaëlle	Anatomie et cytologie pathologiques
Bontemps	Laurence	Biophysique et médecine nucléaire
Chalabreysse	Lara	Anatomie et cytologie pathologiques
Charrière	Sybil	Nutrition
Collardeau Frachon	Sophie	Anatomie et cytologie pathologiques
Cozon	Grégoire	Immunologie
Dubourg	Laurence	Physiologie
Escuret	Vanessa	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Hervieu	Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
Kolopp-Sarda	Marie Nathalie	Immunologie
Laurent	Frédéric	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Lesca	Gaëtan	Génétique
Maucort Boulch	Delphine	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication

Meyronet	David	Anatomie et cytologie pathologiques
Peretti	Noel	Nutrition
Pina-Jomir	Géraldine	Biophysique et médecine nucléaire
Plotton	Ingrid	Biochimie et biologie moléculaire
Rabilloud	Muriel	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Ritter	Jacques	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Roman	Sabine	Physiologie
Tardy Guidollet	Véronique	Biochimie et biologie moléculaire
Tristan	Anne	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Vlaeminck-Guillem	Virginie	Biochimie et biologie moléculaire

### **Maîtres de Conférences – Praticiens Hospitaliers**

#### **Seconde classe**

Casalegno	Jean-Sébastien	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Chêne	Gautier	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Duclos	Antoine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Phan	Alice	Dermato-vénéréologie
Rheims	Sylvain	Neurologie
Rimmele	Thomas	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Schluth-Bolard	Caroline	Génétique
Simonet	Thomas	Biologie cellulaire
Thibault	Hélène	Physiologie
Vasiljevic	Alexandre	Anatomie et cytologie pathologiques
Venet	Fabienne	Immunologie

### **Maîtres de Conférences associés de Médecine Générale**

Chanelière	Marc
Farge	Thierry
Figon	Sophie

## **REMERCIEMENTS**

### **A Monsieur le Professeur Alain Bergeret**

Vous me faites l'honneur de Présider ce jury de thèse.

Merci pour vos enseignements tant théoriques que pratiques au sein de votre service.

### **A Monsieur le Professeur Pierre Cochat**

Merci d'avoir accepté de juger ce travail.

C'est un honneur d'avoir dans ce jury le dernier doyen de ma chère faculté Laennec et un enseignant de grande qualité. J'espère que la lecture de ce travail vous intéressera et que vous continuerez de nous aider à ne pas le voir sombrer dans l'oubli.

### **A Madame le Professeur Barbara Charbotel**

Merci d'avoir accepté de juger ce travail.

Merci pour vos enseignements durant mon internat, mais surtout merci pour ce cours en DCEM2, lors duquel une vidéo sur les lingères aux hospices m'a suffisamment intriguée pour me guider doucement vers cette spécialité.

### **Au Docteur Marie-Agnès Denis**

Merci de m'avoir proposé ce sujet intéressant mêlant un travail de recherche bibliographique important et une action de terrain très enrichissante. Merci pour tes relectures, tes conseils, ta patience et ton implication sur le terrain me permettant de réaliser ce travail dans les meilleures conditions. Ce fut un plaisir de travailler avec toi.

### **A Robert Cadot**

Qui a fait l'immense partie du travail ! Ce fut un plaisir d'être votre « assistante ». Merci pour votre bonne humeur, vos petites attentions, votre soutien lors des longues périodes d'attente pour les mesurages et vos relectures attentives.

### **A Emmanuel Fort, statisticien de l'UMRESTTE**

Merci de tes réponses rapides et de tes conseils.

*Et un grand merci...*

*A Alisée, pour toutes les aventures que tu m'as fait vivre, et toutes celles qui suivront.*

*A mes parents, qui m'ont appris le sens du travail et le goût des autres.*

*Au vieux tonton Serge pour sa confiance et son soutien.*

*A Maëlle et Marine et à Camille qui m'ont guidée dans mon enfance.*

*A Chloé pour sa compagnie tout au long de cet internat et sa précieuse relecture.*

*A mes camarades de fac Isabelle, Cindy, Mélodie, Angélique et Thomas pour ces années d'entre-aide sur ce long chemin vers le métier de médecin.*

*A tous les internes de médecine du travail qui sont convaincus d'avoir fait le bon choix et particulièrement à ceux qui se sont engagés avec moi dans l'ANIMT : Thibault, Mélissa, Allan et Sophie, Camille et les autres...*

*A tous les médecins d'autres spécialités qui m'ont transmis de leur savoir :*

*Les pneumologues, le Professeur Pacheco, Nathalie Freymond et Aurore Mallet, Maud, Julie, Marie...*

*Les rééducateurs, le Professeur Rode, Pierre Olivier Sancho et Marie-Caroline Pouget...*

*Les dermatologues, le Professeur Faure, Dominique Vital-Durand, les 2 Julie, Jessica, Emilie...*

*A tous les services de médecine du travail qui m'ont accueillie et aux médecins rencontrés qui continuent de croire à cette belle spécialité : Claude Buisset, Marie-Françoise Arquillère, Isabelle Lombard, Elisabeth Pouget et les autres...*

*A tous les patients et tous les salariés que j'ai croisés, qui nous apprennent notre métier, jour à après jour, qui ont su me montrer mes erreurs mais aussi dire merci chaque fois que je le méritais.*

*A Stéphane.*

*A Marc Greene et John Carter*

*A France 5 et à Martin Winckler*

## **Le Serment d'Hippocrate**

*Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.*

*Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.*

*J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.*

*J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.*

*Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au-dessus de mon travail.*

*Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.*

*Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.*

*Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.*

# SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>2. LE MELANGE EQUIMOLAIRE D'OXYGENE ET PROTOXYDE D'AZOTE : MEOPA .....</b>	<b>- 6 -</b>
2.1. HISTOIRE : DE LA DECOUVERTE DU « GAZ HILARANT » A L'UTILISATION DU MEOPA.....	- 6 -
2.2. AUTORISATION DE MISE SUR LE MARCHE DU MEOPA.....	- 7 -
2.3. RECOMMANDATIONS D'UTILISATION .....	- 9 -
2.4. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUE DU PROTOXYDE.....	- 11 -
2.5. PHARMACOCINETIQUE DU PROTOXYDE D'AZOTE.....	- 12 -
2.6. PHARMACODYNAMIE DU PROTOXYDE D'AZOTE.....	- 12 -
2.7. POSSIBILITE DE BIOMETROLOGIE .....	- 13 -
2.7.1. En lien avec l'élimination pulmonaire.....	- 13 -
2.7.2. En lien avec l'élimination urinaire.....	- 14 -
2.7.3. Recommandations de biométrieologie .....	- 15 -
2.8. TOXICITE DU PROTOXYDE D'AZOTE .....	- 15 -
2.8.1. Effets indésirables immédiats .....	- 15 -
2.8.2. Action sur la vitamine B12 .....	- 16 -
2.8.3. Effets sur l'hématopoïèse .....	- 17 -
2.8.4. Effets neurologiques .....	- 17 -
2.8.5. Effets sur la reproduction .....	- 18 -
2.9. CONSEQUENCES EN MEDECINE DU TRAVAIL ET RECOMMANDATIONS.....	- 21 -
2.9.1. Réglementation relative aux stupéfiants .....	- 21 -
2.9.2. Contexte général.....	- 21 -
2.9.3. La contamination des blocs opératoires par le protoxyde d'azote : une histoire ancienne ...	- 22 -
2.9.4. Point sur la réglementation en ville <sup>29</sup> .....	- 23 -
2.9.5. Un nouveau mode d'utilisation qui pose question : l'analgésie en consultation, en hospitalisation, en salle d'accouchement. ....	- 24 -
<b>3. L'ETUDE SUR L'HOPITAL FEMME-MERE-ENFANT .....</b>	<b>- 25 -</b>
3.1. ORIGINES ET OBJECTIFS .....	- 25 -
3.2. MATERIEL ET METHODE .....	- 27 -
3.3.1. Choix des services, étude de poste.....	- 27 -
3.3.2. Métrologie : du terrain au laboratoire.....	- 28 -
3.3.2.1. Choix du matériel .....	- 28 -
3.3.2.2. Prélèvements d'air individuel : air « inspiré » .....	- 29 -
3.3.2.3. Prélèvements d'air ambiant .....	- 30 -
3.3.2.4. Calcul des taux pondérés sur 8h.....	- 31 -
3.3.3. Biométrieologie .....	- 32 -
3.3.4. Questionnaires.....	- 33 -
3.3. RESULTATS.....	- 36 -
3.4.1. Etude de poste : des locaux à la pratique des soignants .....	- 36 -
3.4.1.1. Service de chirurgie urologique et viscérale.....	- 36 -
3.4.1.2. Service des urgences pédiatriques .....	- 38 -
3.4.1.3. Service d'hospitalisation de jour de pneumologie et gastro-entérologie .....	- 41 -

3.4.1.4.	Service d'hospitalisation conventionnelle de pneumologie et gastroentérologie .....	- 43 -
3.4.1.5.	Service d'hospitalisation conventionnelle d'endocrinologie.....	- 44 -
3.4.1.6.	Service d'hospitalisation conventionnelle de neurologie, néphrologie et rhumatologie ..	- 45 -
3.4.2.	Métriologie .....	- 46 -
3.4.2.1.	Service de chirurgie uro-viscérale .....	- 46 -
3.4.2.2.	Service des urgences pédiatriques .....	- 48 -
3.4.2.3.	Service d'hospitalisation de jour de pneumologie et gastro-entérologie .....	- 53 -
3.4.2.4.	Service d'hospitalisation de jour de néphrologie .....	- 57 -
3.4.2.5.	Services d'hospitalisation conventionnelle de pneumologie et gastro-entérologie, endocrinologie et neurologie-néphrologie-rhumatologie .....	- 59 -
3.4.2.6.	Synthèse des résultats .....	- 61 -
3.4.3.	Biométriologie .....	- 62 -
3.4.4.	Questionnaires.....	- 65 -
3.4.4.1.	Description des services .....	- 67 -
3.4.4.2.	Formation .....	- 69 -
3.4.4.3.	Exposition déclarée .....	- 70 -
3.4.4.4.	Symptômes en lien avec le travail .....	- 72 -
3.4.4.5.	Troubles de la procréation .....	- 78 -
<b>4.</b>	<b>COMPARAISON AVEC L'ETUDE SUR L'INSTITUT D'HEMATOLOGIE ET ONCOLOGIE PEDIATRIQUE DU CENTRE LEON BERARD .....</b>	<b>- 80 -</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSSION .....</b>	<b>- 81 -</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>- 88 -</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>- 91 -</b>
<b>8.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>- 93 -</b>
8.1	<i>ANNEXE 1 : Questionnaire pour la population exposée au MEOPA.....</i>	<i>- 93 -</i>
8.2	<i>ANNEXE 2 : Courrier d'accompagnement du 1<sup>er</sup> envoi de questionnaires .....</i>	<i>- 94 -</i>
8.3	<i>ANNEXE 3 : Courrier d'accompagnement du 2<sup>ème</sup> envoi de questionnaires.....</i>	<i>- 94 -</i>
8.4	<i>ANNEXE 4 : Résultats des mesurages de biométriologie par soignant.....</i>	<i>- 95 -</i>
	<i>Annexe 4-1 :Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants de chirurgie uro-viscérale .....</i>	<i>- 95 -</i>
	<i>Annexe 4-2 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants des urgences .....</i>	<i>- 95 -</i>
	<i>Annexe 4-3 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants d'HDJ pneumo-gastro .....</i>	<i>- 96 -</i>
	<i>Annexe 4-4 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants d'HDJ néphro .....</i>	<i>- 96 -</i>
	<i>Annexe 4-5 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants de neuro-néphro-rhumato .....</i>	<i>- 97 -</i>
	<i>Annexe 4-6 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants d'endoc .....</i>	<i>- 97 -</i>
	<i>Annexe 4-7 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants de pneumo-gastro .....</i>	<i>- 97 -</i>
8.5	<i>ANNEXE 5 :: Extraits du rapport d'exposition de l'IHOP .....</i>	<i>- 98 -</i>
8.6	<i>ANNEXE 6 : Extrait du rapport d'exposition au protoxyde d'azote en explorations fonctionnelles neurologiques, avril 2015. ....</i>	<i>- 99 -</i>
8.7	<i>ANNEXE 7 : Exemple de flyer : « Une administration bien réalisée dans l'intérêt de tous ».....</i>	<i>- 100 -</i>
8.8	<i>ANNEXE 8 : Iconographie de différentes situations de soins .....</i>	<i>- 101 -</i>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Matériel nécessaire à une administration de MEOPA .....	- 9 -
Figure 2 : Taux de protoxyde inspiré sur courte durée selon la position du soignant .....	- 62 -
Figure 3 : Corrélaiton taux N2O expiré une heure après le geste et N2O inspiré au dernier geste.....	- 63 -
Figure 4 : Corrélaiton taux N2O expiré une heure après le geste et N2O inspiré au dernier geste, valeurs logarithmiques. ....	- 63 -
Figure 5 : Corrélaiton taux de N2O expiré en fin de poste au taux inspiré pondéré sur 8 heures.....	- 64 -
Figure 6 : Corrélaiton taux de N2O expiré en fin de poste au taux inspiré pondéré sur 8 heures, valeurs logarithmiques .....	- 64 -
Figure 7 : Répartition des répondants selon les classes d'âges (n) .....	- 66 -
Figure 8 Formation déclarée selon le service (%) .....	- 69 -
Figure 9 : Exposition déclarée par le personnel selon le service (%) .....	- 72 -
Tableau 1 : Propriétés physico-chimiques du protoxyde d'azote .....	- 11 -
Tableau 2 : Nombre de questionnaires distribués par service .....	- 34 -
Tableau 3 : Suivi du personnel de chirurgie uro-viscérale, journée 1-n°1 .....	- 46 -
Tableau 4 : Suivi du personnel de chirurgie uro-viscérale, journée 1-n°2 .....	- 47 -
Tableau 5 : Suivi du personnel de chirurgie uro-viscérale, journée 2 .....	- 47 -
Tableau 6 : Suivi du personnel des urgences, journée 1-n°1 .....	- 49 -
Tableau 7 : Suivi du personnel des urgences, journée 1-n°2 .....	- 50 -
Tableau 8 : Suivi du personnel des urgences, journée 1-n°3 .....	- 50 -
Tableau 9 : Suivi du personnel des urgences, journée 2-n°1 .....	- 51 -
Tableau 10 : Suivi du personnel des urgences, journée 2-n°2 .....	- 52 -
Tableau 11 : Suivi du personnel des urgences, journée 2-n°3 .....	- 52 -
Tableau 12 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 1-n°1 .....	- 54 -
Tableau 13 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 1-n°2 .....	- 54 -
Tableau 14 : suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 1-n°3.....	- 55 -
Tableau 15 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 2-n°1 .....	- 56 -
Tableau 16 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 2-n°2 .....	- 56 -
Tableau 17 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 2-n°3 .....	- 57 -
Tableau 18 : Suivi personnel HDJ néphro n°1 .....	- 58 -
Tableau 19 : Suivi personnel HDJ néphro n°2 .....	- 58 -
Tableau 20 : Suivi du personnel de neuro-néphro-rhumato.....	- 59 -
Tableau 21 : Suivi du personnel d'endoc .....	- 59 -
Tableau 22 : Suivi du personnel de pneumo-gastro.....	- 60 -
Tableau 23 : Synthèse des résultats de métrologie atmosphérique de protoxyde d'azote .....	- 61 -
Tableau 24 : Données socio-démographiques de la population .....	- 66 -
Tableau 25 : Données socio-démographiques par service.....	- 68 -
Tableau 26 : Données professionnelles par service .....	- 68 -
Tableau 27 : Taux de formations reçues selon les données démographiques et professionnelles .....	- 70 -
Tableau 28 : Exposition déclarée selon la fonction, l'âge et le service .....	- 71 -
Tableau 29 : Personnel ne déclarant aucun symptôme par service .....	- 72 -
Tableau 30 : Symptômes en lien avec le travail déclarés par le personnel.....	- 73 -
Tableau 31 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme « céphalées ».....	- 74 -
Tableau 32 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme « nausées ».....	- 75 -
Tableau 33 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme « vertiges » .....	- 76 -
Tableau 34 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme « asthénie » .....	- 77 -
Tableau 35 : Effectifs touchés par des troubles de la procréation.....	- 79 -
Tableau 36 : Facteurs pouvant influencer sur la présence de troubles de la procréation .....	- 79 -

## **1. INTRODUCTION**

Depuis une quinzaine d'années, le mélange équimolaire d'oxygène et de protoxyde d'azote (MEOPA) fait partie de l'arsenal thérapeutique dont disposent les soignants pour réaliser des soins douloureux dans les meilleures conditions pour leurs patients. Présenté fréquemment comme un produit simple d'utilisation, extrêmement bien toléré par les patients et sans risque pour les soignants, son utilisation s'est généralisée à travers les services, de la pédiatrie à la gériatrie.

Si la littérature regorge de questionnements et de résultats sur l'utilisation du protoxyde d'azote dans les blocs opératoires, les études sur l'utilisation du MEOPA hors bloc sont anciennes et souvent dépourvues de données de métrologie atmosphérique. Ces études souvent rétrospectives ont eu parfois des conclusions différentes. Toutefois, en France, selon la fiche DEMETER<sup>1</sup> (Document d'Evaluation Médicale des produits Toxiques vis-à-vis de la Reproduction) de l'INRS, le protoxyde d'azote doit être considéré comme potentiellement responsable d'atteinte de la fertilité féminine et d'avortements spontanés au premier trimestre de grossesse. Le seul texte réglementaire français est la circulaire du 10 octobre 1985<sup>2</sup> inspirée des recommandations de la Commission Nationale d'Anesthésiologie qui stipule que *« 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 et à moins de 2 ppm pour les halogénés. »*

C'est dans ce contexte que les médecins du travail, s'interrogent aujourd'hui sur le risque potentiel lié à l'utilisation de ce gaz dans des services non conçus pour cette activité : des salles de consultation, des services d'hospitalisation, des salles d'accouchement où il est question d'analgésie et non d'anesthésie.

En charge du suivi médical du personnel de l'hôpital Femme-Mère-Enfant de Lyon, le Docteur Marie-Agnès Denis a décidé d'évaluer le risque en lien avec ce récent mode d'utilisation dans des services de pédiatrie, des plaintes apparaissant au travers des consultations en médecine du travail.

Grâce à l'analyse des pratiques des soignants et des données de métrologie atmosphérique, nous avons cherché à établir la présence ou non d'un risque par le dépassement ou non du seuil réglementaire français.

D'autre part nous souhaitons explorer la relation entre le taux de protoxyde d'azote inspiré sur une journée et le taux de protoxyde dans l'air expiré en fin de poste. Nous avons donc effectué pour cela des mesurages de biométrie respiratoire. Si l'hypothèse d'une corrélation s'avérait exacte, elle pourrait permettre la surveillance simple du personnel par un indicateur biométrique.

Enfin, un questionnaire à visée des soignants nous a permis de recueillir leur ressenti sur leur exposition et ses effets.

## **2. LE MELANGE EQUIMOLAIRE D'OXYGENE ET PROTOXYDE D'AZOTE : MEOPA**

### **2.1. HISTOIRE : DE LA DECOUVERTE DU « GAZ HILARANT » A L'UTILISATION DU MEOPA**

En 1774, Joseph Priestley, pasteur anglais, parvient à isoler l'oxygène dans son état gazeux et devient capable de le produire. Un an plus tard ses travaux sur les gaz le conduisent à découvrir le protoxyde d'azote.

Les propriétés euphorisantes du gaz ne seront mises en évidence qu'en 1798 par Humphry Davy. Ce dernier, souffrant d'une rage de dent, se l'auto-administre et suggère que le protoxyde d'azote pourrait être utilisé pour réduire la douleur au cours d'actes chirurgicaux « *sans grande effusion de sang* ». Il le surnomme déjà le « gaz hilarant ». Non seulement il ne reçoit pas de soutien des autorités pour ses recherches mais on lui demande même de les stopper, les jugeant trop dangereuses.

Quarante ans plus tard, en 1844, le chirurgien-dentiste Horace Wells rencontre Gardner Quincy Colton, monteur de spectacles, qui sillonne les Etats-Unis en réalisant des démonstrations de l'effet euphorisant du protoxyde d'azote. Wells observant un homme qui ne ressent aucune douleur après qu'il se soit blessé par une chute sur un clou, s'interroge. Le lendemain, il demande à l'un de ses assistants, William Morton, de lui extraire une molaire sous protoxyde d'azote. L'acte est une réussite. Il retente l'expérience sur plusieurs patients avec succès, mais il est discrédité lorsqu'il tente une extraction en public auprès d'un important chirurgien de Boston, en raison semble-t-il d'un défaut dans le circuit d'administration du gaz. Il ne se relèvera pas de cet échec. William Morton se tourne vers l'analgésie par l'éther qui devient très à la mode et James Young Simpson introduit également dans le milieu, le chloroforme. Les démonstrations de Morton sont un succès et l'éther devient le produit à utiliser pour les actes dentaires, mais aussi en petite chirurgie et pour des accouchements.

L'usage du protoxyde d'azote à des fins médicales tombe à l'eau, et il ne reste utilisé qu'à des fins récréatives pendant plusieurs années. Mais Colton n'abandonne pas et finit par faire entrer le gaz dans les pratiques des dentistes, en créant la « Colton and Smith Dental

Association » avec l'aide de Smith, dentiste. Ensemble, ils forment les étudiants à l'utilisation du protoxyde d'azote.

Aucun incident n'est à déplorer jusqu'en 1873 où survient le premier décès lié à l'utilisation du gaz, par asphyxie. En effet, pendant l'administration de gaz pur, les patients ne reçoivent plus d'oxygène. C'est Edmond Andrews, à Chicago qui a l'idée de l'utiliser mélangé à de l'oxygène pour réduire cet effet, introduisant 10 puis 20% d'oxygène, soit l'équivalent de la concentration atmosphérique. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, Paul Bert, disciple de Claude Bernard, réalise de fins calculs pour comprendre comment obtenir le même niveau d'analgésie qu'avec du protoxyde d'azote pur en éliminant l'asphyxie et conclut qu'il faut augmenter la pression d'administration. Il est déçu de constater qu'il n'obtient qu'une analgésie sans anesthésie et que le protoxyde d'azote seul ne puisse pas être employé pour des chirurgies importantes.

Jusqu'au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle, les succès de l'utilisation du mélange oxygène-protoxyde d'azote sont mitigés en raison de la qualité inégale des gaz souvent produits par les dentistes eux-mêmes et par les techniques d'administration douteuses. Le MEOPA, mélange équimolaire d'oxygène et de protoxyde d'azote, contenant donc 50% de chacun des gaz, apparaît à la fin des années 1970 en Angleterre sous le nom d'ENTONOX.

La France reste réticente mais l'autorise en 1980 en obstétrique et dans les ambulances du SAMU ; l'administration étant réservée aux médecins. Il faut attendre l'Autorisation Temporaire d'Utilisation (ATU) du 30 mars 1998, pour que l'on autorise son utilisation par des « non-anesthésistes », mais toujours hors soins dentaires et obstétrique. L'AMM (autorisation de mise sur le marché) est obtenue le 15 novembre 2001 et étend l'utilisation à ces deux domaines de compétences et même au-delà.

Aujourd'hui, le protoxyde d'azote trouve encore sa place dans les blocs opératoires et le MEOPA est utilisé dans la pratique courante, de la pédiatrie à la gériatrie.

## **2.2. AUTORISATION DE MISE SUR LE MARCHE DU MEOPA**

L'autorisation de mise sur le marché a été accordée en novembre 2001, après une ATU datant de 1998. En 2009, l'ANSM (agence nationale de sécurité du médicament et des produits

de santé) l'a sorti de sa réserve hospitalière permettant l'utilisation en cabinet de ville et en hospitalisation à domicile de façon très réglementée.

On retrouve le mélange sous plusieurs noms commerciaux : ENTONOX®, KALINOX®, MEDIMIX®, ANTASOL®, OXYNOX®. Il existe un code couleur en matière de gaz anesthésiants. Les bouteilles d'oxygène sont blanches, les obus de protoxyde d'azote pur sont bleus et le MEOPA est contenu dans des bouteilles blanches avec une collerette bleue. La bouteille se stocke verticalement à une température supérieure à 0°C. S'il devait arriver que les bouteilles soient à des températures négatives, il conviendrait de les stocker horizontalement pour éviter la séparation des deux gaz et donc l'hypoxie à l'administration. L'arrimage de la bouteille au mur ou sur un chariot de transport doit être systématique.

Les indications d'utilisation du MEOPA sont :

- L'analgésie lors de l'aide médicale d'urgence : traumatologie, prise en charge des brûlés, transport de patients douloureux
- L'analgésie des actes douloureux de courte durée chez l'adulte et l'enfant, notamment ponction lombaire, myélogramme, réduction de fractures simples, réduction de certaines luxations périphériques et ponctions veineuses
- Sédation en soins dentaires, chez les enfants, les patients anxieux ou handicapés
- En obstétrique, en milieu hospitalier exclusivement, dans l'attente d'une analgésie péridurale ou en cas de refus ou d'impossibilité de la réaliser.

Les contre-indications absolues sont :

- Les patients nécessitant une ventilation en oxygène pur
- L'hypertension intracrânienne
- Toute altération de l'état de conscience du patient empêchant sa coopération
- Un traumatisme crânien
- Un pneumothorax
- Des bulles d'emphysème
- Une embolie gazeuse
- Un accident de plongée
- Une distension gazeuse abdominale

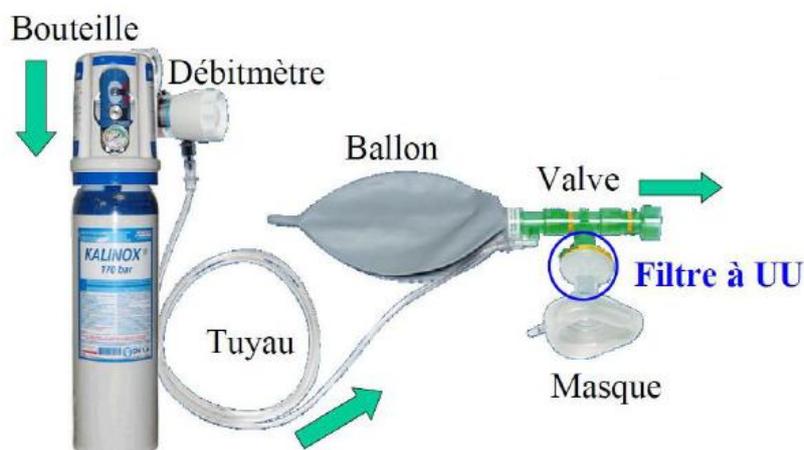
- L'utilisation d'un gaz ophtalmique, tant que persiste une bulle de gaz à l'intérieur de l'œil et au minimum pour un délai de 3 mois.
- Un déficit connu et non substitué en vitamine B 12
- Une anomalie neurologique d'apparition récente et non expliquée.

### 2.3. RECOMMANDATIONS D'UTILISATION

Selon le VIDAL, « Le débit du mélange est à déterminer en fonction de la ventilation spontanée du patient. L'administration nécessite une surveillance continue (...) et doit être immédiatement interrompue en cas de perte de contact verbal. L'efficacité antalgique ne se manifeste pleinement qu'après au moins 3 minutes d'inhalation. (...) Avant la réalisation de l'acte, le masque doit être maintenu pendant une période d'au moins 3 minutes. L'administration ne doit pas excéder 60 minutes en continu. (...) En cas d'utilisations répétées, ne pas dépasser 15 jours. » Il est clairement stipulé que l'administration doit être réalisée dans « des locaux adaptés, par un personnel médical ou paramédical spécifiquement formé et dont les connaissances sont périodiquement réévaluées ».

Les procédures d'administration du MEOPA sont disponibles sur Internet pour un grand nombre de centres hospitaliers. Il est intéressant de noter que les procédures sont toujours envisagées « coté patient ». Même si certains évoquent le risque pour les soignants, aucun n'explique clairement qu'un geste bien réalisé permet une bonne analgésie en sécurité pour le patient mais permet également de réduire l'exposition du personnel.

Figure 1 : Matériel nécessaire à une administration de MEOPA



A chaque geste, le soignant doit adapter un filtre antibactérien à usage unique ainsi qu'un masque dont la taille doit être adaptée à l'enfant. Tous les 15 gestes, le personnel doit également changer la valve unidirectionnelle, le ballon et la tubulure d'arrivée du gaz. Certains services font le choix d'identifier clairement le nombre d'utilisations par la mise à jour d'une fiche de suivi. Ailleurs on retrouve parfois des marques faites sur le ballon. La plupart du temps aucune traçabilité n'est retrouvée, mais les filtres sont conditionnés dans des sacs de 15 éléments et le personnel s'impose un changement de l'ensemble du système à l'ouverture d'un nouveau sachet de filtres.

Avant de débiter l'administration du MEOPA, il convient de s'assurer de la présence de gaz en quantité suffisante en vérifiant la pression résiduelle affichée sur le manomètre (l'aiguille doit être dans la zone verte). Ensuite, il faut ouvrir à fond le robinet de la bouteille et revenir d'un quart de tour puis ouvrir le robinet du manodétendeur au débit souhaité (6 ou 9 L/min le plus souvent). Une fois le ballon gonflé, il faut appliquer rapidement le masque sur le visage en limitant les fuites. La taille du masque aura été préalablement vérifiée. Idéalement, une personne est dédiée à l'administration du gaz pendant qu'une autre effectue le soin.

Le site PEDIADOL<sup>3</sup>, spécialisé dans la prise en charge de la douleur chez l'enfant, apporte quelques recommandations :

- Privilégier l'auto-administration sauf en dessous de 3 ans où elle est impossible, et retenir que les chances de succès à cet âge sont moindres.
- Faire respirer l'enfant pendant 3 minutes avant de débiter le geste avec un masque parfaitement étanche. En cas de désadaptation du masque renouveler cette période de 3 minutes.
- Ne jamais appliquer de force le masque.
- Le débit est à adapter à la respiration de l'enfant. Un débit de 4L/min peut s'avérer tout aussi efficace qu'un débit de 12 L/min, car le patient inhale toujours 50% de protoxyde d'azote. Il convient de s'assurer que le ballon n'est ni collabé, ni distendu, et l'oscillation est le reflet d'une bonne respiration.
- Penser à communiquer avec l'enfant tout au long du geste.
- Arrêter l'administration dès la fin du geste, pansement compris, en fermant le débit-litre puis la bouteille.

Il est possible d'incorporer au système une valve d'administration à la demande dite de « Robert Shaw ». Ces valves s'enclenchent après une faible aspiration de la part du patient. Ainsi le gaz ne diffuse pas en continu, les fuites sont limitées ainsi que la contamination de l'air ambiant à l'ouverture et à la fermeture du gaz. Ces valves restent cependant essentiellement réservées aux salles d'accouchement et aux cabinets dentaires, car la participation active des patients est nécessaire. Les anesthésistes retiennent qu'elle n'est pas utilisable chez l'enfant de moins de 8-10 ans. Ceci est fort dommage car une étude<sup>4</sup> réalisée en 2004 dans le service d'odontologie du CHU de Clermont-Ferrand rapporte une baisse significative de la pollution atmosphérique en présence d'une valve pour administration discontinue (15,3 +/- 23,1 ppm en discontinu, 32,3 +/- 25,1 ppm en continu, p<0,05).

#### **2.4. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUE DU PROTOXYDE**

Le protoxyde d'azote, aussi appelé oxyde nitreux, est un gaz dont les molécules sont formées de deux atomes d'azote et d'un atome d'oxygène (N<sub>2</sub>O). Il est incolore, à priori inodore (même si l'INRS parle « d'odeur et de saveur légèrement sucrées » et que l'on s'aperçoit que le personnel fréquemment exposé est capable de le « sentir » dans une pièce contaminée).

Tableau 1 : Propriétés physico-chimiques du protoxyde d'azote

Formule	N <sub>2</sub> O
Poids moléculaire	44.013
Facteur de conversion	1 ppm = 1,83 mg/m <sup>3</sup>
Densité	1.53 (air =1)
Solubilité dans l'eau	0.46 à 37°C-0.69 à 20°C
Solubilité dans l'huile	1,4 à 37 °C
Solubilité dans l'halothane	4.19 à 22-24°C
Volatilité	Très volatil : 101 kPa à 20°C

Le protoxyde d'azote n'est pas inflammable, mais il s'agit d'un comburant. Il peut être stocké sous forme liquide. Sa densité légèrement supérieure à celle de l'air peut conduire à une accumulation au sol dans des lieux dont l'air est peu brassé.

## **2.5. PHARMACOCINETIQUE DU PROTOXYDE D'AZOTE**

L'absorption se fait essentiellement par voie pulmonaire même s'il existe probablement une petite absorption percutanée et digestive. La distribution a lieu dans tout l'organisme par voie sanguine. Considéré comme inerte sur le plan métabolique, il est cependant en partie réduit en radicaux azotés dans l'intestin en milieu anaérobie. Son élimination se fait essentiellement sous forme inchangée par voie pulmonaire, et à minima par voie cutanée et urinaire par simple diffusion. Il passe la barrière placentaire.

## **2.6. PHARMACODYNAMIE DU PROTOXYDE D'AZOTE**

Depuis peu, il est admis que le protoxyde d'azote est un agent anti-NMDA (N-méthyl-D-aspartate glutamatergique) inhibant les voies descendantes de la douleur et qu'il augmente le taux d'opioïdes endogènes.

La solubilité dans le sang est faible ce qui explique sa cinétique : le gaz pénètre rapidement dans le cerveau agissant en 3 minutes environ et son effet cesse également très vite. On parle d'effet on/off.

La solubilité dans l'huile, excellent indicateur prédictif de la puissance anesthésique d'un gaz, est faible de 1,4 à 37°C (Meyer, 1921). Plus un agent est soluble dans les graisses, plus sa captation tissulaire est importante, donc plus sa concentration alvéolaire minimale (CAM) sera basse. Cette CAM, exprimée en pourcentage volumique, correspond à la concentration alvéolaire à laquelle 50% des patients n'ont pas de réaction motrice lors d'un stimulus douloureux comme une incision par un scalpel. Une CAM de 1 % vol signifie que pour un volume total de 100 mL de gaz alvéolaire, il faut un volume de 1 mL d'agent anesthésique pour obtenir l'effet sus-défini. Plus la CAM est basse, plus l'agent est efficace et plus la durée d'action est importante. La CAM du protoxyde d'azote est estimée à 105% vol. Pour comparaison, l'isoflurane, puissant agent anesthésiant a une solubilité dans l'huile de 96 et une CAM à 1,15% vol, alors que le desflurane, agent plus faible, a une solubilité dans l'huile de 19 et une CAM à 6% vol. Le protoxyde d'azote, associé à d'autres gaz anesthésiants, conduit à une diminution de la CAM de ces derniers. C'est pour cette raison qu'il reste employé au

cours des inductions malgré un faible pouvoir sédatif. Son adjonction permet de réduire la quantité d'halogénés administrés et d'augmenter leur efficacité.

Chez l'enfant de moins de 3 ans, et plus particulièrement chez le nouveau-né, la CAM de tous les gaz augmente. On doit s'attendre à une moins bonne efficacité des gaz et donc du protoxyde d'azote dans cette population. Certains auteurs (Dr Gandemer, université de Rennes) vont même jusqu'à parler d'une efficacité diminuée par 2 chez l'enfant de 2-3 ans, par rapport au sujet adulte. Ceci ne contre-indique pas pour autant son utilisation, mais il convient de rester attentif et de savoir renoncer à cette technique si au bout de 5 minutes d'administration l'enfant se montre encore très agité.

## **2.7. POSSIBILITE DE BIOMETROLOGIE**

### **2.7.1. En lien avec l'élimination pulmonaire**

En 1983, O'Reilly<sup>5</sup> propose à 20 volontaires sains répartis en deux groupes (« jeunes » de 22 à 30 ans et « plus âgés » de 63 à 69 ans) d'inhaler du MEOPA dans des conditions reproduisant un acte dentaire. Après avoir trouvé le débit nécessaire à une bonne sédation (qui finalement ne varie pas significativement d'un groupe à l'autre), l'inhalation du gaz est maintenue pendant 30 minutes. Il s'agissait ensuite de recueillir le volume de réserve expiratoire pour y mesurer le taux de protoxyde d'azote. Les mesures très répétées dans le temps ont permis de mettre en évidence, une décroissance des taux exponentielle avec l'identification de deux phases : une décroissance rapide avec une demi-vie de 1,8 minute puis une décroissance plus lente avec une demi-vie de 20 minutes survenant après 10 minutes environ. Lors de leurs dernières mesures à 70 minutes après l'arrêt du gaz, les auteurs constataient un taux de 0,1% de la valeur initiale (à l'arrêt du gaz).

En 1990, Treviscan et Gori<sup>6</sup> mettent en évidence une corrélation linéaire entre les taux de protoxyde dans l'air inspiré au cours de la dernière heure (mesurés après recueil au niveau des voies aériennes supérieures dans des sacs TEDLAR) et les taux dans l'air expiré ( $r=0,91$ ) chez les membres de cinq équipes chirurgicales. Ceci leur permet de définir des valeurs biométriologiques seuils reposant sur les recommandations de l'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) pour les taux atmosphériques. La valeur limite de 50 ppm

atmosphériques, recommandée, correspond à 29,6 ppm en air expiré. Une valeur de 200 ppm correspond à 67,1 ppm dans l'air expiré.

En 2002, Henderson et al<sup>7</sup> équipent 46 sages-femmes d'un badge de recueil par diffusion passive pendant une durée de 4 heures correspondant à un demi-poste et recueillent des échantillons d'air expiré au bout des 4 heures d'activité. Leurs résultats montrent des taux environnementaux très souvent élevés (de 2,4 à 1300 ppm, moyenne de 313 ppm) tout comme les taux dans l'air expiré (de 0 à 727 ppm, moyenne de 64 ppm) mais une faible corrélation avec un coefficient à 0,43.

### **2.7.2. En lien avec l'élimination urinaire**

Les auteurs précédemment cités ont également étudié les taux de protoxyde d'azote urinaires. Treviscan et Gori mettent en évidence une relation linéaire entre le taux de N<sub>2</sub>O inspiré et taux dans les urines ( $r=0,76$ ) définissant une valeur biométriologique urinaire de 20,6 microgrammes/L correspondant à 50 ppm atmosphériques.

Ces résultats ont été confirmés par une étude publiée par Imbriani<sup>8</sup> qui retrouvait en 1995 chez 1521 sujets exposés, une corrélation entre taux de protoxyde d'azote dans l'air inspiré et taux urinaire après 4 heures d'exposition continue : 50 ppm atmosphériques correspondant à 25 microgrammes/L de N<sub>2</sub>O urinaire.

En 2003, Henderson<sup>9</sup> et son équipe publient un nouvel article sur leur population de sages-femmes. Ils comparent un échantillon d'urine à la prise de poste et après 4 heures d'exposition et les mettent en relation avec le niveau d'exposition au protoxyde d'azote. Les taux urinaires (s'étageant de 0 à 1102 microgramme/L) apparaissent corrélés de façon linéaire aux taux inspirés. Ils établissent que le taux urinaire est égal à 0,275 fois le taux inspiré ( $p<0,001$ ). 12 sages-femmes avaient des taux urinaires à 4 h supérieurs aux 27 microgrammes/L, recommandés en Italie (seuil retenu dans l'étude). Il est intéressant de noter que les échantillons de prise de poste donnaient des résultats non nuls chez la moitié des femmes. Chez ces femmes, il n'était pas possible d'établir une corrélation entre air inspiré et protoxyde d'azote urinaire. Concernant les taux non nuls retrouvés en début de poste, la littérature suggère que certaines bactéries gram négatives potentiellement présentes dans le tractus vésical pourraient être à l'origine d'une petite production de protoxyde d'azote. D'autres

hypothèses ont été envisagées comme des expositions domestiques : déodorants, bombes alimentaires...

### **2.7.3. Recommandations de biométrie**

Ces données de biométrie ont été obtenues pour des expositions longues de plusieurs heures et continues avec recueil dans les suites immédiates des expositions. Il existe probablement un lien entre l'exposition sur la dernière heure et le taux de protoxyde d'azote dans l'air expiré ainsi que les taux urinaires. Toute la difficulté semble résider dans la rapidité d'élimination du gaz. Nous ne disposons d'aucune donnée concernant la cinétique de décroissance du taux urinaire. Aussi il est impossible de prédire quelle valeur accorder à un dosage sur une urine fin de poste, chez un agent qui aurait terminé son exposition plusieurs heures plus tôt. S'agissant d'une élimination par diffusion passive, et non d'une excrétion urinaire, les résultats sont plus le reflet d'un taux sanguin à un instant précis. Il n'y aura pas d'accumulation sur la journée, mais la recherche d'un équilibre à travers l'organisme. Aussi la pertinence de l'examen ne semble résider que dans l'analyse comparative des recueils pré et post exposition, et ce dernier doit être immédiat.

Concernant les airs expirés, compte tenu de la cinétique, on peut supposer que si la fin de poste est très à distance de la dernière exposition, les résultats ne seront pas fiables.

A l'heure actuelle aucun suivi biométrique n'est recommandé et aucune fiche « biotox » (source INRS) n'est disponible.

## **2.8. TOXICITE DU PROTOXYDE D'AZOTE**

### **2.8.1. Effets indésirables immédiats**

Les effets immédiats décrits chez les patients recevant du MEOPA sont :

- Nausées et vomissements,
- Céphalées
- Euphorie et excitation
- Sédation trop importante avec perte du contact verbal

### 2.8.2. Action sur la vitamine B12

La vitamine B12 est une molécule uniquement apportée par l'alimentation d'origine animale dont l'absorption intestinale au niveau de l'iléon terminal nécessite une liaison au facteur intrinsèque synthétisé par la muqueuse gastrique. Elle est présente dans l'organisme sous plusieurs formes que l'on regroupe sous le terme de « cobalamine ». Une fois dans le sérum la vitamine B12 est transportée de façon liée aux transcobalamines (I, II et III). Les apports journaliers varient de 2 à 5 mg et sont suffisants pour couvrir les besoins. Il existe d'importantes réserves au niveau hépatique, couvrant les besoins sur 2 à 4 ans, ce qui explique qu'une carence en vitamine B12 n'aura de répercussions clinico-biologiques que des mois voire des années plus tard. Il s'agit d'une coenzyme importante à la fonction de deux enzymes : la méthylmalonylCoA synthétase qui utilise la forme oxydée de la B12 et la méthionine synthétase qui a recours à la forme réduite. Cette forme réduite est capable de récupérer un groupement méthyle sur le 5-méthyl-tétrahydrofolate le transformant ainsi en tétrahydrofolate. Cette méthylcobalamine se lie à la méthionine synthétase qui permet via la transméthylation de l'homocystéine de créer de la méthionine qui est le principal donneur de groupement méthyle. Ces groupements sont indispensables à la synthèse d'ADN, d'ARN et de nombreuses protéines telles que la myéline. L'absence ou l'inactivation de la B12 provoque une perturbation du cycle cellulaire induisant une augmentation de la taille des cellules et une diminution de nombre de mitoses.

L'inhalation de protoxyde d'azote et son passage sanguin amènent très rapidement à la libération de nitrogène et d'oxygène dont l'effet direct est l'oxydation de l'ion cobalt de la cobalamine. Cette oxydation conduit à la disparition de la molécule sous forme réduite et donc à l'inhibition de la méthionine synthétase. Dans le sérum, le taux de vitamine B12 n'est pas affecté<sup>10</sup>, mais on voit apparaître une augmentation des molécules d'amont appartenant aux cycles dans lesquels intervient la méthionine synthétase : l'homocystéine et les folates. La méthionine sanguine diminue. En l'absence de ces groupements méthyles, de nombreuses synthèses se voient affectées à l'intérieur de la cellule, et rapidement l'hématopoïèse devient inefficace.

### **2.8.3. Effets sur l'hématopoïèse**

En 1956, le protoxyde d'azote utilisé de manière prolongée aux soins intensifs révèle sa toxicité au travers d'une insuffisance médullaire mégaloblastique sévère, conduisant au décès par septicémie, plusieurs patients en soins pour un tétanos<sup>11</sup>. Les biopsies médullaires chez d'autres patients dont la formule sanguine se modifiait, révélaient également une moelle pauvre, mégaloblastique. L'arrêt du protoxyde d'azote chez ces patients conduisait en 3 à 4 jours à la normalisation des lignées sanguines.

D'autres auteurs<sup>12</sup> ont par la suite confirmé cette observation chez des patients en post chirurgie (cardiaque ou vasculaire) à qui on administrait du protoxyde d'azote pendant 24 à 36 heures. Ils vont même jusqu'à en expliquer le mécanisme : une inactivation de la vitamine B12, coenzyme nécessaire à une bonne hématopoïèse. Il s'agissait cependant de durées d'exposition longues et le délai nécessaire à l'apparition de cette anomalie biologique était toujours inconnu. O' Sullivan et al<sup>13</sup> en 1981 ont donc comparé 3 groupes de patients : ceux recevant du N<sub>2</sub>O pour une durée inférieure à 6 heures, ceux en recevant pour 12 à 24 heures, et des contrôles sans protoxyde d'azote. Ils ne retrouvaient aucune anomalie biologique chez les patients exposés moins de 6 heures ni chez les contrôles. Cette observation permettait de se rassurer car la plupart des chirurgies durent généralement moins de 6 heures.

Tenant compte de cette donnée, l'équipe d'Amos<sup>14</sup> se lance dans l'idée d'une supplémentation en acide folique (vitamine B9, étroitement impliquée dans l'hématopoïèse avec la B12). Chez 11 patients sous N<sub>2</sub>O pendant 24h, ils obtiennent que l'injection de 30 mg d'acide folique avant l'anesthésie, en renouvelant l'opération 12 heures plus tard, empêche l'apparition de l'insuffisance médullaire chez 4 patients sur les 5 soumis à ce protocole.

### **2.8.4. Effets neurologiques**

En 1978, Layzer<sup>15</sup> publie dans le Lancet l'observation de 15 cas, qui consommaient de manière récréative et abusive du protoxyde d'azote. Les symptômes neurologiques rapportés étaient : des troubles sensoriels, des pertes de force, pertes d'équilibre, des troubles sphinctériens. L'examen clinique de ces patients objectivait alors une polyneuropathie sensitivomotrice et un signe de Lhermitte évoquant un syndrome cordonal postérieur et un syndrome pyramidal. Les électroneuromyogrammes montraient une atteinte axonale diffuse,

et les imageries, une dégénérescence de la moelle épinière (sclérose combinée). Parmi ces patients, 7 avaient également développé des troubles psychiques. Cette toxicité n'a été observée que pour des inhalations massives et répétées dans le temps.

Parallèlement ces patients ne présentaient pas d'anomalie de leurs lignées sanguines. Cette observation a également été faite dans plusieurs études s'intéressant aux symptômes neurologiques des carences en vitamine B12, l'importance des syndromes neurologique et hématologique apparaissant n'avoir aucune corrélation<sup>16</sup>.

En 2004, Doran<sup>17</sup> rapportait également le cas d'un jeune homme de 21 ans qui recevait quasi-quotidiennement du MEOPA pour des soins en lien avec de nombreuses chirurgies dans le cadre d'une maladie de Crohn. Il avait développé en quelques semaines une sclérose combinée de la moelle le conduisant à une tétraplégie. Il est évident que ce jeune homme devait déjà avoir une carence en vitamine B12 dans le cadre de sa pathologie (malabsorption sur intestins courts et pathologiques) qui a été majorée par l'utilisation du protoxyde d'azote.

A l'heure actuelle le mécanisme physiopathologique associant la vitamine B12 et la moelle épinière est mal connue. La B12 doit intervenir dans la croissance des oligodendrocytes et donc dans la fabrication de la gaine de myéline. Globalement, les symptômes neurologiques régressent de façon inversement proportionnelle à la durée d'installation, mais la guérison implique l'administration de fortes doses de B12.

Les descriptions de la littérature permettent de se rassurer quant à la toxicité hématologique et neurologique pour le personnel administrant le gaz. Même si les limites sont difficiles à établir, il semble qu'il faille des taux cumulés très élevés et très répétés.

### **2.8.5. Effets sur la reproduction**

En France, selon l'INRS, le protoxyde d'azote doit être considéré comme étant potentiellement responsable d'atteinte de la fertilité féminine et d'avortements spontanés au premier trimestre de grossesse. La fiche DEMETER signale toutefois que ceci est discuté selon les études.

Chez l'animal, plus particulièrement chez le rat, l'exposition à des doses de 500 ppm, 8h par jour, 5 jour par semaine pendant 35 jours conduit à une perturbation du cycle des femelles réduisant de moitié le nombre de portées observées<sup>18</sup>. Avec 5000 ppm, 6 heures par jour, 5

jours par semaine, pendant 30 jours il a été observé une baisse significative de la taille des portées et la naissance de rats de plus petite taille<sup>19</sup>. Pour de très fortes concentrations (500 000 ppm 8 heures par jour) il était même noté des malformations fœtales.

Chez l'homme, la littérature a du mal à trancher, probablement en raison d'études anciennes explorant des conditions de travail très différentes de celles d'aujourd'hui, qui comportent peut être des erreurs de méthodologie, et dont les paramètres sont parfois imprécis. De nombreuses études s'intéressent à la pollution par les gaz anesthésiants au sens large sans que l'on puisse dire desquels il s'agit et quelle est la place du protoxyde d'azote. Ainsi la méta-analyse de Tannenbaum<sup>20</sup> en 1985 se penchant sur la pollution par les gaz anesthésiants et les fausses couches ou les malformations ne retient pas de lien, alors que celle de Boivin<sup>21</sup> en 1997 conclut à un risque accru de fausses couches. Selon Tannenbaum les erreurs méthodologiques, le caractère rétrospectif des études, l'absence de mesurages et le faible taux de réponse aux différents questionnaires sont la cause de cette absence de conclusion.

Par le choix de sa population d'étude, Rowland et son équipe<sup>22</sup> en 1987 réalisent un travail précis et de qualité. Ils s'intéressent aux assistantes dentaires (qui ont un rythme de travail physiologique), les interrogeant via un questionnaire sur leur fertilité et leur exposition antérieure au protoxyde d'azote (sans interférence liée à la présence d'autres gaz). Pour mesurer la fertilité, les auteurs utilisent les méthodes validées lors d'études sur la contraception : le nombre de cycles nécessaires à l'apparition d'une grossesse en présence de rapports sexuels non protégés. Ils s'adressent à 7000 assistantes dentaires de Californie et finissent par en retenir 459 qui vont être classées en 5 groupes d'exposition : non exposées au N<sub>2</sub>O (qui deviennent des témoins), exposées faiblement avec un système d'aspiration, exposées fortement avec un système d'aspiration, exposées faiblement sans système d'aspiration, exposées fortement (plus de 5h par semaine) sans système d'aspiration. Après un ajustement sur l'âge, le tabagisme, la présence d'une contraception orale antérieure, les antécédents gynécologiques, il apparaît une baisse des chances de conception de 6% à chaque cycle pour 1 heure d'exposition par semaine en absence de système aspiration des gaz. Pour plus de 5 heures de travail avec le gaz sans aspiration la fertilité baisse de 60% (ratio de fécondabilité de 0,41, p= 0,003). En présence d'une aspiration, plus aucune différence n'est constatée. Cette étude a par ailleurs surement sous-estimé le risque en éliminant les femmes qui restaient infertiles au-delà de 13 mois sans contraception et qui avaient peut être une

infertilité liée au gaz. 11% des femmes interrogées pensaient que le protoxyde pouvait avoir un effet sur les grossesses : elles ont été éliminées de l'analyse.

Plus tard ces mêmes auteurs rapportaient sur cette cohorte une majoration du risque d'avortements spontanés<sup>23</sup> pour une exposition supérieure à trois heures par semaine en l'absence d'extracteurs de gaz.

Utilisant le même critère de fertilité, l'équipe d'Ahlborg<sup>24</sup> en 1996 a également réalisé une étude rétrospective, interrogeant plus de 3000 sages-femmes. L'étude révèle un taux de conception au premier cycle sans contraception de 42,8 % chez les sages-femmes déclarant ne jamais avoir utilisé de protoxyde d'azote qui chute à 14,6% dès lors qu'elles déclarent l'avoir utilisé plus de 30 fois par mois. Cette étude est cependant critiquable de par l'hétérogénéité de sa population et du nombre de critères observés. Peut-on réellement comparer des sages-femmes seniors travaillant en libéral sans protoxyde d'azote car sans accouchement à de plus jeunes qui travaillent de nuit ou en poste et enchainent les accouchements, qu'ils soient sous protoxyde ou non ? Il semble impossible de dissocier l'effet direct du gaz, des effets d'un travail stressant, physique, selon un rythme de travail non physiologique. Cette même population a fait l'objet d'autres publications qui ne permettaient pas de retenir un lien entre exposition au protoxyde d'azote et fausses couches spontanées<sup>25</sup> mais montraient une réduction du poids de naissance des bébés dont les mères avaient été exposées au N<sub>2</sub>O (en moyenne 77 grammes)<sup>26</sup>.

Toutes ces études ont bien sûr pour inconvénients d'être rétrospectives et de ne disposer d'aucunes données métrologiques. La législation dans certains états américains a conduit à l'installation de systèmes d'extraction des gaz et l'exposition est nécessairement différente qu'il y a 20 ans. En l'absence de données sur les taux de protoxyde d'azote inspiré, deux études ne peuvent pas être comparées. Enfin, notre expérience nous a permis d'observer que les soignants ont énormément de mal à estimer leur fréquence d'utilisation du gaz sur le mois écoulé, et on peut s'interroger sur les réponses données à des estimations sur plusieurs années.

Chaque pays a donc tenté de tirer ses conclusions, ainsi le Canada retient une absence de relation cohérente, tandis que les Pays-Bas choisissent eux de classer le protoxyde d'azote dans les « substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine » (catégorie 3) et

« préoccupantes pour l'homme eu égard à des effets toxiques possibles sur le développement ». L'Allemagne et la Suisse refusent une prise de position définitive en l'absence de données fiables. Les experts français incitent à maîtriser les niveaux d'exposition, concluant à un « effet nocif probable » des gaz anesthésiants au sens large.

## **2.9. CONSEQUENCES EN MEDECINE DU TRAVAIL ET RECOMMANDATIONS**

### **2.9.1. Réglementation relative aux stupéfiants**

Selon l'arrêté du 21 décembre 2001, les médicaments à base de protoxyde d'azote sont soumis au second alinéa de l'article R.5132-80 relatif aux stupéfiants.

Tout vol ou détournement doit être signalé sans délai aux autorités de police, à l'Agence Régionale de Santé (ARS) à l'attention du pharmacien inspecteur et à l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM). Toutefois, les règles de détention des stupéfiants ne leur sont pas applicables.

### **2.9.2. Contexte général**

En France, la distribution des gaz à usage médical est encadrée par la circulaire du 10 octobre 1985 inspirée des recommandations de la Commission Nationale d'Anesthésiologie. Cette dernière stipule que : « *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 et à moins de 2 ppm pour les halogénés.* »

Cette circulaire a également rendu obligatoire une commission locale de distribution des gaz à usage médical. Aujourd'hui, c'est souvent la commission médicale d'établissement (CME), par le biais d'une sous-commission, qui est consultée idéalement dès la conception des locaux pour évaluer les risques encourus en lien avec l'installation.

Une exposition toxique par inhalation peut être envisagée sous deux angles. Une exposition aiguë souvent responsable d'effets locaux (irritation respiratoire par exemple) ou

une exposition chronique avec effets systémiques. Pour certaines substances ont été définies des valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) qui fixent un seuil à ne pas dépasser. Ce seuil peut être indicatif ou réglementaire et donc contraignant. Il peut être lui-même envisagé sur deux durées : on parle de valeur limite court terme (VLCT) pour une exposition courte pondérée sur 15 minutes ou de valeur moyenne d'exposition (VME) pour une exposition longue, avec une pondération sur 8 heures par jour, 40 heures par semaine. Cette VME correspond au terme TWA « time weighted average » retrouvé dans la littérature anglophone.

Le texte français est flou et ne stipule pas qu'il s'agit d'une VME. Etant donné la valeur, qui est très basse (25 ppm), et le type d'exposition, qui est chronique, on peut supposer qu'il s'agit ici d'une VME. C'est ce que les auteurs français retiennent.

Dans les autres pays, les recommandations sont plus clairement décrites. Chez nos voisins allemands, on recommande une concentration maximale pondérée sur 8h/jour, 40h/semaine de 80 ppm, sans dépasser les 160 ppm pendant 30 minutes 4 fois/jour. Aux Etats-Unis, on retrouve deux préconisations : 25 ppm pendant la phase d'administration selon le NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) et 50 ppm en pondéré et 150 pendant 30 minutes de pic selon l'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists). En Suède, il est recommandé de ne pas dépasser les 100 ppm sur les 40h/ semaine.

En péri-conceptionnel, et durant la grossesse, la Société Française de Médecine du Travail<sup>27</sup> recommande de manière générale pour une exposition à des produits chimiques de fixer un seuil 1/10 VLEP (soit ici 2,5 ppm). L'INRS recommande pour le protoxyde d'azote, 1/100 NOAEL (dose sans effet toxique observable) soit 10 ppm, en se basant sur l'étude de Viera (décrite plus haut).

### **2.9.3. La contamination des blocs opératoires par le protoxyde d'azote : une histoire ancienne**

Les études sur le personnel des blocs opératoires sont nombreuses et nous ne reviendrons pas dessus. La législation a imposé des normes de sécurité. Ainsi, les prises SEGA (Systèmes d'Evacuation des Gaz Anesthésiques) sont présentes dans tous les lieux d'anesthésie. Ces prises, dont plusieurs modèles sont disponibles, génèrent une dépression par effet venturi grâce à un branchement sur le réseau d'air. L'évacuation des gaz se fait par une canalisation

dédiée, à l'extérieur du bâtiment, sans recyclage de l'air. Le débit standard est de 40 à 50 L/min. La réglementation applicable aujourd'hui est la norme NF EN 737-2<sup>28</sup>. Ces prises sont directement reliées au respirateur qui extrait tout le gaz expiré en circuit fermé. La pollution des blocs n'est plus d'actualité et leur ventilation générale est par ailleurs très élevée, de 10 à 15 volumes/heure.

#### **2.9.4. Point sur la réglementation en ville<sup>29</sup>**

Si aux Etats-Unis l'utilisation du MEOPA au cours des soins dentaires apparaît comme une pratique courante, le phénomène ne s'est pas généralisé en France où les dentistes se heurtent à plusieurs obstacles.

- Une formation universitaire inégale parfois lourde allant de « l'attestation d'études universitaires en sédation consciente » aux « diplômes universitaires et inter-universitaires ».
- La nécessité de respecter le cahier des charges du Conseil de l'Ordre des dentistes qui outre la formation en sédation par MEOPA, exige également une attestation de formation aux soins d'urgences AFGSU de niveau 2 datant de moins de 5ans.
- Des obligations juridiques : information du patient, recueil d'un consentement, fiche de suivi opératoire dans le dossier médical (dose, durée, incident...)
- La nécessité, en tant qu'employeur (de son assistante le cas échéant), de fournir un document unique identifiant ce risque, d'établir des fiches d'exposition de ses employés et de tout mettre en œuvre pour réduire les niveaux d'exposition ce qui implique l'installation de systèmes d'extraction des gaz onéreux.
- Le coût important du geste : une quarantaine d'euros pour 10 minutes d'utilisation (consommation du gaz, location de la bouteille, livraison...)
- L'absence d'aide financière des caisses d'assurance maladie.

Aux Etats-Unis, les études réalisées chez les dentistes puis les assistantes dentaires ont permis de mettre en place des systèmes d'extraction du gaz équivalents aux prises SEGA, mais avec des débits d'aspirations adaptés. L'efficacité des systèmes d'aspiration a été démontrée par des mesurages en cabinets dentaires. L'équipe de Kugel<sup>30</sup> a effectué des mesurages répétés grâce à un spectromètre infrarouge portatif, de la zone d'inspiration (au niveau des

voies aériennes du dentiste), et d'une zone en retrait au pied de la chaise au cours et après un acte dentaire. Ceci en présence ou non d'extracteurs de gaz. Dans une pièce fermée, en l'absence d'aspiration, les valeurs moyennes s'échelonnaient de 227 à 1350 ppm en zone d'inspiration, et de 241 à 557 en zone plus éloignée, alors qu'en présence de cette aspiration les chiffres étaient compris entre 102 et 239 dans la première zone, et de 98 et 213 dans la seconde zone. En l'absence d'aspiration, les taux supérieurs à 2000 ppm étaient fréquents.

#### **2.9.5. Un nouveau mode d'utilisation qui pose question : l'analgésie en consultation, en hospitalisation, en salle d'accouchement.**

Cette activité « d'analgésie », et non « d'anesthésie » doit-elle échapper à la législation imposée par la circulaire de 1985 ? Le risque pour les soignants n'est-il pas le même ? Ces nouvelles pratiques devenues fréquentes ces dix dernières années, imposent une réflexion face à un personnel soignant qui a banalisé ce médicament qu'il semble juger parfaitement inoffensif. Aucune décision ne semble avoir été prise, mais les questionnements des médecins du travail à travers la France sont récurrents. C'est tout l'objet de notre travail. Le risque existe-il ?

Les problématiques sont en lien avec une utilisation du MEOPA dans des lieux inadaptés. Plusieurs freins pour une adaptation des locaux :

- Les utilisations « nomades » qui font que de très nombreuses pièces sont utilisées à travers les services
- L'impossibilité de relier le tuyau d'extraction des gaz expirés sur une prise SEGA dont le débit est tellement important qu'il provoquerait une dépression dans le masque de l'enfant
- La difficulté a posteriori de revoir les systèmes de ventilation d'un établissement.

### **3. L'ETUDE SUR L'HOPITAL FEMME-MERE-ENFANT**

#### **3.1. ORIGINES ET OBJECTIFS**

L'idée du médecin du travail de se pencher sur le sujet a été inspirée par des plaintes récurrentes émanant du personnel (médical ou paramédical) de l'hôpital pédiatrique de Lyon : Hôpital Femme Mère Enfant (HFME). Un médecin pédiatre rapportait à l'occasion d'une consultation, une intolérance croissante au gaz utilisé dans son service d'explorations fonctionnelles neurologiques, de manière quasi continue pendant la journée. Cette remarque relançait une question que le médecin s'était déjà posé dans le précédent hôpital : les locaux sont-ils adaptés à l'utilisation du MEOPA ? En effet, avant la construction de l'HFME, les services de pédiatries lyonnais étaient répartis sur plusieurs sites, et notamment sur le plutôt vétuste Hôpital Edouard Herriot. Cet hôpital avait été le siège de mesurages d'air ambiant afin d'observer les taux de protoxyde d'azote en 2008. Les résultats, très élevés, avaient été signalés dans l'espoir que ce nouveau type d'exposition professionnelle soit pris en compte à la conception des locaux de l'HFME. La présence d'une plainte dans ce nouvel établissement relançait donc le débat.

Le médecin a donc organisé la réalisation de mesurages d'air dans les services qui faisaient l'objet de plaintes :

- L'unité d'explorations fonctionnelles de neurologie (EFN).
- Les consultations de stomatologie et d'orthopédie.
- L'hôpital de jour de néphrologie et la dialyse.

Le rapport de Monsieur Robert Cadot, pharmacien-biologiste, présentant les mesurages atmosphériques des mois de septembre et octobre 2010 apportent les conclusions suivantes :

- En salle de consultation d'orthopédie, une exposition moyenne de 108 ppm a été mesurée durant 43 minutes au cours de 2 gestes successifs, soit un taux pondéré de 10 ppm sur la journée. L'exposition des aides-soignantes a été calculée, sur la base de 10 patients par semaine, à 11 ppm en pondéré sur une journée et à 10 ppm en pondéré sur la semaine. Ces valeurs sont probablement sous-estimées en raison de l'absence

de mesurages très séquentiels, mais restent toutefois en dessous des seuils recommandés.

- En salle de stomatologie, une exposition moyenne de 296 ppm a été mesurée pendant 72 minutes, soit un taux pondéré de 51 ppm sur la journée. La pondération sur la base de 3 à 4 patients par aide-soignante par semaine, permet un calcul de 20 à 30 ppm sur la semaine. La limite supérieure est donc tout juste atteinte.
- En salle d'explorations fonctionnelles neurologiques, particulièrement dans la salle réservée aux électroneuromyogrammes (EMG), 2 journées de mesurages ont été réalisées. Il a été noté des expositions discontinues variant de 517 à 2911 ppm durant des périodes de 26 à 45 minutes, les 2000 ppm étant franchis à plusieurs occasions. En pondéré, sur la base de 4 patients par semaine par soignant, les taux varient de 120 à 190 ppm sur la journée, et de 50 à 80 ppm sur la semaine soit 2 à 3 fois la valeur réglementaire.

Ce rapport permet de conclure à l'exposition certaine du personnel soignant à l'EMG et d'affirmer que la salle n'est absolument pas adaptée à cette pratique. Le taux de renouvellement d'air de cette pièce de 1,1 volume/heure est clairement insuffisant.

En mai 2012 des mesurages ont été tentés sur l'hôpital de jour de néphrologie et le service de dialyse. Un taux supérieur à 14 000 ppm a été enregistré durant 3 minutes lors du premier geste en hôpital de jour. Ce résultat suspect est peut-être lié à une erreur majeure de manipulation de la bouteille. La suite de l'analyse, montrant évidemment des chiffres élevés (100 ppm en pondéré sur la journée) est à relativiser. Coté dialyse, les gestes sous MEOPA étant survenus au même moment, l'équipe n'a pas pu intervenir pour effectuer les mesures. Ici aussi, le taux de renouvellement d'air paraît insuffisant à 1 volume/heure.

Les rapports de ces journées de mesurages révélaient de très nettes surexpositions dans ce nouvel hôpital, mais il semblait que des mesurages ponctuels d'air ambiant ne pouvaient pas être suffisants pour comprendre réellement l'exposition de l'ensemble du personnel soignant à travers les services. Aussi un travail plus vaste a été entrepris.

Nous avons pour objectifs d'une part l'évaluation globale du risque par la recherche du dépassement ou non du seuil réglementaire et d'autre part d'étudier la possibilité d'une corrélation entre le taux de protoxyde d'azote inspiré sur une journée, et le taux de protoxyde

dans l'air expiré en fin de poste. Cette dernière hypothèse, si elle s'avérait exacte, pourrait permettre la surveillance simple du personnel par un indicateur biométrologique.

## **3.2. MATERIEL ET METHODE**

### **3.3.1. Choix des services, étude de poste**

L'HFME est un hôpital dédié à un pôle de pédiatrie (200 lits) et à un pôle de gynéco-obstétrique et néonatalogie (177 lits). On y compte plus de 1000 soignants médicaux et paramédicaux dont 80% de femmes. Le nombre de services rendait irréalisable, et sûrement non pertinente, une observation de chacun d'entre eux.

Initialement, nous avons décidé de contacter les cadres infirmiers de chacun des services, dans le but de leur présenter notre projet et de connaître leur ressenti vis-à-vis de l'utilisation du gaz dans leur service. Leurs réponses étaient peu précises, aussi un passage dans les salles de soin devenait nécessaire pour interroger les principales intéressées. Les réponses étaient toujours très discordantes mais il nous est rapidement apparu que peu de services utilisaient quotidiennement le MEOPA et que des journées d'observations et de mesures hasardeuses pouvaient être infructueuses. Il nous a donc semblé logique, afin d'effectuer un tri, de prendre contact avec la pharmacie de l'hôpital qui effectue les commandes et distribue le gaz pour identifier les plus gros consommateurs :

- Les urgences pédiatriques : 3350 L/an
- Le service de chirurgie pédiatrique urologique et viscérale : 750 L/an
- Le service d'hospitalisation conventionnelle de pneumologie et gastro-entérologie pédiatrique : 655 L/an
- L'hôpital de jour de pneumologie et gastro-entérologie pédiatrique : 480 L/an
- Le service d'endocrinologie : 270/an
- L'hôpital de jour de néphrologie pédiatrique 365 L/an et l'unité de dialyse : 230 L/an

Ce sont donc ces services qui ont retenu notre attention pour réaliser une étude de poste devant nous permettre d'orienter dans un second temps nos dosages et de mieux les interpréter. Très intéressés dès le début par les services d'hospitalisation conventionnelle

(absents de la littérature et généralisant l'utilisation du MEOPA), nous avons choisi d'y ajouter le service d'hospitalisation conventionnelle de neurologie, néphrologie et rhumatologie malgré une faible consommation (65 L/an).

Dès le mois de janvier 2013, l'interne de médecine du travail appartenant à l'équipe s'est donc rendue sur le site, pour observer sur le temps d'un poste de travail le mode d'utilisation du MEOPA. De manière plus précise il s'agissait de noter :

- Le nombre d'actes réalisés sous MEOPA sur une journée,
- Le type d'acte,
- Le personnel impliqué dans la réalisation,
- Le lieu choisi : la salle de « prélèvement », une chambre, autre...
- Le temps d'administration du gaz et le temps de présence dans la pièce,
- Les mesures prises par le personnel pour réduire leur exposition : ouverture de la porte et/ou de la fenêtre, position du tuyau évacuateur, choix du masque, modalité d'ouverture de la bouteille,
- Les gestes pouvant conduire à une majoration de la contamination de l'air,
- Le ressenti des soignants vis-à-vis de ces soins.

### **3.3.2. Métrologie : du terrain au laboratoire**

#### **3.3.2.1. Choix du matériel**

Afin de prélever et analyser le protoxyde d'azote dans l'air ambiant plusieurs méthodes sont envisageables :

- L'air ambiant peut être directement analysé sur site par un spectromètre infrarouge portable (à long trajet optique) classique ou photoacoustique.
- Un prélèvement d'air peut être recueilli dans un sac d'échantillonnage au moyen d'une pompe, puis analysé au laboratoire, par le spectromètre infrarouge ou par un chromatographe en phase gazeuse.
- Un prélèvement d'air passif sur badge peut être réalisé avec analyse par chromatographie en phase gazeuse après désorption thermique.

Les données de métrologie rapportées dans la littérature sont rarement séquentielles et ne font pas coexister des mesures d'ambiance et au niveau de l'opérateur. Or, c'est bien cette exposition aiguë des soignants pendant les gestes que nous souhaitons caractériser. Nous avons donc choisi le recueil dans des sacs d'échantillonnage et une analyse secondaire au laboratoire par un chromatographe en phase gazeuse avec détecteur à décharge ionisante pulsée disponible au laboratoire de toxicologie professionnelle et environnementale. Cette méthode permet de séquencer les prélèvements ambiants et individuels.

Le spectromètre infrarouge dont nous disposons est une machine lourde, encombrante, sans autonomie électrique qui paraissait très peu adaptée sur cette problématique. Le badge est plutôt utilisé en surveillance du personnel sur l'ensemble d'un poste. Le séquençage est possible mais les coûts sont importants et ces analyses auraient dues être externalisées avec de longs délais pour l'obtention des résultats.

Nous avons en notre possession le matériel de prélèvement suivant :

- Des pompes portatives Gilian autorégulées avec des débits variant de 10 à 200 mL/min selon les durées de prélèvement.
- Des sacs en tedlar (sacs d'échantillonnage de liquide ou de gaz) de capacité volumique différente de 1 à 10L.

Tous les sacs échantillonnés, une fois acheminés au laboratoire, étaient analysés dans les 24h. En effet, au-delà de cette durée, l'étanchéité des sacs est moins performante.

### **3.3.2.2. Prélèvements d'air individuel : air « inspiré »**

Notre équipe, composée de deux personnes, s'est rendue sur le terrain toujours après avoir prévenu le service visé. A notre arrivée, nous avertissions l'ensemble du personnel soignant, après nous être présentés, du fait que tout geste effectué sous MEOPA pendant la journée devait être fait en notre présence et allait faire l'objet de mesures d'air.

A chaque fois qu'une équipe allait réaliser une administration de gaz, nous équipions chacun des membres d'une pompe à débit rapide. Nous essayions de rester de purs observateurs et d'avoir le moins d'impact possible sur le déroulement du geste : ne pas toucher les portes et les fenêtres, attendre la fin du soin pour interroger les soignants sur la réalisation de leurs gestes afin de ne pas modifier leurs habitudes. Généralement, deux

personnes étaient équipées (une infirmière et une auxiliaire puéricultrice ou une élève) et nous nous placions derrière elles pour brancher le ballon sur la pompe dès l'ouverture de la bouteille de MEOPA. La pompe, placée à la ceinture des soignants était reliée à un petit tuyau accroché sur l'épaule qui permettait le captage de l'air au plus près des voies aériennes supérieures. Le recueil de l'air de la pièce dans le ballon se poursuivait jusqu'au moment où le soignant quittait la pièce et donc l'atmosphère contaminée. A ce moment-là, dans les services qui le permettaient, nous équipions le personnel d'une seconde pompe à débit plus lent dite « pompe longue durée », destinée à capter l'air jusqu'au prochain geste sous MEOPA ou éventuellement jusqu'à la fin du poste. Ce dernier recueil était rendu difficile dans les services à forte activité type « urgences ».

Ainsi nous avons pour objectif de recueillir des concentrations de gaz dans l'air inspiré pendant le geste et, par le biais des pompes longue durée d'analyser l'exposition intercurrente aux alentours du geste notamment par le retour du personnel dans les pièces précédemment contaminées. Tout comme pendant la phase d'étude de poste, nous notions avec précision les temps d'administration du gaz et, travail un peu plus fastidieux, nous notions les déplacements des soignants exposés dans le service afin d'identifier le temps total passé dans une pièce riche en protoxyde d'azote sur l'ensemble du poste de travail.

### **3.3.2.3. Prélèvements d'air ambiant**

Afin d'estimer la décroissance de la concentration de gaz dans les différentes pièces, qu'elles soient ouvertes ou non entre les gestes contaminants, nous réalisons régulièrement des recueils d'air ambiant. Ces mesurages avaient surtout pour objectifs de servir lors des calculs d'exposition pondérée sur 8 heures lorsque nous n'avions pas utilisé de pompes individuelles de longue durée pour les mesures d'intervalle.

#### **3.3.2.4. Calcul des taux pondérés sur 8h**

Les résultats des mesurages d'air sont présentés au fil du parcours du soignant dans sa journée de travail.

Les résultats des airs inspirés présentés en gras dans les tableaux sont des taux sur des courtes durées pendant les délivrances de MEOPA. Ils ont été mesurés entre le début de l'exposition du soignant par ouverture de la bouteille de gaz et la fin c'est-à-dire la sortie de la pièce.

Les mesures d'ambiance sont effectuées elles, sur des durées d'environ 5 minutes.

Si le soignant a été porteur d'une pompe longue durée, ceci est indiqué sous le tableau.

Pour le calcul, chaque taux de N<sub>2</sub>O inspiré (que la pompe soit portée par un soignant ou qu'il s'agisse d'une mesure d'ambiance) est multiplié par le temps de présence en ambiance contaminée en minutes et divisée par 480 pour déterminer l'impact sur 8 heures (480 minutes).

Pour des gestes survenus dans des pièces indemnes d'exposition antérieure, la durée est calculée avec l'heure d'ouverture de la bouteille de gaz (colonne « temps de MEOPA ») et l'heure de sortie de la pièce (déductible dans la colonne « temps de présence »). Pour les gestes ayant lieu dans une pièce antérieurement contaminée, la durée d'exposition commence dès l'entrée dans la pièce et correspond donc à la durée rapportée dans la colonne « temps de présence dans la pièce » indiquée dans le tableau.

Le taux offert par le port d'une pompe longue durée est rapporté à la durée totale de port de cette pompe. Les taux, infimes mais non nuls, permettent de témoigner de minimes expositions non mentionnées dans le suivi du soignant.

Le calcul de la pondération sur 8 heures de poste correspond au cumul de toutes ces expositions.

Pour exemple sur le tableau 3, suivi de l'infirmière Bou :

Elle entre dans la chambre à 9h32, ouvre le gaz à 9h35 et ressort de la pièce 10 minutes plus tard. Ce geste est responsable d'une exposition pondérée sur 8h de  $279 \times 10 / 480 = 5,8$  ppm. Elle porte par ailleurs une pompe longue durée qui enregistre pendant 195 minutes, 8,2 ppm responsable d'une exposition pondérée sur 8h de  $8,2 \times 195 / 480 = 3,3$  ppm. Au total elle reçoit donc une exposition de 9,1 ppm sur son poste.

*Les taux de protoxyde d'azote inspiré pondérés sur 8 h de poste seront comparés à la VME recommandée en France : 25 ppm ainsi qu'au seuil de 10 ppm recommandé par l'INRS pendant la grossesse.*

*Les taux sur des courtes durées, en l'absence de recommandations françaises, seront comparés au seuil de 200 ppm. L'INRS suggère en l'absence de VLCT de ne pas dépasser 5 fois la VME sur 15 minutes soit 125 ppm ce qui est très bas. Si l'on observe les VLCT des autres pays (Allemagne et Etats-Unis), celles-ci sont de 160 et 150 ppm mais sur des durées plus longues, de 30 minutes. Il nous paraît raisonnable de fixer le seuil à 200 ppm.*

### **3.3.3. Biométrie**

Outre les mesures d'air inspiré, nous avons pour objectif l'étude de la concentration de protoxyde d'azote dans l'air expiré du personnel. Nous imaginions en effet qu'il serait possible d'établir une corrélation entre l'exposition au cours de la journée et la concentration dans l'air expiré plus particulièrement l'air expiré en fin de poste. Si tel était le cas, nous disposerions d'un indicateur d'exposition qui pourrait permettre d'identifier le personnel fortement exposé de manière simple et répétée dans le temps. L'analyse des résultats antérieurs, en dialyse, aux EFN et en stomatologie avait permis d'établir une corrélation entre les taux expirés en fin de poste et les taux respirés sur la dernière heure, (exprimés sur échelle log/log), mais avec un effectif réduit ( $R^2=0,926$ ,  $n=9$ ).

Du fait de l'absence de publication internationale sur la cinétique d'élimination du protoxyde d'azote, notamment lors d'expositions discontinues, nous avons choisi de recueillir l'air expiré une heure après tout geste exposant et parfois toutes les heures après le geste. De manière systématique nous recueillions l'air expiré en fin de poste. Pour se faire, nous placions le soignant visé dans une pièce à atmosphère libre de toute contamination et l'invitions à souffler dans un ballon de recueil après avoir soigneusement expliquer la manœuvre. En effet, il fallait que les sujets nous fournissent leur volume de réserve expiratoire (air en fin d'expiration) et donc commencent à souffler à la fin d'une expiration lente sans reprendre leur souffle. Tout comme lors d'épreuves fonctionnelles respiratoires, nous encourageons les participants pour obtenir l'expiration maximale. Ces sacs faisaient l'objet de la même analyse que ceux pour l'air inspiré ou ambiant.

Le recueil standardisé, que nous pensions pouvoir réaliser, à intervalle régulier après les gestes, s'est révélé impossible. L'activité du service ne nous permettait que rarement d'isoler les soignants au moment opportun. De plus les nouvelles expositions, remettaient régulièrement les compteurs à zéro, complexifiant l'analyse.

Nous n'avons pas envisagé de recueils des échantillons d'urine car, au vu de la littérature, les temps d'exposition n'étaient pas assez longs. Par ailleurs, ces examens auraient nécessité l'accord du CCPPRB (Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale) s'agissant de prélèvements biologiques.

### **3.3.4. Questionnaires**

Afin d'identifier la perception que les soignants ont de leur utilisation du gaz et des effets possibles de ce dernier, un questionnaire a été élaboré (cf. annexe 1). Nous souhaitons :

- connaître le personnel : service, fonction, ancienneté, âge, rythme de travail,
- inciter les agents à estimer leur fréquence d'utilisation du gaz (ce qui apparaissait toujours très difficile lors de nos visites),
- savoir si une formation à l'utilisation du gaz avait été reçue et connaître son ancienneté,
- identifier les symptômes rythmés par le travail (recueillis dans la littérature et au cours des consultations en service de santé au travail) : fourmillements des extrémités, vertiges, céphalées, ralentissement psychomoteur, asthénie, perte de mémoire, troubles de concentration, irritabilité, nausée, somnolence ou autres,
- interroger, au vu de la littérature, le personnel féminin sur d'éventuelles fausses couches spontanées, retard à la conception, retard de croissance intra-utérin.

Ce questionnaire a été distribué à l'ensemble de l'équipe infirmière et auxiliaire puéricultrice des services sus-cités par l'intermédiaire des cadres de santé après qu'elles nous aient déclaré leur effectif soignant. Au verso des questionnaires étaient expliquées l'origine de cette étude et les grandes étapes (cf. annexe 2).

Craignant une certaine réticence des soignantes à répondre à des questions intimes comme celles concernant leurs grossesses éventuelles, nous avons choisi de rendre anonyme le

questionnaire et d'y ajouter une enveloppe pour que le pli fermé soit directement adressé au service de santé au travail dans la plus grande confidentialité.

La première distribution s'est donc faite selon la répartition suivante.

Tableau 2 : Nombre de questionnaires distribués par service

Rez-de jardin : urgences	47
Rez-de-chaussée : consultations	46
1 <sup>er</sup> étage : chirurgie urologique et viscérale	28
3 <sup>ème</sup> étage : hôpital conventionnel pneumologie-gastroentérologie	40
3 <sup>ème</sup> étage : hôpital de jour pneumologie et gastro-entérologie	13
4 <sup>ème</sup> étage : endocrinologie	31
5 <sup>ème</sup> étage : hôpital conventionnel neurologie-néphrologie-rhumatologie et dialyse	36
5 <sup>ème</sup> étage : explorations fonctionnelles neurologiques	26

Au total 267 questionnaires ont été distribués en mai 2013. Six mois plus tard, n'ayant réussi à récupérer que 52% de réponses, nous avons réalisé une relance (cf. annexe 3). Un courrier a été rédigé invitant le personnel qui n'avait pas répondu à le faire. Nous sommes repassés dans l'ensemble des services pour déposer de nouveaux exemplaires. S'adressant aux cadres des services, les questionnaires n'ont finalement atteint que la population infirmières/auxiliaires, et le corps médical (des externes aux médecins en passant par les internes, très exposé aux urgences) n'a pas été interrogé par cette partie de l'étude.

Au dépouillement, le questionnaire a révélé ses imperfections et son analyse a nécessité quelques adaptations et déductions.

Le formulaire ne demandait pas de mention du sexe, ainsi nous ne pouvons que tenter des déductions en lien avec les dernières questions sur la procréation. Nous avons considéré que le personnel répondant à ces questions était forcément de sexe féminin. Trois personnes nous ont signalé être de sexe masculin mais pour ceux qui avaient barré ou laissé la zone vide nous considérons qu'il s'agit de données manquantes.

La question sur l'ancienneté nous dévoile également la problématique de la récente construction de l'HFME. Le personnel, s'il avait vécu ce déménagement a indiqué cette date comme date d'arrivée dans le service. Toutefois certains soignants ont choisi de nous préciser

en commentaire libre des années de pratique en pédiatrie dans un service équivalent. Souhaitons-nous savoir l'ancienneté dans ce service, en pédiatrie, ou bien l'ancienneté de l'exposition au gaz ?

Concernant le nombre d'utilisations de MEOPA par semaine, les réponses étaient trop hétérogènes, parfois qualitatives (« variable », « exceptionnel », « souvent ») parfois quantitatives sous forme d'un seul chiffre ou d'un intervalle parfois vaste (« 1 à 2 », « 10 à 35 »...). Nous avons ainsi obtenu 50 types de réponses et 13 points d'interrogation. L'analyse étant impossible dans ce contexte nous avons choisi de créer 4 groupes d'exposition déclarée :

- exposition « nulle » si réponse 0
- exposition « faible » pour les réponses chiffrées allant de 1 à 5 exclu et les termes « rare » et « exceptionnel »
- exposition « modérée » pour les réponses chiffrées allant de 5 à 10 exclu et le terme « tous les jours »
- exposition « forte » pour les résultats chiffrés supérieurs à 10.

Les points d'interrogations resteront dans les données manquantes.

Concernant l'identification des services, toutes les personnes ayant répondu « consultation » ont été regroupées dans un même service. Toutefois nous savons bien qu'il s'agit d'activités et d'expositions différentes entre des consultations de stomatologie ou une consultation en étage comme celles d'endocrinologie ou de pneumologie (qui ont reçu le questionnaire sans être véritablement destinataires). Au vu des effectifs et en l'absence d'étude de poste pour tous ces secteurs, nous savons bien que nous pourrions aller moins loin dans l'analyse pour ce groupe. Nous avons également fait un regroupement pour les réponses EEG (électroencéphalogramme) et EFN (explorations fonctionnelles neurologiques). Le service d'EFN, regroupe une zone d'hospitalisation dont l'exposition se rapproche de celle d'un hôpital conventionnel où l'on fait les EEG sur 24h, et une partie laboratoire où sont réalisés en journées les EMG (électroneuromyogrammes). C'est la partie EMG qui a fait l'objet d'une précédente métrologie. Il semble qu'une partie du personnel tourne sur les deux secteurs et que les auxiliaires puéricultrices sont plutôt fixes côté EEG. Leurs réponses n'étant pas suffisamment détaillées, nous avons constitué le groupe EFN/EEG. L'hôpital de jour de néphrologie et la dialyse ont également été rassemblés car il s'agit d'une équipe commune.

Enfin, nous avons pu constater que nous avons formulé la question sur les symptômes de manière peu précise : en lien avec « le travail » et non avec l'utilisation du gaz. Nous avons fait le choix de pousser l'analyse sur les symptômes les plus fréquents et surtout les plus potentiellement en lien avec le protoxyde d'azote (symptômes décrits du côté des patients).

La première étape, descriptive, permettant de caractériser la population interrogée et de comparer les différents groupes constitués a été réalisée par le biais d'un test Chi-2.

Les symptômes pertinents ont fait l'objet d'une analyse univariée puis multivariée. Des modèles de régression log-binomial ont été établis afin d'estimer les facteurs de risque (risque relatif) associés respectivement aux symptômes sélectionnés, le seuil de significativité des résultats étant  $p < 0.05$ . Le logiciel SAS version 9.3 a été utilisé pour cette analyse.

Les effectifs étant faibles, les tests n'ont pas toujours pu être appliqués, et quand ce fut le cas, les résultats significatifs étaient rares.

### **3.3. RESULTATS**

#### **3.4.1. Etude de poste : des locaux à la pratique des soignants**

##### **3.4.1.1. *Service de chirurgie urologique et viscérale***

Il s'agit une unité d'hospitalisation en post chirurgie urologique et viscérale qui s'approvisionne essentiellement en bouteilles de 5L. Ceci laisse présager une utilisation « nomade » du gaz à travers le service, les bouteilles de 15L étant peu mobilisables.

Le service, que nous nommerons « chirurgie uro-viscérale » par la suite, situé au 1<sup>er</sup> étage, est composé de 18 chambres spacieuses d'environ 22m<sup>2</sup>, dont les fenêtres ne s'ouvrent pas. On y trouve une salle de « prélèvements et pansements » de 16,5 m<sup>2</sup> avec un taux de renouvellement d'air de 1 volume/heure. Cette salle est une grande pièce, ouverte en permanence en dehors des soins et possède des fenêtres dont l'ouverture est possible. Elle est le lieu de stockage des bouteilles de MEOPA. Les taux de renouvellement d'air des chambres sont aux alentours de 1 volume/heure également.

L'équipe de soignants du matin est présente de 6h30 à 14h30, l'équipe d'après-midi de 13h30 à 21h30, l'équipe de nuit assurant le temps restant. Les soignants se positionnent en binôme infirmière puéricultrice- auxiliaire puéricultrice sur 4 secteurs définis.

L'activité du service est centrée sur la réfection des pansements, généralement en matinée. Le personnel se sent plus exposé les mercredis et vendredis qui correspondent aux jours de pansements en post chirurgie d'hypospade (malposition du méat urétral) réalisée les lundis et mercredis. Ces pansements périnéaux, longs (une trentaine de minutes) et particulièrement douloureux pour les enfants sont souvent réalisés sous MEOPA.

Le service a fait l'objet d'une première journée de simple observation de 7h à 12h durant laquelle 4 soins ont été réalisés avec MEOPA.

Le premier geste fut effectué en chambre. Il s'agissait de l'ablation d'un drain abdominal et d'une réfection de pansement sur un enfant de 8 ans. La pièce était fermée. Le tuyau d'évacuation du gaz étant long, l'auxiliaire puéricultrice a choisi de le placer dans la salle de bain dont la porte est restée entrouverte. Le masque était maintenu par l'auxiliaire dont le visage était à moins de 30 cm. Il n'y avait pas de fuite à l'apposition du masque, celui-ci étant adapté à l'enfant, mais pendant le soin, l'auxiliaire qui communiquait fréquemment avec son patient a soulevé le masque à plusieurs reprises pour pouvoir l'entendre, générant des fuites. L'administration a duré 12 minutes, à un débit de 6L/min et la sortie de la chambre a eu lieu dans la minute qui suivit l'arrêt.

Le deuxième geste a eu lieu également en chambre et impliquait le même binôme soignant pour un pansement abdominal autour d'un cystocath chez un enfant de 6 ans. Comme précédemment la porte de la chambre était fermée et le tuyau d'évacuation placé dans la salle de bain. Le masque était tenu par l'auxiliaire et le gaz fut administré pendant 17 minutes à 9L/min. La sortie de la chambre se fit 7 minutes plus tard. Ce premier binôme auxiliaire puéricultrice-infirmière n'a pas effectué d'autres administrations de MEOPA sur ce poste, elles ne sont repassées dans les chambres que quelques minutes vers midi.

Dans les suites, un second binôme a réalisé deux gestes. Le premier concernait l'ablation d'un redon abdominal chez un enfant de 4 ans, dans une chambre dans des conditions identiques à l'équipe précédente, pendant 10 minutes à un débit 9L/min et la sortie de la pièce s'effectuait 3 minutes plus tard.

Pour le 4<sup>ème</sup> geste de la journée, cette même 2<sup>ème</sup> équipe a choisi la salle de prélèvement. L'enfant était âgé de 18 mois. Il s'agissait de la réfection d'un pansement périnéal en post chirurgie d'hypospade. L'enfant semblait insensible au gaz et se débattait violemment. Le masque était maintenu avec force par une élève infirmière que l'on sentait très en difficulté

face à la situation. Les fuites ont été très nombreuses. Le gaz a donc été arrêté au bout de 7 minutes, et la fin du pansement s'est faite avec la présence apaisante de la maman et d'un doudou sans aucun pleur. Les soignantes ont passé au total 30 minutes dans cette pièce à l'atmosphère « contaminée ». Le début du geste douloureux est intervenu moins de 3 minutes après le début de l'administration du gaz, alors même que l'enfant se débattait contre le masque.

Lorsqu'on interroge les soignantes sur le choix de la pièce, elles répondent que la salle de prélèvement et pansement sera utilisée si l'enfant est suffisamment petit pour être porté. Un enfant plus grand nécessitera d'être déplacé en fauteuil roulant, ce qui rallonge la durée du soin.

Nous avons donc choisi de venir réaliser les mesurages des mercredis.

La première journée, sur l'équivalent du poste du matin (7h30- 15h) nous avons assisté à la réalisation de deux gestes sous MEOPA. Les deux ablations de drains ont été effectuées dans les chambres. Les durées d'inhalation étaient de 5 et 6 minutes et les soignants sont restés de 13 à 23 minutes dans les pièces. Les chambres étaient systématiquement fermées pendant les soins et, cette fois ci, les soignantes ont décidé de placer le tuyau évacuateur dans le couloir. Les deux gestes ont impliqué deux binômes différents qui n'ont eu aucune autre exposition durant leur poste. L'équipe nous a déclaré qu'il s'agissait d'une journée anormalement calme.

La deuxième journée, pour notre deuxième séance de mesurages, le chirurgien réalisant la fameuse chirurgie d'hypospade était en vacances et l'activité du service était considérablement réduite. Nous avons observé la réalisation d'un seul geste sous MEOPA : l'ablation d'une sonde en salle de prélèvement qui a duré 20 minutes, avec 8 minutes de gaz. Sur le reste de leur poste, les deux soignantes impliquées sont revenues dans la salle contaminée moins d'une heure en cumulée.

#### **3.4.1.2. Service des urgences pédiatriques**

Le service est découpé en plusieurs secteurs : les « consultations non programmées », les « urgences vraies », « l'unité de soins continus » et « l'unité d'hospitalisation de courte

durée (UHCD)». L'administration du gaz est exceptionnelle sur le secteur des consultations non programmées alors qu'elle est quotidienne sur les urgences vraies.

Nous avons choisi de ne pas nous rendre dans l'unité de soins continus car nous savons que notre présence peut être gênante dans certaines situations, et nous avons laissé de côté l'UHCD.

Le secteur des urgences vraies, que nous appellerons simplement « urgences » par la suite, est composé de plusieurs box dont certains sont dédiés à la réalisation de petits gestes chirurgicaux (sutures), d'autres à la confection des plâtres. En face de la banque d'accueil se trouve une salle dite de « prélèvements ». Les fenêtres des box, dont la surface est comprise entre 12 et 14 m<sup>2</sup>, sont condamnées. Les portes sont entrouvertes en l'absence de patients, ce qui est une situation plutôt rare sur certains créneaux horaires. Tous les box sont équipés d'une bouteille de MEOPA placée à la tête de la table de consultation.

Les 4 box dans lesquels ont été réalisés des mesurages atmosphériques ont des taux de renouvellement d'air compris entre 1,70 et 1,77 volume/heure.

Le personnel soignant (infirmière puéricultrice et auxiliaire) travaille en poste de 12 heures, alternance jour-nuit, avec une relève à 7h30 et à 19h30 et effectue des rotations sur les différents secteurs.

Les gestes sous MEOPA sont variés allant de la ponction veineuse à la réduction de fracture, en passant par les sutures.

Il n'a pas été réalisé d'analyse préliminaire de la situation aux urgences car il apparaissait évident que nous pourrions observer des gestes à toute heure. Après discussion avec le personnel, nous avons convenu d'effectuer nos mesurages et de suivre les équipes au cours de l'après-midi jusque dans la soirée, préférentiellement des mercredis.

Sur la première journée, de 13h à 20 h nous avons assisté à la réalisation de 6 gestes sous MEOPA. Il s'agissait de ponctions veineuses dans 2 cas, de sutures dans 2 cas, de la réalisation d'un pansement et de la confection d'un plâtre. Les enfants concernés avaient de 4 à 14 ans (moyenne de 8 ans) et se sont vus administrer le gaz pendant 4 à 12 minutes (moyenne 8,5 minutes). Les débits étaient initialement de 9L/min que les soignants ont modifiés très rapidement pour trois enfants : réduction à 6L/min pour deux fillettes de 4 et 7 ans, augmentation à 12 L/min pour une fille de 12 ans. Les gestes ont été effectués dans 4 box

différents. Les pièces étaient entièrement fermées pour 5 gestes sur les 6. Les tuyaux d'évacuation des gaz expirés, enroulés au sol, étaient aux pieds des soignants. Le 6<sup>ème</sup> soin était effectué porte légèrement entrouverte, pour laisser passer le tuyau évacuateur dans le couloir.

Lors de la deuxième journée, nous avons également assisté à 6 gestes sous MEOPA, sur une même plage horaire : 2 sutures, 2 ponctions veineuses, 2 pansements pour un doigt, dans 3 salles différentes toutes complètement fermées pendant les soins. Les enfants avaient entre 3 et 15 ans (moyenne de 7 ans) et l'administration s'est effectuée sur des durées allant de seulement 2 minutes à 10 minutes (moyenne de 5,5 minutes). Les débits initialement à 9L/min ont été augmentés à 12 pour deux enfants de 11 et 15 ans, et réduits à 6 pour deux petits garçons de 3 et 3 ans et demi. Lors de cette deuxième journée, des soignants ont également réalisé un 7<sup>ème</sup> geste sous MEOPA mais le médecin, qui n'était pas au courant de notre étude ne nous a pas prévenus. Le soin semble avoir duré environ 25 minutes et n'a pas interféré sur nos mesures, survenant en fin de poste.

Nous avons constaté, avec des soignants différents, des sources de contaminations majeures des pièces.

A l'ouverture de la bouteille de gaz, même si les soignants nous indiquent qu'ils doivent plaquer le masque sur un plan dur (le brancard, leur main, leur cuisse...) jusqu'à ce que le ballon se gonfle, nous observons que le masque diffuse très librement du gaz pendant 10 à 15 secondes, parfois très à proximité des voies aériennes supérieures de l'administrateur avant son application sur le visage du patient. Ici aussi, les soignants lèvent régulièrement le masque pour entendre leur patient pendant le soin.

Aux urgences, il n'est pas rare que les soignants doivent tourner autour du brancard pendant le soin : difficulté pour trouver une veine, réalisation de plusieurs pansements, plusieurs sutures et finalement les positionnements ne sont pas ceux du début. Nous avons pu observer des soignants qui, loin de la bouteille ou les mains prises par leur matériel, posaient le masque sur le lit, stoppant très secondairement la délivrance du gaz. Pour l'une des situations observée, la diffusion dans la pièce se fit librement pendant 1 minute et 30 secondes.

Dans ce service, on note également un manque fréquent de personnel empêchant la réalisation de geste à deux. Notamment, les externes ont des difficultés à trouver de l'aide et

réalisent souvent leurs sutures seuls. Ils n'ont reçu aucune formation sur le MEOPA et font régulièrement appel à l'aide des parents. Ces derniers ont souvent du mal à relâcher leur regard du geste du soignant et ne s'appliquent que peu pour limiter les fuites au niveau du masque.

Il fut intéressant de noter qu'il peut y avoir des différences importantes entre le temps d'administration du MEOPA et le temps de présence du personnel soignant en ambiance contaminée. Les durées de présence autour des soins avec gaz étaient comprises entre 8 et 20 minutes pour la première journée et entre 9 et 15 minutes pour la seconde. Par ailleurs, il ne faut pas négliger dans l'analyse, le retour des soignants dans des pièces précédemment contaminées pour la réalisation de soins sans MEOPA. La première journée, 6 autres gestes ont été réalisés avec des temps de présence dans les pièces pouvant aller jusqu'à 43 minutes (moyenne 27 minutes), et la seconde journée, 4 autres gestes ont également été réalisés dont l'un a nécessité 50 minutes de présence (moyenne 25 minutes).

#### **3.4.1.3. Service d'hospitalisation de jour de pneumologie et gastro-entérologie**

Le service, que nous appellerons « HDJ pneumo-gastro » par la suite, se trouve au 3<sup>ème</sup> étage et est composé de 10 chambres et de deux salles de « prélèvement » d'environ 19 m<sup>2</sup> chacune. Elles possèdent toutes les deux des fenêtres dont l'ouverture est possible. Les taux de renouvellement d'air de ces deux pièces sont de 0,94 et 1,15 volume/heure.

L'équipe dite du matin commence à 7h30 et finit à 14h30 (c'est elle qui réalisera la majorité des gestes), l'équipe de la journée arrivant à 9h00 pour finir à 17h. 4 infirmières sont présentes sur la journée avec 3 à 4 auxiliaires. Le personnel à temps plein est présent du lundi au vendredi.

Il s'agit d'un service recevant des enfants pour des traitements intraveineux à la journée ou des bilans. A leur arrivée, les enfants sont accueillis dans l'une des salles de « prélèvement » de chaque côté du couloir de pneumo ou de gastro. Ils y sont pesés et mesurés et, le plus souvent, il leur est posé une voie veineuse périphérique pour la réalisation du bilan biologique et l'administration des médicaments. S'il doit y avoir une administration de MEOPA, elle n'aura lieu que dans ces deux salles, et en aucun cas dans l'une des chambres qui accueillera les enfants pour le reste de la journée.

Le service a fait l'objet d'une première journée d'observation : sur la douzaine d'enfants accueillis ce jour-là, seulement 2 ont eu besoin du MEOPA.

Le premier geste a eu lieu en salle de prélèvement « pneumo ». Il s'agissait de la pose d'une voie veineuse périphérique chez un garçon de 15 ans. L'infirmière fut présente dans la pièce pendant 10 minutes et l'administration du MEOPA fut réalisée par une élève infirmière pendant seulement 2 minutes à 9L/min. Malgré la possibilité d'ouverture de la fenêtre, elle est restée fermée. L'équipe jugeait qu'il faisait trop froid pour les patients. Le tuyau d'évacuation était trop court pour rejoindre la porte ; il est resté dans la pièce, enroulé sous les pieds de l'élève qui maintenait le masque.

Le second geste fut effectué par le même binôme, dans la même salle. Il s'agissait d'une pose de voie veineuse chez une fille de 12 ans. L'infirmière fut présente pendant 13 minutes et l'administration du gaz se fit pendant seulement 3 minutes.

Lors de la première journée de mesurage, nous avons enregistré 4 gestes sous MEOPA dans la salle de prélèvement « gastro ». Il s'agissait toujours de ponctions veineuses. Les durées d'administration du gaz étaient de 2 à 17 minutes (moyenne de 8,25 minutes) pour des temps de présence dans la pièce de 16 minutes en moyenne. La particularité de ce service réside dans le fait que les pièces de prélèvement sont le principal lieu de travail des soignants. On note d'ailleurs sur ce poste 5 autres soins effectués dans cette pièce, et pour l'une des infirmières (MC) un cumul de 114 minutes de présence dans la pièce contaminée dont 31 minutes de soins sous MEOPA sur l'ensemble de son poste.

Pour la deuxième journée, nous avons assisté à 5 soins sous MEOPA. Un seul fut réalisé dans la salle de prélèvement « pneumo », avec 13 minutes d'inhalation pour une pose de voie veineuse. Les 4 autres gestes ont été effectués dans la salle « gastro », et 3 d'entre eux impliquaient la même infirmière que dans la salle « pneumo ». Il s'agissait toujours de ponctions veineuses, plus ou moins pose de voie veineuse chez des enfants âgés de 8 à 16 ans (moyenne à 12,8 ans) et les durées d'inhalation allaient de 1 minute à 13 minutes (4 durées en dessous de 4 minutes). La pièce de « gastro » était systématiquement fermée, celle de « pneumo » avait la fenêtre entrouverte. Comme pour la première observation nous pouvons constater que l'une des infirmières (MB) passe un total de 121 minutes en ambiance contaminée sur l'ensemble de son poste avec 20 minutes seulement de MEOPA « actif ».

Ce service attire l'attention par rapport aux autres du fait de son organisation. Les infirmières sont présentes 5 jours sur 7, en journée, et leur probabilité d'avoir un ou plusieurs gestes exposants par jour, est plus importante qu'ailleurs. Ici, tous les soins sont effectués dans deux salles uniquement, que les gestes soient sous MEOPA ou non ce qui conduit à des temps de présence totaux dans des ambiances contaminées élevé sur la journée. Les patients sont des « habitués » qui réclament souvent le gaz. Les durées d'administration poussent à s'interroger sur la réelle nécessité du gaz ou du moins sur la balance du bénéfice et du risque, puisque l'on sait que c'est à l'ouverture et à la fermeture que l'air ambiant est le plus contaminé. Ici aussi, on lève régulièrement le masque au cours du geste pour écouter l'enfant, et l'ouverture de la bouteille est fréquemment l'occasion d'une libre diffusion du gaz pendant quelques secondes.

#### **3.4.1.4. Service d'hospitalisation conventionnelle de pneumologie et gastroentérologie**

Le service, que nous appellerons « HC pneumo-gastro » par la suite, est situé au 3<sup>ème</sup> étage juste en face de l'HDJ pneumo-gastro. Il comprend 16 chambres, de 18 à 20 m<sup>2</sup> et une petite salle de prélèvement borgne en plein centre du service (11m<sup>2</sup>) dont le taux de renouvellement d'air est de 1 volume/heure. Le service est découpé en 4 secteurs sur lesquels se répartissent 4 binômes infirmière-auxiliaire, en poste de 6h30 à 14h30, 13h30-21h30 ou de nuit.

Le service a fait l'objet d'une première journée d'observation un lundi de 7h à 10h.

Le 1<sup>er</sup> geste observé fut réalisé par le binôme du secteur 2 qui a choisi la salle de prélèvement. Il s'agissait d'une ponction veineuse sur une enfant de 3 ans. Le tuyau d'évacuation est dans ce service trop court pour rejoindre la porte. Il est donc laissé dans la pièce à proximité de la porte qui est fermée. Le masque était maintenu par une élève infirmière qui se tenait très près de l'enfant (15-20cm). Le geste était difficile ce qui a conduit à un premier arrêt du gaz au bout de 9 minutes pour que l'infirmière aille chercher une collègue en renfort. Un nouvel essai a eu lieu 3 minutes plus tard. Il y aura donc eu au total 23 minutes de gaz avec de nombreuses fuites liées à l'ouverture répétée de la bouteille, et 28 minutes de présence dans la salle.

Plus tard, ce fut au tour du binôme du secteur 1 de réaliser une prise de sang. Il s'agissait d'une jeune fille de 16 ans, qui préférait rester en chambre. La fenêtre de cette chambre peut être entrouverte ce qui permet d'y placer le tuyau d'évacuation. Cette situation fut une surprise pour les soignants eux-mêmes, qui semblent avoir cette fois été influencés par notre présence. Le tuyau du service est, même en chambre, trop court pour rejoindre la porte, et on comprend donc que lorsque la fenêtre ne peut pas être ouverte, il reste dans la pièce. Le masque était maintenu par la patiente elle-même, mais l'auxiliaire est resté à une quarantaine de centimètres du masque. L'administration a duré 7 minutes pour une présence totale dans la chambre de 10 minutes.

Pour nos mesurages nous avons entrepris plusieurs visites dans le service, et à plusieurs reprises nous avons dû renoncer car dès 7h l'équipe était en mesure de nous dire qu'elle n'effectuerait aucun geste sous MEOPA. Ceci nous permet donc de dire que l'utilisation est ici pluri-hebdomadaire mais en aucun cas quotidienne. L'utilisation du gaz est ici également nomade, les soignants se rendant fréquemment directement dans les chambres.

Nous n'avons effectué qu'un seul mesurage qui concernait une ponction veineuse dans la salle de prélèvement, sur une petite fille de 4 ans. La fillette était très agitée, et le geste a nécessité de multiples ouverture-fermeture de bouteille pendant les 3 premières minutes, avant d'enfin obtenir le calme pendant 4 minutes. Les fuites en lien avec l'envie de l'équipe d'utiliser à tout prix le gaz ont donc été majeures.

#### **3.4.1.5. Service d'hospitalisation conventionnelle d'endocrinologie**

Le service, que nous appellerons « HC endoc » par la suite, est un plus faible consommateur de MEOPA. Le type d'activité qui nécessite le recours au gaz et son mode d'utilisation, nous semble proche de l'hôpital conventionnel de pneumo-gastro.

Le service est situé au 4<sup>ème</sup> étage et possède une salle de prélèvement plutôt spacieuse, ouverte entre les gestes, qui est commune avec la partie hôpital de jour d'endocrinologie, dont le taux de renouvellement d'air est de 0,80 volume/heure. La part d'activité de chacun est difficile à distinguer et les équipes polluent les mêmes zones.

Aucune observation initiale n'a pu être réalisée, mais nous avons pu venir en pointillés au cours d'une journée où nous étions également présents au 3<sup>ème</sup> et au 5<sup>ème</sup> étages. Nous avons réalisé des mesurages autour d'un geste en salle de prélèvement avec 2 min de gaz, 4 minutes de présence. La pièce avait été précédemment contaminée par un geste ayant duré 5 à 10 minutes d'après l'infirmière. Le tuyau était placé à la porte. Le père de l'enfant chargé de l'administration a posé le masque sur le lit plus de 10 secondes en fin de geste.

#### **3.4.1.6. Service d'hospitalisation conventionnelle de neurologie, néphrologie et rhumatologie**

Le service, que nous appellerons « HC neuro-néphro-rhumato » par la suite, regroupe plusieurs spécialités médicales. Il est possible de faire un parallèle avec le service d'hospitalisation pneumo-gastro en termes d'activité, de rythme horaire du personnel et de configuration des locaux, mais la consommation de MEOPA est nettement plus faible.

Situé au 5<sup>ème</sup> étage, il possède également une petite salle de prélèvement borgne de 11m<sup>2</sup> en plein milieu du service. Les taux de renouvellement des pièces sont compris entre 0,69 et 2,01 volumes/heure.

Lors de la journée d'observation initiale du service, il n'y a eu qu'une seule prise de sang sous MEOPA pour toute la matinée. Dans la salle de prélèvement, le tuyau d'évacuation a été placé dans le couloir, laissant la porte de la pièce entrouverte, le masque était maintenu par l'auxiliaire et l'administration du gaz a eu lieu pendant 10 minutes, avec un temps de présence totale dans la salle de 15 minutes.

Nous y avons effectué des mesurages le même jour qu'en hôpital conventionnel pneumo-gastro autour d'un seul geste effectué sur un enfant de 4 ans, dans la salle de prélèvement, ayant duré 6 minutes.

### 3.4.2. Métrologie

#### 3.4.2.1. Service de chirurgie uro-viscérale

Lors de la première journée, nous avons pu suivre au sein du service deux binômes amenés à utiliser le MEOPA, dont le parcours est présenté dans les tableaux suivants.

Les deux gestes ont été réalisés en chambre, fenêtre fermée et porte légèrement entrouverte pour laisser passer le tuyau d'évacuation dans le couloir. Lors de notre observation, nous avons noté que le geste numéro 2 était un geste « bien réalisé ». L'élève lorsqu'elle a ouvert la bouteille, tenait le masque très à proximité du visage de l'enfant et l'a appliqué rapidement. Tout au long du geste, malgré une communication, il n'y a eu que peu de fuites. Il est donc encourageant de constater que les taux de protoxyde d'azote dans l'air inspiré restent peu élevés pendant ce soin.

Tableau 3 : Suivi du personnel de chirurgie uro-viscérale, journée 1-n°1

	Geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	infirmière Bou N2O air inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	auxiliaire Aug N2O air inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Bou / Aug	1) ablation drain cuisse, masque/Aug*	12	chambre 18	9h35: 5 min	9h32:-13 min	279 (10)	767 (10)
Total d'exposition					10 min	pondérée sur 8h: <b>9,1</b>	pondérée sur 8h: <b>19,5</b>

Entre les actes, les deux soignants ont été équipés d'une pompe longue durée à partir de 9h45 pendant 195 minutes. Le calcul de la pondération sur 8h comprend donc 8,2 ppm pour l'infirmière Bou et 8,6ppm pour l'auxiliaire Aug sur cette période.

\*La colonne « geste » nous permet d'obtenir deux informations : le type de geste et l'identité de la personne qui tient le masque

Nous disposons également de deux mesures d'ambiance intéressantes dans cette pièce, l'une à 11h soit une heure et demie après le geste à 151 ppm et une seconde à 13h soit 3 heures et demie après le geste à 4 ppm.

Tableau 4 : Suivi du personnel de chirurgie uro-viscérale, journée 1-n°2

						infirmière Oli	élève Bouh
	Geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Oli/ Bouh	2) ablation drain abdominal, masque/Bouh	<b>9 L/min</b>	chambre 24	10h30: 6 min	10h27: Bouh 15min Oli 23 min	<b>124 (20)</b>	<b>89 (12)</b>
Total d'exposition					Oli 20 min Bouh 12 min	pondérée sur 8h: <b>5,2</b>	pondérée sur 8h: <b>2,2</b>

1h30 après le geste, l'ambiance de deuxième pièce utilisée était toujours à 75 ppm et 3h30 après le geste, le taux était toujours non nul à 24 ppm. On constate donc que les ambiances des pièces mettent du temps, environ 4heures à redevenir nulles.

Lors de la deuxième journée, une seule équipe a eu à utiliser le gaz. Cet unique geste, réalisé cette fois ci dans la salle de prélèvement où l'on avait placé le tuyau évacuateur à la fenêtre entrouverte, était également un geste bien réalisé, sans agitation. Malgré une durée d'administration du gaz un peu plus longue que pour les gestes précédents, les taux atmosphériques sont encore bien inférieurs.

Tableau 5 : Suivi du personnel de chirurgie uro-viscérale, journée 2

						Infirmière Ba	Auxiliaire Ga
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Ga / Ba	1) ablation sonde vésicale	<b>9</b>	salle de prélèvement	10h10: 8 min	10h06: 20 min	<b>70 (16)</b>	<b>71 (16)</b>
Ga / Ba	2) pansement	0	salle de prélèvement		10h32: Ba 28 min Ga 27 min	*	*
Ba/ Ga	travail sur l'ordinateur		salle de prélèvement		11h20: Ba 22 min Ga 2 min		
Total d'exposition					Ba 66 min Ga 45 min	pondérée sur 8h: <b>4</b>	pondérée sur 8h: <b>3,9</b>

*\*Entre les actes, les deux soignants ont été équipés d'une pompe longue durée à partir de 10h27 pendant 88 minutes. Le calcul de la pondération sur 8h intègre donc 9.4 ppm pour l'infirmière Ba et 8.4 ppm pour l'auxiliaire Ga sur cette période.*

Dans cette pièce peu contaminée (20 ppm en ambiance 5 minutes après le geste) et bien aérée, l'ambiance est à 13,6 ppm 30 minutes après la sortie de la pièce, à 6 ppm encore 30 minutes plus tard, et finalement à 2,5 ppm à 14h soit 3h30 après l'ouverture de la pièce.

*En définitive, les taux moyens enregistrés sur des courtes durées dans ce service sur 3 gestes différents étaient de 233 ppm (70 à 767 ppm). Nous avons toutefois pour 4 mesures sur 6 des taux inférieurs à 200 ppm ce qui est extrêmement encourageant pour cette équipe, qui apparaît appliquée dans ces gestes. Pour les 6 personnes suivies, la pondération moyenne sur 8h est de 7,3 ppm (2,2 à 19,5 ppm). Nous pouvons imaginer une pondération sur la semaine de cet ordre de grandeur donc en dessous des 25 ppm recommandés. Les temps de présence totaux en ambiance contaminée sur le poste sont en moyenne de 27 min (10 à 66 min) donc très probablement inférieurs à 5h par semaine. Il est intéressant de noter que tous les gestes ont eu lieu vers 10h, soit plus de 4 heures avant la fin de poste.*

*Néanmoins, il est possible que ces journées d'observation soient peu représentatives de l'activité habituelle du service : nous n'avons pas eu la possibilité d'effectuer de mesurage autour d'un pansement « long ».*

#### **3.4.2.2. Service des urgences pédiatriques**

Lors de la première journée, à notre arrivée aux urgences en début d'après-midi, les soignants présents depuis 7h30 nous ont déclaré n'avoir réalisé aucun geste sous MEOPA. Nous avons été amenés à suivre 3 infirmières, une élève infirmière et un étudiant en médecine. Quatre box différents ont été les lieux d'administration du gaz. Lors de ces gestes, les box sont toujours complètement clos, et le tuyau d'évacuation est placé sous les pieds de l'administrateur. Lors du geste numéro 1, les deux soignantes sont amenées à changer de place au cours du geste si bien qu'à la fin, elles se retrouvent de l'autre côté du lit, incapables d'atteindre la bouteille de MEOPA. L'infirmière laisse le masque, gaz ouvert, sur le lit pendant plus d'une minute et 30 secondes. La mesure d'air inspiré de l'élève qui l'accompagnait (qui terminait son poste) est de 734 ppm. Sur l'ensemble de l'après-midi, il n'y aura finalement eu que 6 gestes sous MEOPA. Il est utile de noter le parcours des agents à travers le service et de constater d'importants temps de présence dans des pièces précédemment « contaminées ».

Les gestes et consultations s'enchaînent très vite dans ce service, et les portes des box se retrouvent très rarement ouvertes. Pourtant, la décroissance des taux atmosphériques est plutôt satisfaisante, et on constate dans la salle de prélèvement que deux heures et demie après l'administration du gaz, le taux est inférieur à 5 ppm.

Nous n'avons rien noté de particulier pouvant expliquer les très fortes valeurs du dernier geste.

Tableau 6 : Suivi du personnel des urgences, journée 1-n°1

						infirmière lz	élève infirmière Sa
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Iz/ autre élève	1) pose VVP, masque/élève	12	salle de prélèvement (première utilisation)	14h17: 10 min	14h16: lz 12 min	<b>680 (11)</b>	
Ch/ Sa / lz	2) prise de sang	0	salle de prélèvement		14h58: lz 13 min Sa 43 min	ambiance 433 (13)	ambiance 433 (43)
Sa / lz	3) lavage dermabrasions	9	salle médico-chirurgicale (première utilisation)	15h13: 8 min	15h10: 15 min	<b>443 (12)</b>	<b>331 (12)</b>
Sa / lz	5) prise de sang	0	salle de prélèvement		17h : 5 min	ambiance 4 (5)	ambiance 4 (5)
Sa / lz	7) prise de sang	0	salle de prélèvement		17h42: 7 min	ambiance <4 (7)	ambiance < 4 (7)
Total d'exposition					Iz 48 min Sa 67 min	pondérée sur 8h: <b>37</b>	pondérée sur 8h: <b>47</b>

Tableau 7 : Suivi du personnel des urgences, journée 1-n°2

	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	infirmière Ch	infirmière Br
						N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Ch / Sa / lz	2) prise de sang	0	salle de prélèvement		14h31: Ch 27 min Sa 43 min	ambiance 433 (27)	
Ch / Br	4) prise de sang	0	salle de prélèvement		16h11 : 10min	ambiance 100 (10)	ambiance 100 (10)
Ch / autre élève	6) prise de sang	0	salle de prélèvement		17h10: 13 min	ambiance 4 (13)	
Ch / Br	8) gouttière plâtrée	0	salle de prélèvement		18h04: 15 min	ambiance <1 (15)	ambiance <1 (15)
Ch / Br	9) prise de sang, masque/Br	<b>9 puis 6 puis 5</b>	salle de prélèvement	18h25: 12 min	18h23: 20 min	<b>557 (20)</b>	<b>615 (20)</b>
Ch / Br	10) plâtre main	<b>6</b>	salle de chirurgie/ plâtre <i>(première utilisation)</i>	18h49: 11 min	18h47: 18 min	<b>1352 (16)</b>	<b>1218 (16)</b>
Total d'exposition					Ch 101 min Br 61 min	pondérée sur 8h: <b>95</b>	pondérée sur 8h: <b>68</b>

Tableau 8 : Suivi du personnel des urgences, journée 1-n°3

	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	externe Bo
						N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Bo	11) suture, masque/autre infirmière	<b>9</b>	salle Bécassine <i>(première utilisation)</i>	18h54 : 7 min	18h53: 11 min	<b>236 (10)</b>
Bo	12) suture plaie crane	<b>9</b>	salle Bécassine	19h14 : 4 min	19h13: 8 min	<b>538 (8)</b>
Total d'exposition					18 min	pondérée sur 8h: <b>14</b>

**Tableau 9 : Suivi du personnel des urgences, journée 2-n°1**

						externe Je	externe Sa
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Je / interne	1) suture	geste avant notre arrivée	salle Bécassine	plus de 30 min	environ 45 min entre 11h et midi	NC	
Sa / Je	2) suture arcade, masque/maman	<b>6</b>	salle Bécassine	13h24: 5 min	13h22: 9 min	<b>577 (9)</b>	<b>208 (9)</b>
Sa	?*	0	salle Bécassine		14h20: 10 min puis 14h35: 10 min		ambiance 13 (20)
Sa / autre	3) suture arcade, masque/autre	<b>6</b>	salle Bécassine	15h00: 10 min	14h58: 15 min		<b>615 (15)</b>
Sa	?*	0	salle Bécassine		entre 16h00 et 16h45 3 passages, total 20 min		ambiance 21 (20)
Je	?*	0	salle Bécassine		entre 16h24 et 17h02 2 passages, total 6 min	ambiance 6 (6)	
Sa	?*	0	salle Bécassine		entre 16h45 et 17h35 3 passages, total 45'		ambiance 5 (45)
Je / interne	8) désinfection doigt, masque/ Je	<b>9</b>	salle Boule et Bill	17h22: 6 min	17h19: 13 min	<b>439 (13)</b>	
Sa	10) désinfection doigt, masque/ patient	<b>6 puis 9 puis 12</b>	salle Bécassine	17h42: 8 min	17h41: 13 min		<b>257 (13)</b>
Total d'exposition					Je 73 min Sa 122 min	pondérée sur 8h: <b>23</b>	pondérée sur 8h: <b>32</b>

*\*Il s'agit très probablement de simples examens cliniques*

Tableau 10 : Suivi du personnel des urgences, journée 2-n°2

						infirmière Iz	Infirmière Ru
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Iz / Ru	4) prise de sang, masque/ tante	9	salle de prélèvement <i>(première utilisation)</i>	15h28: 3 min	15h24: 9 min	<b>854 (5)</b>	<b>232 (5)</b>
Iz / Ru	5) prise de sang	0	salle de prélèvement		15h38: Iz 18 min Ru 14 min	ambiance 65 (18)	ambiance 65 (14)
Be / élève/ Iz	6) pose de VVP	0	salle de prélèvement		16h30: Iz 17 min	ambiance 18 (17)	
interne / Ru	11) suture, observateurs absents	9	salle Boule et Bill	NC	estimation 18h25: 15 min		ambiance 582 (15)
Total d'exposition					Iz 40 min Ru 34 min	pondérée sur 8h: <b>12</b>	pondérée sur 8h: <b>22,5</b>

Tableau 11 : Suivi du personnel des urgences, journée 2-n°3

						Infirmière Be
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	temps MEOPA (min)	temps de présence (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Be / élève/ Iz	6) pose de VVP	0	salle de prélèvement		16h00: Be 50 min	ambiance 18 (50)
Be	7) prise de sang, masque/ enfant	12	salle de prélèvement	17h10: 2 min	17h08: 9 min	<b>271 (9)</b>
Be / élève	9) prise de sang	0	salle de prélèvement		vers 17h30, durée inconnue	ambiance 31
Total d'exposition					plus de 60 min	pondérée sur 8h: <b>7</b>

*En définitive, dans ce service, les taux moyens enregistrés au cours des 13 gestes étaient de 556 ppm (de 208 à 1352 ppm) lors des expositions de courte durée. Aucune valeur n'est donc en dessous des 200 ppm préconisés. Pour les 10 soignants suivis, la pondération moyenne sur 8h est de 35,7 ppm (de 7 à 95 ppm). Pour ce personnel en 2x12 heures, tout aussi exposé la nuit que le jour, la pondération sur la semaine est probablement dépassée. En tout cas sur une journée, on constate qu'elle peut atteindre jusqu'à 4 fois la valeur recommandée. Les temps de présence totaux en ambiance contaminés sur un poste sont en moyenne de 62,4 min (18 à 122 min) donc avoisinant ou dépassant les 5h sur la semaine. La situation dans ce service qui confine une importante activité de soins sous MEOPA dans 4 salles uniquement est préoccupante.*

### **3.4.2.3. Service d'hospitalisation de jour de pneumologie et gastro-entérologie**

La première journée, l'activité a vite démarré à notre arrivée. Nous n'avons pas eu le temps d'équiper les soignantes, aussi nous nous sommes placés juste derrière elles en tenant le tuyau de la pompe à proximité de leurs visages. Le geste avait déjà débuté depuis quelques secondes. L'enfant, une petite fille de 3 ans, était extrêmement agitée. L'élève qui maintenait le masque se tenait très proche de la fillette et les fuites ont été très importantes. On peut constater que les valeurs sont élevées. Par la suite, nous sommes restés dans cette même salle de prélèvement coté « gastro » où l'infirmière revenait très régulièrement. Pendant les différents soins, la porte et la fenêtre ont toujours été fermées. Entre temps, il arrivait que la porte reste entrouverte. Le tuyau évacuateur était placé au sol vers la fenêtre, un peu en retrait des soignants. Le geste numéro 9 avait également attiré notre attention le jour de l'observation. L'auxiliaire chargée de l'administration à l'ouverture du gaz, maintenait le masque en l'air à proximité de son visage, et a tenu cette position pendant une dizaine de secondes, échangeant avec ses collègues sur le déroulement du geste. La valeur de son taux inspiré est effectivement la plus élevée des mesures.

**Tableau 12 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 1-n°1**

	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	infirmière MC	élève IDE LM
						N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
MC / LM	1) prise sang, masque/maman	<b>9</b>	salle prélèvement gastro	7h40: 17 min	jusqu'à 8h: 25 min	<b>1030 (25)</b>	<b>1030 (25)</b>
MC	2) prise de sang	0	salle prélèvement gastro	0	8h07: 7 min	*	
MC / LM	3) prise de sang	0	salle prélèvement gastro	0	8h36: LM 20 min MC 13 min	*	*
MC / autre élève	4) pose de voie, masque/élève	<b>9</b>	salle prélèvement gastro	9h09: 8 min	9h00: 21 min	<b>945 (21)</b>	
MC	5) pose de voie	0	salle prélèvement gastro	0	9h31: 11 min	*	
MC	6) pose de voie	0	salle prélèvement gastro	0	9h53: 18 min	*	
MC	8) prise de sang	0	salle prélèvement gastro	0	13h50: 6 min	ambiance 82 (6)	
MC/ L	9) injection IM, masque/ L	<b>12 puis 9</b>	salle prélèvement gastro	14h11: 6 min	14h07: 12 min	<b>453 (12)</b>	
Total exposition					113 min MC 45 min LM	pondérée sur 8h: <b>160</b>	pondérée sur 8h: <b>79</b>

*Entre les actes, les deux soignants ont été équipés d'une pompe longue durée entre 8 et 9h puis à partir de 9h22 soit 114 minutes. Le calcul de la pondération sur 8h comprend donc 221 ppm pour l'infirmière MC et 106 ppm pour l'élève LM sur cette période.*

**Tableau 13 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 1-n°2**

	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	Auxiliaire L
						N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
MC/ L / autre inf pneumo	9) injection IM , masque/L	<b>12 puis 9</b>	salle prélèvement gastro	14h11: 6 min	14h07: 12 min	<b>1231 (12)</b>
						pondéré sur 8h: <b>31</b>

Tableau 14 : suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 1-n°3

						Infirmière MB	Auxiliaire BP
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
MB / BP	7) prise de sang, masque/AP	<b>12 puis 9</b>	salle prélèvement gastro	13h02: 2 min	13h: 6 min	<b>77 (6)</b>	<b>166 (6)</b>
						pondéré sur 8h: <b>1</b>	pondéré sur 8h: <b>2,1</b>

L'infirmière suivie sur la première journée est à temps plein dans le service. S'agissant d'un hôpital de semaine, elle est présente 5 jours par semaine. En une seule journée, elle a un taux pondéré sur 8 heures de 5 fois la valeur recommandée sur la semaine. La situation est alarmante si on l'imagine sur la semaine. L'élève qui l'accompagnait a également une exposition forte.

La deuxième journée, l'activité s'est essentiellement concentrée de nouveau coté « gastro ». L'infirmière est toutefois intervenue pour un geste dans la salle « pneumo ». De nouveau nous pouvons constater des pondérations sur le poste très élevées en lien avec des gestes très contaminants et des retours répétés dans la salle. L'analyse pour l'auxiliaire

Hu est imparfaite car elle a rejoint ses deux collègues en cours de route pour le geste numéro 6, qui fut un geste très contaminant, sans être équipée d'une pompe. La valeur en fin de poste est donc très nettement sous-évaluée.

**Tableau 15 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 2-n°1**

						infirmière Ba	auxiliaire Pl
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Ba/ Pl	1) prise de sang, masque/ Pl	<b>12 puis 9</b>	salle gastro <i>(première utilisation)</i>	7h44: 2 min	7h37: 10 min	<b>249 (3)</b>	<b>79 (3)</b>
Ba / Hu	2) pose VVP	0	salle gastro		7h54: 11 min	Ambiance 129 (11)	
Ba/ Pl	3) pose VVP, masque/Pl	<b>12 puis 9</b>	salle gastro	8h12: 4 min	8h09: Ba 10 min Pl 11 min	<b>986 (10)</b>	<b>555 (11)</b>
Ba / Pl	4) prise de sang	0	salle gastro		8h22: Ba 10min Pl 8 min	ambiance 409 (10)	ambiance 409 (8)
Ba/ Hu	5) prise de sang	0	salle gastro		8h54: 9 min	ambiance 68 (9)	
Ba / Pl / Hu	6) VVP + injection, masque/ Pl	<b>12</b>	salle pneumo <i>(première utilisation)</i>	9h19: 13 min	9h16: 17 min	<b>395 (14)</b>	<b>1185 (14)</b>
Ba / Pl	7) prise de sang	<b>12</b>	salle gastro	9h53: 1 min	9h45: Ba 12 min Pl 15 min	<b>563 (12)</b>	<b>523 (15)</b>
Pl	8) pesée, mesure...	0	salle gastro		10h11: 8 min		ambiance 62 (8)
Ba / Hu	9) prise de sang	0	salle gastro		10h44: 8 min	ambiance 35 (8)	
Ba / Hu / Fa	11) prise de sang	0	salle gastro		11h17 : Ba 30 min	ambiance 9,7 (30)	
Ba	12) ablation de voie	0	salle gastro		12h15: 5 min	ambiance <2 (5)	
Total exposition					Ba 112 min Pl 59 min	pondérée sur 8h: <b>62</b>	pondérée sur 8h: <b>72</b>

**Tableau 16 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 2-n°2**

						auxiliaire Hu
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Ba/ Hu	2) pose VVP	0	salle gastro		7h54: 11 min	ambiance 129 (11)
Ba/ Hu	5) prise de sang	0	salle gastro		8h54: 9 min	ambiance 68 (9)
Ba / Pl / Hu	6) VVP + injection, masque/ Pl	<b>12</b>	salle pneumo	9h19: 13 min	9h26: Hu 7 min	ambiance 400 (7)
Ba / Hu	9) prise de sang	0	salle gastro		10h44: 8 min	ambiance env. 35 (8)
Ba / Hu / Fa	11) prise de sang	0	salle gastro		11h49: Hu 32 min	ambiance 9,7 (32)
Total d'exposition					67 min	pondérée sur 8h: <b>13</b>

Tableau 17 : Suivi personnel HDJ pneumo-gastro, journée 2-n°3

	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	infirmière Fa N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
autre/ Fa	10) VVP	<b>12 puis 9</b>	salle gastro	11H05: 3 min	10h54: Fa 18 min	<b>1242 (18)</b>
Ba/ Hu/ Fa	11) prise de sang	0	salle gastro		11h43: Fa 4 min	ambiance 9,7 (4)
Total d'exposition					22 min	pondérée sur 8h: <b>47</b>

L'analyse du parcours du dernier soignant nous révèle qu'un seul geste peut s'avérer extrêmement contaminant et provoquer à lui seul un dépassement du seuil pondéré.

*En définitive, les taux moyens enregistrés dans ce service sur 10 gestes étaient de 670 ppm (77 à 1242 ppm) lors d'exposition de courte durée. Seules trois mesures sont au-dessous des 200 ppm recommandés. Les gestes très contaminants aux alentours de 1000 ppm ne sont pas rares. Pour les 9 soignants suivis, la pondération moyenne sur 8h est de 51,9 ppm (1 à 160 ppm) soit 2 fois la valeur recommandée mais jusqu'à 6 fois pour certains soignants. Même si l'on observe que 50% des soignants sont à temps partiel, l'activité en journée du lundi au vendredi est très exposante, et une seule journée peut correspondre pour un soignant à la dose admissible sur la semaine. Les temps de présence totaux en ambiance contaminée sur un poste sont en moyenne de 56 min (6 à 113 min), donc aux alentours de 5 heures par semaine. La situation dans ce service qui confine une importante activité de soins sous MEOPA dans 2 salles est inquiétante.*

#### **3.4.2.4. Service d'hospitalisation de jour de néphrologie**

Pour cette journée, l'activité a démarré dans une chambre. Alors que le premier binôme, infirmière et élève était en train de terminer son soin, une autre infirmière est arrivée dans la chambre utilisant à son tour le gaz pour le patient voisin. Malheureusement, les deux observateurs étant occupés et la soignante réalisant son geste sans nous prévenir, nous ne possédons pas de mesures autour de ce soin. Il est toutefois rapporté car chevauchant le premier geste.

**Tableau 18 : Suivi personnel HDJ néphro n°1**

						infirmière Mi	élève To
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Mi/ To	1) pose de VVP, masque/ enfant+maman	<b>9</b>	chambre 3, coté porte	7h54: 3 min	7h48 : 15 min	<b>129 (9)</b>	<b>280 (9)</b>
autre IDE en présence Mi/ To	2) VVP, masque/ enfant+maman	<b>9</b>	chambre 3, coté fenêtre	8h00: 12 min	autre IDE 7h55: 21 min, M et T sorties à 8h03		
Total d'exposition						pondérée sur 8h: <b>7,9</b>	pondérée sur 8h: <b>14</b>

*Entre les actes, les deux soignants ont été équipés d'une pompe longue durée. Le calcul de la pondération sur 8h comprend donc 14 ppm sur 184 minutes pour l'infirmière Mi et 17 ppm pour l'élève To sur 240 minutes.*

**Tableau 19 : Suivi personnel HDJ néphro n°2**

						infirmière Ra
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence pièce (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Ra	3) prise de sang, masque/enfant	<b>9</b>	salle de prélèvement (première utilisation)	7h55: 3 min	3,5 min	<b>102 (3)</b>
Ra	4) prise de sang, masque/ maman	<b>9</b>	chambre 5 (première utilisation)	8h51: 4 min	8h50: 7 min	<b>165 (6)</b>
Ra	5) prise de sang, masque/ maman	<b>9</b>	chambre 5	9h47: 3 min	9h43: 10 min	<b>656 (10)</b>
Total d'exposition					20 min	pondérée sur 8h: <b>17</b>

*Entre les actes, la soignante a été équipée d'une pompe longue durée à partir de 9h55 pendant 83 minutes. Le calcul de la pondération sur 8h comprend donc 5.1 ppm sur cette période.*

En définitive dans ce service, les taux moyens enregistrés sur 4 gestes étaient de 267 ppm (102 à 656 ppm) lors des expositions courte durée. Trois mesures sur 5 sont au-dessous des 200 ppm recommandés. Pour les 3 soignants suivis, la pondération moyenne sur 8h est de 13 ppm (7,9 à 17 ppm). Les temps de présence totaux en ambiance contaminée sont en moyenne de 13 min sur le poste. La pondération sur la semaine compte tenu de l'activité du service et des horaires de journée des soignants est probablement inférieure à 25 ppm. Malgré son statut d'hôpital de jour, ce service qui se comporte plus comme un service conventionnel, en diluant son activité de soins sous MEOPA dans les chambres, ressemble finalement plus aux hôpitaux conventionnels qu'à l'HDJ de pneumo-gastro.

### 3.4.2.5. Services d'hospitalisation conventionnelle de pneumologie et gastro-entérologie, endocrinologie et neurologie-néphrologie-rhumatologie

Ces trois services ont fait l'objet de mesures groupées sur une journée. Il a été relativement difficile pour l'équipe de cheminer entre les différents étages et donc de ne pas louper de soins et suivre le parcours des soignants.

Tableau 20 : Suivi du personnel de neuro-néphro-rhumato

						infirmière Be	élève infirmière Te
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Be/ Te	1) prise de sang	9	salle de prélèvement	7h25: 6 min	7h24: 11 min	<b>340 (10)</b>	<b>304 (10)</b>
Total d'exposition						pondérée sur 8h: <b>7,1</b>	pondérée sur 8h: <b>6,3</b>

Tableau 21 : Suivi du personnel d'endoc

						infirmière Le	auxiliaire Bo
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Le/ Bo	1) prise de sang avant notre arrivée	avec MEOPA	salle de prélèvement	estimée à 5 à 10 min	sortie 7h44	?	?
Le/ Bo	5) prise de sang, masque/ AP	9	salle de prélèvement	12h14 : 3 min	12h13: 6 min	<b>325 (6)</b>	<b>682 (6)</b>
Total d'exposition						pondérée sur 8h: <b>&gt; 4,1</b>	pondérée sur 8h: <b>&gt;8,5</b>

Tableau 22 : Suivi du personnel de pneumo-gastro

						infirmière Gu	auxiliaire Ha
	geste	débit MEOPA (L/min)	lieu	durée de MEOPA (min)	durée de présence (min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)	N2O inspiré en ppm (durée d'exposition en min)
Gu/ Ha	1) prise de sang, masque/ AP	<b>9</b>	salle de prélèvement	discontinu 3 min, continu 4 min	8h38: 10 min	<b>304 (10)</b>	<b>907 (10)</b>
Total d'exposition						pondérée sur 8h: <b>6,3</b>	pondérée sur 8h: <b>18,9</b>

*Sur ces trois services simultanément, 3 gestes on fait l'objet de mesures. La moyenne des taux est de 477 ppm (304 à 907 ppm) lors des expositions de courte durée ; toutes les mesures étant au-dessus des 200 ppm recommandés. Pour les 6 agents suivis, on constate que les taux pondérés sur 8h, en moyenne 8,5 ppm (4,1 à 18,9), restent bien en dessous des 25ppm. Nous pouvons également rappeler la grande difficulté que nous avons eue à faire des mesurages, signant une exposition nulle pour certains jours qui conduit à tirer vers le bas la pondération sur la semaine. Les temps de présence totaux en ambiance contaminée sont plus difficiles à déterminer dans la mesure où nous n'étions pas constamment avec les soignants mais ils doivent être aux alentours de 10 à 20 minutes par poste. Les gestes sous MEOPA concernent en priorité les soignants sur le poste du matin. L'étude de ces services est donc rassurante si l'on s'intéresse à l'exposition chronique. Il faut toutefois noter qu'ici comme ailleurs, les fuites et les fortes expositions aiguës sont bien présentes.*

### 3.4.2.6. Synthèse des résultats

Tableau 23 : Synthèse des résultats de métrologie atmosphérique de protoxyde d'azote

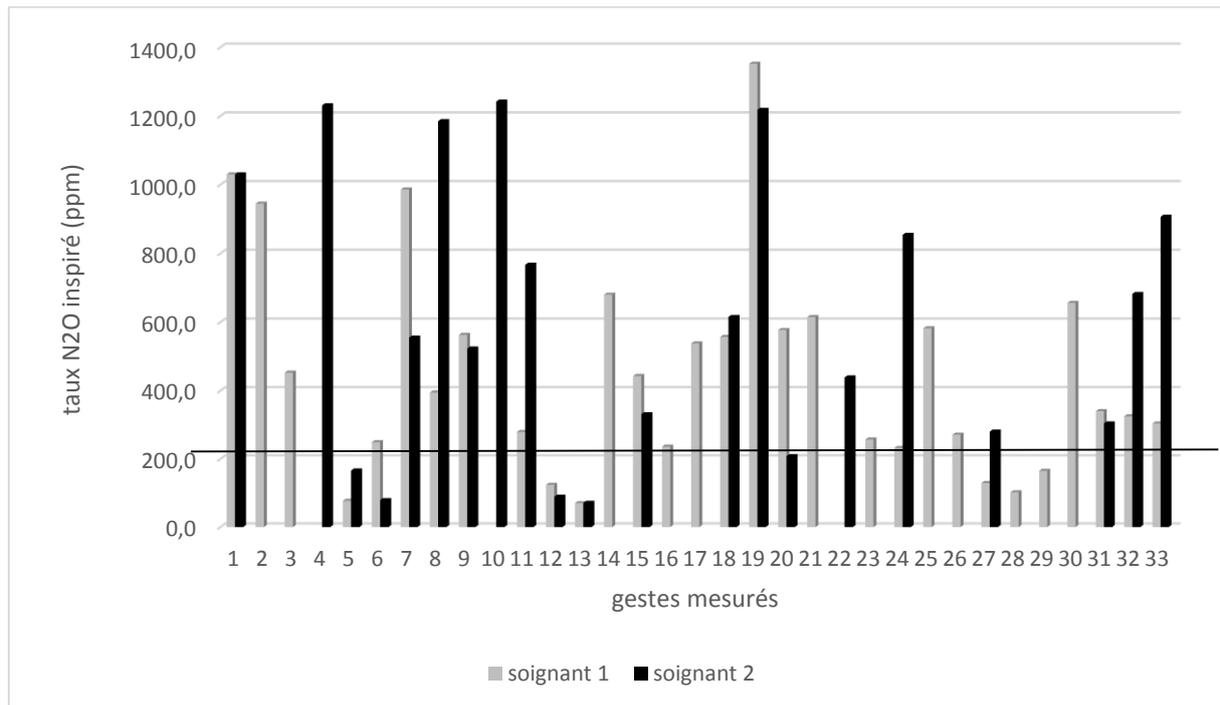
service	nombre de soignants suivis	nombre de gestes observés (nombre de gestes <3 min)	nombre de prélèvements courte durée	taux sur courte durée valeurs extrêmes (ppm)	taux sur courte durée, moyenne (ppm)	durée exposition courte durée, valeurs extrêmes (min)	durée exposition courte durée, moyenne (min)	durée exposition totale*, valeurs extrêmes (min)	durée exposition totale*, moyenne (min)	taux pondérés 8h, valeurs extrêmes (ppm)	taux pondérés 8h, moyenne (ppm)
HDJ pneu mo-gastro	9	10 (4)	16	77 à 1242	670	3 à 25	13	6 à 113	56	1 à 160	<b>51,9</b>
urgences	10	13 (2)	17	208 à 1352	556	8 à 20	12	18 à 122	62	7 à 95	<b>35,7</b>
HDJ néphro	3	4 (3)	5	102 à 656	266	3 à 10	7,5	10 à 20	13	7,9 à 17	<b>13</b>
HC pneumo-gastro	2	1 (0)	2	304 à 907	605	10	10		10	6,3 à 18,9	<b>12,6</b>
HC NNR	2	1 (0)	2	304 à 340	322	10	10		11	6,3 à 7,1	<b>6,7</b>
chirurgie uro-viscérale	6	3 (0)	6	70 à 767	233	10 à 20	14	13 à 70	34	2,2 à 19,5	<b>7,3</b>
HC endocrino	2	1 (1)	2	325 à 682	503	6	6		estimée à 15	4,1 à 8,5	<b>6,3</b>

\*La durée d'exposition totale correspond à la somme des temps de présence dans une pièce contaminée par le protoxyde d'azote sur l'ensemble du poste.

Les données de métrologie atmosphérique pointent du doigt les urgences et l'hôpital de jour de pneumo-gastro où l'on observe les taux sur des courtes durées les plus hauts, les valeurs pondérées sur 8h dépassant les 25 ppm et des durées d'expositions totales sur le poste aux alentours d'une heure.

Si l'on reprend l'ensemble des taux inspirés mesurés, la valeur moyenne en courte durée pour les soignants chargés d'administrer le gaz et donc de tenir le masque est de 608,4 ppm versus 451,1 ppm pour les soignants qui effectuent le geste à proximité. Cependant cette surexposition de l'administrateur n'est pas constante, comme le démontre la figure ci-dessous.

Figure 2 : Taux de protoxyde inspiré sur courte durée selon la position du soignant



Le soignant 1 est celui qui réalise le soin, le soignant 2 est chargé de l'administration du gaz

### 3.4.3. Biométrie

La première lecture grossière des résultats nous a permis de supposer l'absence de corrélation entre le taux expiré et le taux inspiré au dernier geste sous MEOPA. Nous avons même été surpris, chaque fois que nous avons pu réitérer les mesures d'air expiré à intervalle régulier sans nouvelle exposition intercurrente, de constater des augmentations des taux de protoxyde d'azote expiré. Certaines mesures apparaissent inexplicables comme celle de ML élève en HDJ pneumo-gastro qui a un taux à 86 ppm en expiré, près de 7h après le dernier geste contaminant. A posteriori, aucune explication n'a pu être fournie. A contrario on retrouve en endocrinologie des taux indétectables seulement 1h30 après un geste contaminant à plus de 300 ppm.

Les tableaux présentant l'ensemble des mesures obtenues chez chaque soignant sont présentés en annexe 4. La dernière ligne pour chaque soignant correspond à la mesure de fin de poste.

On comprend bien la difficulté de se prononcer sur les taux fin de poste en observant le fonctionnement des services. Pour les services d'hospitalisation conventionnelle, dont fait partie la chirurgie, les gestes sont réalisés en matinée, généralement avant 11h. Ainsi, les

recueils en fin de poste sont très à distance de la dernière exposition. A l'inverse, dans les hôpitaux de jour ou aux urgences, où l'activité est continue sur la journée, le taux expiré en fin de poste peut être mesuré quelques minutes seulement après la dernière exposition.

Nous avons réalisé des analyses statistiques pour tenter de mettre en lien le taux de protoxyde dans l'air expiré, une heure après un geste sous MEOPA et le taux inspiré lors de ce geste. Nous avons également étudié le taux de protoxyde d'azote expiré en fin de poste et le taux de gaz inspiré, pondéré sur l'ensemble du poste.

Figure 3 : Corrélation taux N2O expiré une heure après le geste et N2O inspiré au dernier geste

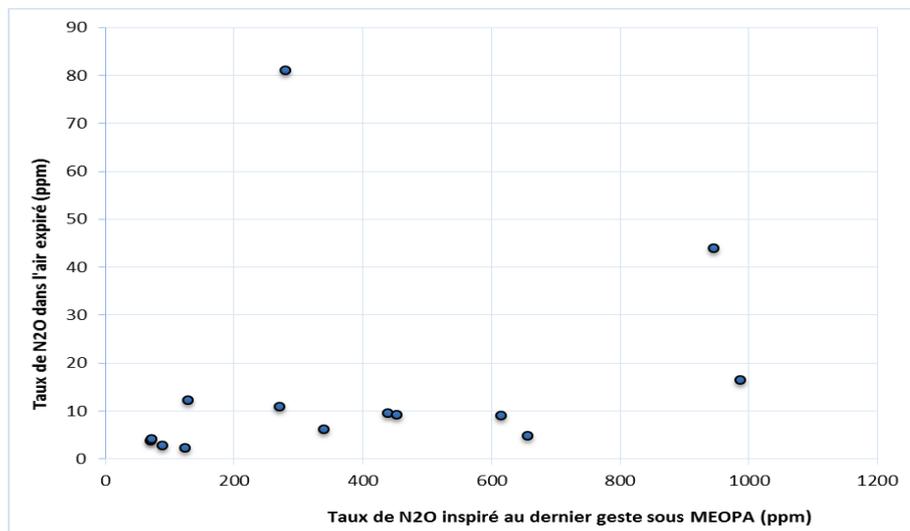


Figure 4 : Corrélation taux N2O expiré une heure après le geste et N2O inspiré au dernier geste, valeurs logarithmiques.

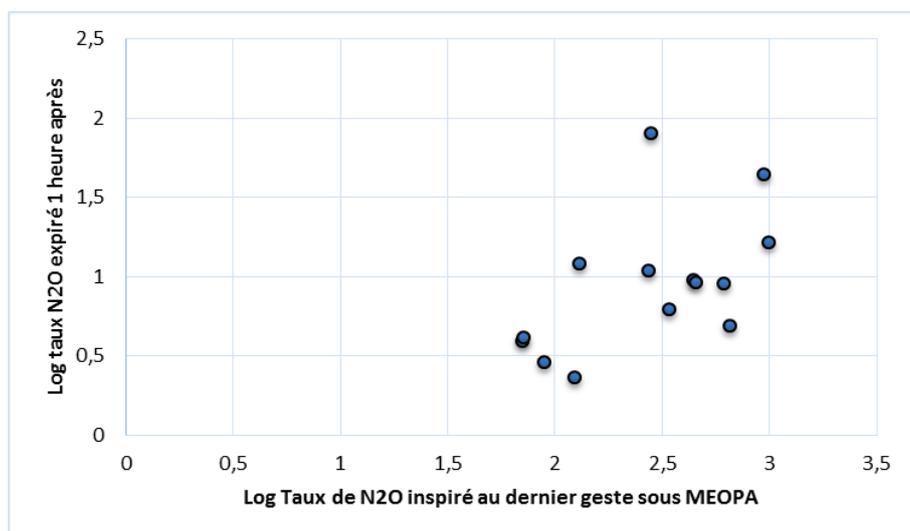


Figure 5 : Corrélation taux de N2O expiré en fin de poste au taux inspiré pondéré sur 8 heures

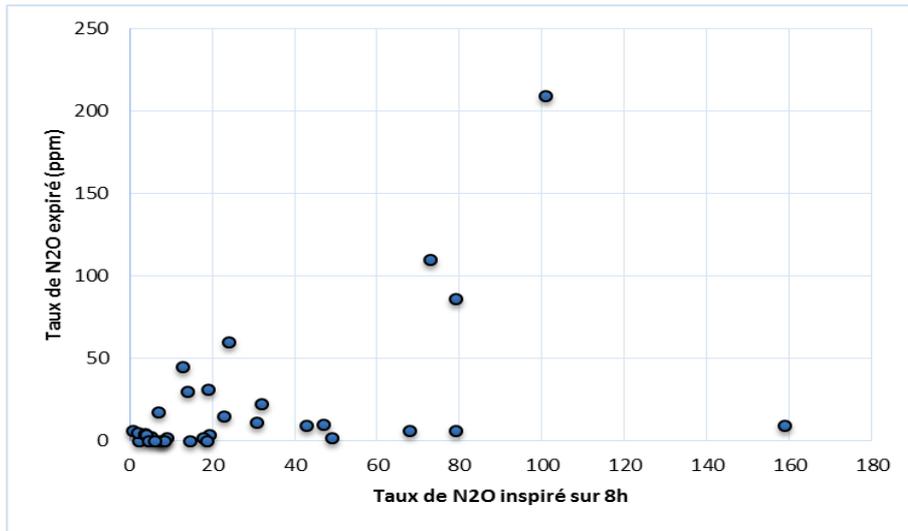
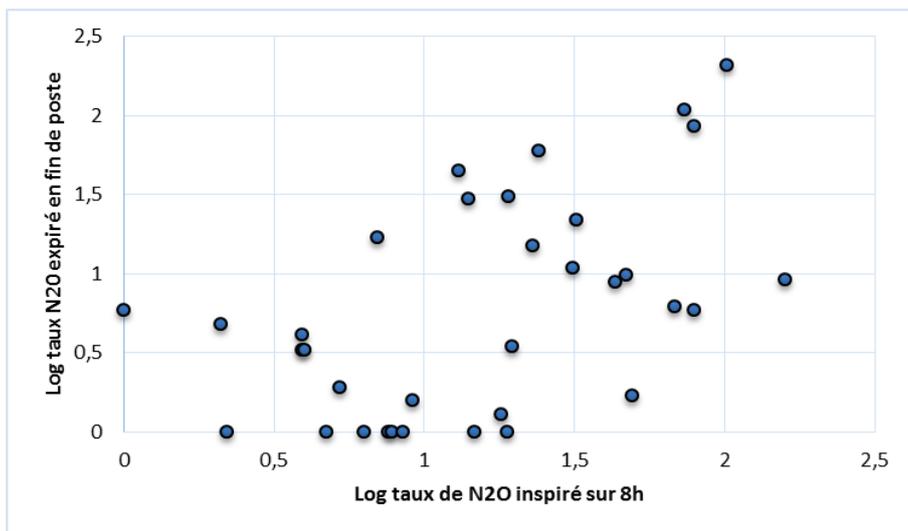


Figure 6 : Corrélation taux de N2O expiré en fin de poste au taux inspiré pondéré sur 8 heures, valeurs logarithmiques



Le coefficient de corrélation entre le logarithme du taux d'air expiré une heure après le geste et le logarithme du taux d'air inspiré au dernier geste sous MEOPA était égal à 0,478 (p-value=0,0006).

Un modèle de régression linéaire a permis d'établir le lien (1) entre le logarithme du taux d'air expiré et le logarithme du taux d'air inspiré.

$$(1) \text{Log}(\text{AirExpiré}) = - 1,94 + 0,703 * \text{log}(\text{AirInspiré})$$

Le coefficient de corrélation entre le logarithme du taux d'air expiré en fin de poste et le logarithme du taux d'air inspiré pondéré sur 8 heures était égal à 0,42(p-value=0,04).

Un modèle de régression linéaire a permis d'établir le lien (2) entre le logarithme du taux d'air expiré en fin de poste et le logarithme du taux d'air inspiré pondéré sur 8 heures.

$$(2) \text{Log}(\text{AirExpiré}) = 0,99 + 0,45 * \text{log}(\text{Pond}8\text{h}).$$

Un coefficient de corrélation linéaire, note r permet de s'orienter vers une relation linéaire forte lorsqu'il est compris entre 0,5 et 1 ce qui n'est pas le cas ici.

*En conclusion, nous n'avons donc pas pu confirmer les résultats obtenus dans les services d'explorations fonctionnelles neurologiques, stomatologie et dialyse. Il apparaît que les conditions d'expositions (en continu, pendant plusieurs heures) et les conditions de recueils (dans les suites immédiates de l'exposition et à distance mais sans expositions intercurrentes) se rapprochaient des expériences décrites dans la littérature. Cette fois, nous sommes dans un contexte d'expositions courtes, discontinues, avec un parasitage des liens entre exposition lors d'un geste sous MEOPA et recueil de l'air expiré par le retour fréquent dans des ambiances polluées.*

#### **3.4.4. Questionnaires**

Au total, nous visions une population de 267 soignants et nous avons pu recueillir 181 retours soit un taux de réponse de 67,8%.

La population de répondants est composée à 69% d'infirmières puéricultrices et 31% d'auxiliaires puéricultrices appartenant aux services pré-cités. Plus de 98% sont des femmes. Les trois quart travaillent à temps plein, majoritairement en poste 2x8 heures ou en journée.

La moyenne d'âge est de 37,7 ans avec un écart type de 11,3 ans. Un tiers de la population a moins de 35 ans et est donc potentiellement concernée actuellement par les questions de fertilité. L'ancienneté moyenne déclarée est 4,2 ans (+ /- 4,6 ans) avec des extrêmes de 2 mois et 34 ans.

Figure 7 : Répartition des répondants selon les classes d'âges (n)

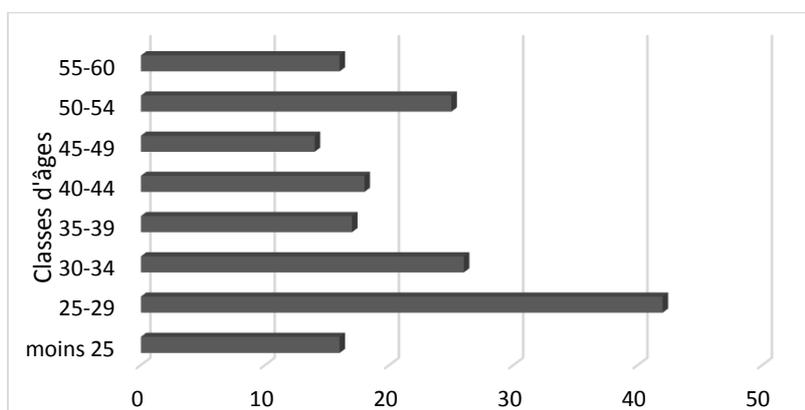


Tableau 24 : Données socio-démographiques de la population

	effectifs (180)	pourcentage
<b>sexe</b>		
hommes	3	1,8
femmes	164	98,2
<b>fonction</b>		
auxiliaires puéricultrices	55	31,1
infirmières puéricultrices	122	68,9
<b>âge</b>		
moins de 25 ans	16	10,4
25-34 ans	35	22,7
35-44 ans	68	44,2
45 ans et plus	35	22,7
<b>services</b>		
EEG/EFN	24	13,9
HC chirurgie uro-viscérale	25	14,4
HC endocrinologie	24	13,9
HC neuro-néphro-rhumato	15	8,7
HC pneumo-gastro	20	11,6
HDJ pneumo-gastro	10	5,8
Consultations diverses	20	11,6
Dialyse/HDJ néphro	8	4,6
Urgences	27	15,5
<b>temps de travail</b>		
temps partiel	41	22,8
temps plein	139	77,2
<b>horaires de travail</b>		
2 x 12 heures	35	19,6
2 x 8 heures	77	43
journée	63	35,2
nuit	4	2,2

Compte tenu des données manquantes, la somme des effectifs peut être inférieure au nombre total.

#### **3.4.4.1. Description des services**

On retrouve dans chaque service deux tiers d'infirmières et un tiers d'auxiliaires.

La comparaison des services nous apprend que les personnels des services d'hospitalisation conventionnelle de pneumo-gastro, endocrino et rhumato-néphro sont majoritairement jeunes avec respectivement 76%, 62% et 61% de l'effectif de moins de 35 ans. Le constat est encore plus net aux urgences où 81% du personnel est dans cette tranche d'âge. A contrario le personnel des EFN/ EEG a pour 62% plus de 45 ans (seulement 20% de moins de 35 ans) et en consultation, on retrouve 40% de 35-44 ans et 45% de plus de 45 ans. L'âge du personnel de chirurgie uro-viscérale et de dialyse est plus hétérogène. Nous n'avons cependant pas pu tester s'il y avait une différence statistique de répartition des classes d'âge selon les services en raison des faibles effectifs.

On retrouve des rythmes de travail cohérents : l'ensemble du personnel des urgences en 2x12 heures, l'ensemble du personnel de l'hôpital de jour de pneumo gastro en journée alors qu'on note une alternance de personnel en 2x8 heures et de journées pour les services d'hospitalisation conventionnelle. Pour le groupe EFN/EEG on retrouve du personnel de journée qui doit correspondre à la partie laboratoire de l'EFN (EMG), et du personnel en 2x12 heures qui doit gérer la partie EEG.

Si le travail à temps partiel relève de l'exception aux urgences, il concerne généralement un quart des effectifs des hôpitaux conventionnels et jusqu'à la moitié en consultations, à l'hôpital de jour de pneumo-gastro et en dialyse.

Tableau 25 : Données socio-démographiques par service

	fonction				âge							
	IDE		AP		<25 ans		25-34 ans		35-44 ans		>= 45	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
EFN/EEG	17	70,8	7	29,2	2	8,3	3	12,5	4	16,7	15	62,5
HC chirurgie uro-viscérale	12	80,0	13	20,0	1	4,0	10	40,0	1	4,0	13	52,0
HC endocrinologie	15	62,2	8	34,8	4	16,7	11	45,8	6	25,0	3	12,5
HC neuro-néphro-rhumato	9	60,0	6	40,0	2	13,3	7	46,7	3	20,0	3	20,0
HC pneumo-gastro	13	65,0	7	35,0	4	20,0	12	60,0	3	15,0	1	5,0
HDJ pneumo-gastro	6	60,0	4	40,0	1	10,0	3	30,0	2	20,0	4	40,0
Consultations diverses	17	85,0	3	15,0	1	5,0	2	10,0	8	40,0	9	45,0
Dialyse/HDJ néphro	5	62,5	3	37,5	0	0,0	3	37,5	3	37,5	2	25,0
Urgences	23	85,2	4	14,8	5	18,5	17	62,7	3	11,1	2	7,4

Les pourcentages se lisent par ligne.

Tableau 26 : Données professionnelles par service

	Horaires						temps de travail					
	2x12		2x8		journée		nuit		plein		partiel	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
EFN/EEG	8	33,3	0	0,0	16	66,7	0	0,0	17	70,8	7	29,2
HC chirurgie uro-viscérale	0	0,0	22	88,0	3	22,0	0	0,0	21	84,0	4	16,0
HC endocrinologie	0	0,0	18	75,0	3	12,5	3	12,5	20	83,3	4	16,7
HC neuro-néphro-rhumato	0	0,0	15	100	0	0,0	0	0,0	13	86,7	2	13,3
HC pneumo-gastro	0	0,0	17	85,0	3	25,0	0	0,0	17	85,0	3	15,0
HDJ pneumo-gastro	0	0,0	0	0,0	10	100	0	0,0	5	50,0	5	50,0
Consultations diverses	0	0,0	3	15,0	17	85,0	0	0,0	11	55,0	9	45,0
Dialyse/HDJ néphro	0	0,0	1	12,5	7	87,5	0	0,0	3	37,5	5	62,5
Urgences	27	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	26	96,3	1	3,7

### 3.4.4.2. Formation

54,5% du personnel déclarent avoir reçu une formation.

Il existe une différence statistiquement significative du taux de déclaration de formation entre les infirmières et les auxiliaires (61,7% versus 37,5% de réponses positives,  $p=0,036$ ) ce qui doit nous interpeler quand on sait que ce sont les auxiliaires qui se chargent de l'administration dans l'immense majorité des cas.

Il existe une différence statistiquement significative selon les classes d'âge, les plus âgées déclarant plus fréquemment avoir reçu une formation ( $p=0,0004$ )

La différence entre les services ne peut être testée compte-tenu des petits effectifs.

On est surpris de constater que seulement 25% du personnel déclarent avoir reçu une formation dans le service de chirurgie uro-viscérale où nous avons constaté des gestes bien réalisés. Il est probable que cela soit plutôt en lien avec le jeune âge du personnel, qu'avec le service même.

Pour les personnes ayant déclaré avoir eu une formation, celle-ci avait eu lieu il y a 4,9 ans en moyenne ( $\pm 4,3$  ans).

Figure 8 Formation déclarée selon le service (%)

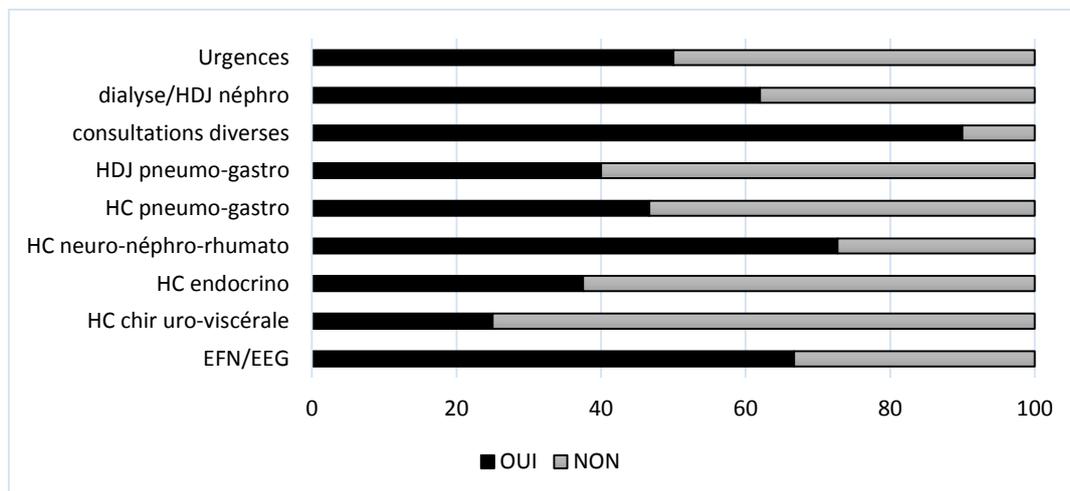


Tableau 27 : Taux de formations reçues selon les données démographiques et professionnelles

	Formation reçue			
	OUI		NON	
	n	%	n	%
<b>Population totale</b>				
	96	54,5	80	45,5
<b>Fonction</b>				
infirmières	74	61,7	46	38,3
auxiliaires	20	37,7	33	62,3
<b>Classe d'âge</b>				
moins de 25 ans	9	40,9	13	59,1
25-34 ans	27	39,1	42	60,9
35-44 ans	25	78,1	7	21,9
45 ans et plus	36	66,7	18	33,3
<b>Service</b>				
EEG/EFN	16	66,7	8	33,3
HC chirurgie uro-viscérale	6	25	18	75
HC endocrinologie	9	37,5	15	62,5
HC neuro-néphro-rhumato	16	72,7	6	27,3
HC pneumo-gastro	10	52,6	9	47,4
HDJ pneumo-gastro	3	33,3	6	66,7
Consultations diverses	18	90	2	10
Dialyse/HDJ néphro	5	71,4	2	28,6
Urgences	13	50	13	50

Compte tenu des données manquantes, la somme des effectifs peut être inférieure au nombre total.

Les pourcentages se lisent par ligne.

#### 3.4.4.3. Exposition déclarée

Compte tenu des faibles effectifs l'analyse statistique n'est pas réalisable. Il ne semble pas y avoir de différence de déclaration entre les infirmières et les auxiliaires. Concernant les classes d'âge, on ne voit pas apparaître de différence majeure pour les extrêmes : exposition nulle ou forte. Par contre, il semble exister des différences d'exposition déclarée entre les services. Cette déclaration est parfaitement concordante avec nos observations qui mettaient en avant l'HDJ de pneumo-gastro, les urgences et la dialyse.

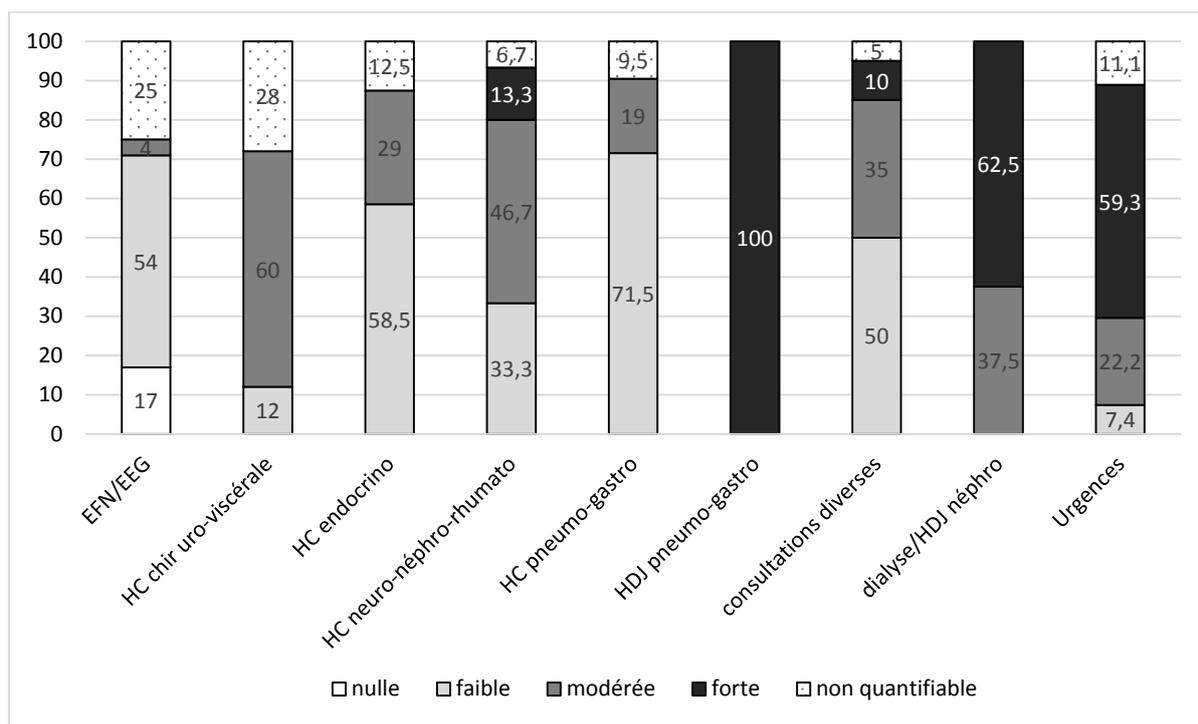
Tableau 28 : Exposition déclarée selon la fonction, l'âge et le service

	Niveau d'exposition déclarée							
	NULLE		FAIBLE		MODEREE		FORTE	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Population totale</b>								
	4	2,5	64	40,6	53	33,5	37	23,4
<b>Fonction</b>								
infirmières	3	2,6	47	41,2	36	31,6	28	24,6
auxiliaires	1	2,6	14	36,8	16	42,1	7	18,5
<b>Age</b>								
moins de 25 ans	0	0	8	57,2	3	21,4	3	21,4
25-34 ans	1	1,6	22	34,4	24	37,5	17	26,5
35-44 ans	1	3,1	9	28,1	15	46,9	7	21,9
45 ans et plus	2	4,3	25	54,4	11	23,9	8	17,4
<b>Service</b>								
EEG/EFN	4	22,2	13	72,2	1	5,6	0	0
HC chirurgie uro-viscérale	0	0	3	16,7	15	83,3	0	0
HC endocrinologie	0	0	14	66,7	7	33,3	0	0
HC neuro-néphro-rhumato	0	0	5	33,3	8	53,4	2	13,3
HC pneumo-gastro	0	0	14	77,8	4	22,2	0	0
HDJ pneumo-gastro	0	0	0	0	0	0	10	100
Consultations diverses	0	0	10	52,6	7	36,8	2	10,6
Dialyse/HDJ néphro	0	0	0	0	3	37,5	5	62,5
Urgences	0	0	2	8,3	6	25	16	66,7

Compte tenu des données manquantes, la somme des effectifs peut être inférieure au nombre total.

Les pourcentages se lisent par ligne.

Figure 9 : Exposition déclarée par le personnel selon le service (%)



4

#### 3.4.4.4. Symptômes en lien avec le travail

Seul un tiers de la population ne déclare pas de symptômes en lien avec le travail.

Tableau 29 : Personnel ne déclarant aucun symptôme par service

Service	n	%
EFN/EEG	10	41,7
HC chir uro-viscérale	6	24,0
HC endocrino	10	41,7
HC neuro-néphro-rhumato	4	26,7
HC pneumo-gastro	6	28,6
HDJ pneumo-gastro	3	30,0
consultations diverses	6	30,0
dialyse/HDJ néphro	2	25,0
Urgences	7	25,9

Le personnel du service de chirurgie uro-viscérale présente plus de plaintes à contrario des EFN qui rapportent moins fréquemment des symptômes alors qu'il s'agissait du service qui avait été à l'initiation de cette étude. Il est probable que le personnel de la partie

laboratoire des EFN voit ses résultats dilués dans ceux des autres répondants du service, moins exposés.

Les symptômes les plus fréquents sont les céphalées, l'asthénie, les nausées et les vertiges. Comme il s'agit également de symptômes décrits du côté des patients qui reçoivent le gaz, on peut imaginer que les réponses positives pour les céphalées, les nausées et les vertiges sont imputables au MEOPA. Ce sont d'ailleurs ces trois symptômes qui sont spontanément rapportés dans les suites immédiates d'un geste en notre présence dans les services. L'asthénie est sûrement plus à considérer comme un effet du travail d'une manière générale. Nous avons retenu ces quatre symptômes pour l'analyse univariée (présentée dans les tableaux suivants).

Tableau 30 : Symptômes en lien avec le travail déclarés par le personnel

	effectifs	pourcentage
céphalées	85	47,2
asthénie	45	25
vertiges	30	16,7
irritabilité	13	7,2
somnolence	20	11,1
fourmillement	7	3,9
nausées	40	22,2
ralentissement	7	3,9
perte mémoire	14	7,8

Pour le symptôme céphalée, l'analyse univariée par fonction, horaire, quotité de temps de travail ne retrouve pas de différence significative. Seule, l'analyse par classe d'âge est significative et révèle que les 25-34 ans ont un petit sur-risque de céphalées (RR 1,84 ;  $p=0,048$ ).

Tableau 31 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme « céphalées »

Variables	Céphalées				RR	IC 95%	p value
	Oui		Non				
	n	%	n	%			
<b>Classe d'âge</b>							<b>0,048</b>
Moins de 25 ans	9	45	11	55	1,39	0,70-2,73	
25 à 34 ans	41	61,2	28	38,8	1,84	1,09-3,10	
35 à 44 ans	11	32,3	23	67,7	1	-	
45 ans et plus	23	41,8	32	58,2	1,29	0,73-2,30	
<b>Fonction</b>							<b>0,7</b>
APE	27	49,1	28	50,9			
IDE	56	45,9	66	54,1			
<b>Horaire</b>							<b>0,2</b>
2x12	14	40	21	60			
2x8	43	55,8	34	44,2			
journée	28	44,4	35	55,6			
nuit	0	0	4	100			
<b>Temps plein</b>							<b>0,2</b>
Non	16	39	25	61			
Oui	69	49,6	70	50,4			
<b>Formation</b>							<b>0,2</b>
Non	42	52,5	38	47,5			
Oui	40	41,7	56	58,3			
<b>Exposition déclarée</b>							<b>0,8</b>
nulle	0	0	4	100			
faible	28	43,8	36	56,2			
modérée	27	50,9	26	49,1			
forte	19	51,2	18	48,8			
<b>Service</b>							<b>0,7</b>
EEG/EFN	7	29,2	17	70,8			
HC endocrinologie	11	45,8	13	54,2			
HC pneumo-gastro	10	50	10	50			
HDJ pneumo-gastro	5	50	5	50			
HC neuro-néphro-rhumato	7	46,7	8	53,3			
Dialyse/HDJ néphro	5	62,5	3	37,5			
HC chirurgie uro-viscérale	15	60	10	40			
Consultations	9	45,0	11	55			
Urgences	13	48,1	14	51,9			

Pour donner plus de puissance à l'analyse, nous avons choisi d'effectuer également un regroupement des trois services d'hospitalisation conventionnelle de pneumo-gastro, endocrino et neuro-néphro-rhumato. Pour le symptôme « nausées et vomissements » il ressort qu'il est plus fréquent en chirurgie uro-viscérale (RR de 4,3), aux consultations (RR de 3,44) et aux EFN (RR à 3,8), l'ensemble des services d'hospitalisation conventionnelle étant pris comme référence (p=0,003).

Tableau 32 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme «nausées »

Variables	Nausées				RR	IC 95%	p-value
	Oui		Non				
	n	%	n	%			
<b>Classe d'âge</b>							<b>0,3</b>
Moins de 25 ans	4	20,0	16	80,0			
25 à 34 ans	12	17,4	57	82,6			
35 à 44 ans	7	29,7	27	70,3			
45 ans et plus	17	30,9	38	69,1			
<b>Fonction</b>							<b>0,5</b>
APE	14	25,5	41	74,5			
IDE	26	21,3	96	78,7			
<b>Horaire</b>							<b>0,8</b>
2x12	7	20	28	80,0			
2x8	17	22,1	60	77,9			
journée	16	25,4	47	74,6			
nuit	0	0	4	100,0			
<b>Temps plein</b>							<b>0,6</b>
Non	8	19,5	33	80,5			
Oui	32	23,0	107	77,0			
<b>Formation</b>	100,0						<b>0,3</b>
Non	14	17,5	66	82,5			
Oui	23	23,6	73	76,4			
<b>Exposition déclarée</b>							<b>0,1</b>
nulle	0	0	4	100,0			
faible	11	17,2	53	82,8			
modérée	17	32,1	36	67,9			
forte	7	18,9	30	81,1			
<b>Service</b>							<b>0,009</b>
EEG/EFN	8	33,3	16	66,7	1		
HC endocrinologie	2	8,3	22	91,7	0,25	0,06-1,06	
HC pneumo-gastro	2	10	18	90,0	0,30	0,07-1,26	
HDJ pneumo-gastro	0	0	10	100,0	0	-	
HC neuro-néphro-rhumato	2	15,4	13	84,6	0,40	0,10-1,64	
Dialyse/HDJ néphro	2	25	6	75,0	0,75	0,20-2,83	
HC chirurgie uro-viscérale	11	44	14	56,0	1,32	0,64-2,71	
Consultations	7	35,0	13	65,0	1,05	0,46-2,39	
Urgences	5	18,5	22	81,5	0,56	0,21-1,47	
<b>Services groupés</b>							<b>0,003</b>
HC pneumo-gastro/ endoc/ neuro-néphro-rhumato					1		
EEG/EFN					3,28	1,28-8,44	
HDJ pneumo-gastro					-		
Dialyse/HDJ néphro					2,46	0,59-10,17	
HC chirurgie uro-viscérale					4,33	1,80-10,41	
Consultations					3,44	1,31-9,04	
Urgences					1,82	0,61-5,45	

Pour le symptôme « vertiges » on note encore seulement une différence significative entre les services ( $p=0,04$ ), le symptôme semble apparaître plus fréquemment en dialyse, en chirurgie uro-viscérale et aux consultations.

Tableau 33 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme «vertiges »

Variables	Vertiges				RR	IC 95%	p-value
	Oui		Non				
	n	%	n	%			
<b>Classe d'âge</b>							<b>0,7</b>
Moins de 25 ans	2	10,0	18	90,0			
25 à 34 ans	10	14,5	59	85,5			
35 à 44 ans	7	20,9	27	79,1			
45 ans et plus	10	14,2	45	85,8			
<b>Fonction</b>							<b>0,4</b>
APE	7	12,7	48	87,3			
IDE	22	18,0	100	82,0			
<b>Horaire</b>							<b>0,8</b>
2x12	4	11,4	31	88,6			
2x8	13	16,9	64	83,1			
journée	11	17,5	52	82,5			
nuit	1	25	3	75,0			
<b>Temps plein</b>							<b>0,3</b>
Non	9	22,0	32	78,0			
Oui	21	15,1	118	84,9			
<b>Formation</b>							<b>0,8</b>
Non	12	15	68	85,0			
Oui	16	16,7	80	83,3			
<b>Exposition déclarée</b>							<b>0,2</b>
nulle	0	0	4	100,0			
faible	8	12,5	56	87,5			
modérée	13	24,5	40	75,5			
forte	6	16,2	31	83,8			
<b>Service</b>							<b>0,04</b>
EEG/EFN	3	12,5	21	87,5	1		
HC endocrinologie	2	8,3	22	91,7	0,67	0,12-3,64	
HC pneumo-gastro	4	20	16	80,0	1,60	0,4-6,3	
HDJ pneumo-gastro	0	0	10	100,0	-	-	
HC neuro-néphro-rhumato	0	0	15	100,0	-	-	
Dialyse/HDJ néphro	3	37,5	5	62,5	3,00	0,75-12	
HC chirurgie uro-viscérale	7	28,0	18	72,0	2,24	0,65-7,67	
Consultations	5	25,0	15	75,0	2,00	0,54-7,36	
Urgences	4	14,8	23	85,2	1,19	0,26-4,77	

Le seul résultat significatif pour l'analyse du symptôme asthénie concerne les classes d'âge. Les moins de 25 ans et les 25-34 ans signalent plus d'asthénie que les 35-44 ans (RR de 4,53 et 4,43, p=0,0002).

Tableau 34 : Facteurs pouvant induire la déclaration du symptôme «asthénie »

Variables	Asthénie				RR	IC 95%	p-value
	Oui		Non				
	n	%	n	%			
<b>Classe d'âge</b>							<b>0,0002</b>
Moins de 25 ans	8	40,0	12	60,0	4,53	1,36-15,15	
25 à 34 ans	27	39,1	42	60,9	4,43	1,45-13,59	
35 à 44 ans	3	8,8	31	91,2	1	-	
45 ans et plus	7	12,7	48	87,3	1,44	0,40-5,20	
<b>Fonction</b>							<b>0,06</b>
APE	9	16,4	46	83,6			
IDE	36	29,5	86	70,5			
<b>Horaire</b>							<b>0,07</b>
2x12	10	28,6	25	71,4			
2x8	25	32,5	52	67,5			
journée	10	15,9	53	84,1			
nuit	0	0	4	100,0			
<b>Temps plein</b>							<b>0,05</b>
Non	5	12,2	36	87,8			
Oui	40	28,8	99	71,2			
<b>Formation</b>							<b>0,2</b>
Non	24	30	56	70,0			
Oui	21	21,9	75	78,1			
<b>Exposition déclarée</b>							<b>0,7</b>
nulle	0	0	4	100,0			
faible	18	28,1	46	71,9			
modérée	12	22,6	41	77,4			
forte	8	21,6	29	78,4			
<b>Service</b>							<b>0,3</b>
EEG/EFN	5	20,8	19	79,2			
HC endocrinologie	3	12,5	21	87,5			
HC pneumo-gastro	9	45	11	55,0			
HDJ pneumo-gastro	1	10	9	90,0			
HC neuro-néphro-rhumato	6	40	9	60,0			
Dialyse/HDJ néphro	2	25	6	75,0			
HC chirurgie uro-viscérale	6	24	19	76,0			
Consultations	4	20,0	16	80,0			
Urgences	8	29,6	19	70,4			

*En conclusion, les céphalées et l'asthénie sont associées à l'âge (risque plus élevé chez les 25-34 ans par rapport aux 35-44 ans, ainsi que chez les moins de 25 ans pour l'asthénie). Les vertiges et les nausées sont associés aux services. Tous symptômes confondus, les services qui se sentent les plus exposés, l'HDJ de pneumo-gastro, les urgences et la dialyse, apparaissent comme ceux qui déclarent plus de symptômes (respectivement 70%, 74% et 75%). Cependant l'analyse par symptôme révèle que des services qui se déclarent peu exposés, peuvent par contre déclarer fréquemment des symptômes : les consultations et la chirurgie uro-viscérale appartiennent aux 3 services qui déclarent le plus de nausées et de vertiges. Le personnel d'uro-viscérale déclare également beaucoup de céphalées. L'analyse des symptômes et de l'exposition déclarée n'est donc pas toujours cohérente.*

#### **3.4.4.5. Troubles de la procréation**

Nous avons analysé globalement les fausses couches spontanées, les retards à la conception et les retards de croissance intra-utérin pour avoir plus de puissance statistique, mais aucun résultat n'est statistiquement significatif.

Les moins de 25 ans ne rapportent aucun évènement en lien avec la grossesse. Quelques-unes nous ont signalé en commentaire libre qu'elles n'avaient pas encore de désir de grossesse. Le taux d'évènements chez les plus de 45 ans est faible de l'ordre de 4%. Pour le personnel le plus concerné, entre 25 et 44 ans, les troubles de la procréation sont signalés dans 15 à 29% des cas. A titre d'information, d'après le collège national des gynécologues et obstétriciens français, les fausses couches précoces (avant 14 semaines d'aménorrhée) concernent 10% des grossesses, les fausses couches tardives (entre 15 et 22 SA), 1% des grossesses et les morts fœtales in-utero, 2% des grossesses<sup>31</sup>. Notre étude ne nous permet pas d'étudier un éventuel sur-risque du personnel soignant par rapport à la population générale. La présence d'un évènement semble apparaître de manière plus fréquente aux urgences. Le personnel y est jeune et on pourrait imaginer qu'elles aient moins souvent tenté de concevoir. Cependant on sait qu'il existe ici un facteur de confusion : le travail en 2x12 heures avec les conséquences du travail de nuit sur les cycles hormonaux. Quoiqu'il en soit l'exposition au MEOPA y est forte ce qui doit inciter à rester vigilant.

Tableau 35 : Effectifs touchés par des troubles de la procréation

	effectif	pourcentage
fausse couche spontanée	12	7,32
retard à la conception	16	9,88
retard de croissance intra-utérin	3	1,84

Tableau 36 : Facteurs pouvant influencer sur la présence de troubles de la procréation

	Au moins 1 problème de procréation				p-value
	Oui		Non		
	n	%	n	%	
<b>Classe d'âge</b>					
Moins de 25 ans	0	0,0	17	100,0	
25 à 34 ans	10	15,2	56	84,8	
35 à 44 ans	9	29	22	71,0	
45 ans et plus	2	4,2	46	95,8	
<b>Classe d'âge</b>					0,7
<35 ans	10	12	73	88,0	
>35 ans	11	13,9	68	86,1	
<b>Fonction</b>					0,3
APE	4	8,5	43	91,5	
IDE	17	14,8	98	85,2	
<b>Horaire</b>					0,3
2x12	7	20,6	25	79,4	
2x8	7	10,4	60	89,6	
journée	7	11,5	53	88,5	
nuit	0	0	4	100,0	
<b>Temps plein</b>					0,1
Non	8	20,5	31	79,5	
Oui	13	10,4	112	89,6	
<b>Exposition déclarée</b>					0,5
nulle	1	25	3	75,0	
faible	6	10,2	53	89,8	
modérée	8	16,3	41	83,7	
forte	6	18,2	27	81,8	
<b>Service</b>					0,2
EEG/EFN	3	13,0	20	87,0	
HC endocrinologie	0	0	18	100,0	
HC pneumo-gastro	2	10,0	18	90,0	
HDJ pneumo-gastro	1	10,0	9	90,0	
HC neuro-néphro-rhumato	3	21,4	11	78,6	
Dialyse/HDJ néphro	1	16,7	5	83,3	
HC chirurgie uro-viscérale	1	4,3	22	95,7	
Consultations	3	15,8	16	84,2	
Urgences	6	25,0	18	75,0	

*En conclusion, nos questionnaires ne retrouvent aucun élément significatif par rapport aux troubles de la procréation.*

#### **4. COMPARAISON AVEC L'ETUDE SUR L'INSTITUT D'HEMATOLOGIE ET ONCOLOGIE PEDIATRIQUE DU CENTRE LEON BERARD**

L'année suivant nos mesurages, notre équipe a été sollicitée par les médecins du travail du Centre de Lutte Contre le Cancer Léon Bérard (CLB) qui comprend une unité pédiatrique au personnel mixte Hospices Civils de Lyon, et Centre Léon Bérard : l'IHOP (Institut d'Hématologie et d'Oncologie Pédiatrique, groupement de coopération sanitaire).

Nous avons réalisé des mesurages à l'hôpital de jour et dans une unité d'hospitalisation. Les résultats sont présentés en annexe 5. A l'hôpital de jour, service dont l'activité est assez comparable à l'HDJ pneumo-gastro de l'HFME, le système ne comprenait pas de tuyau d'évacuation des gaz expirés. Or c'est dans ce contexte que nous avons obtenu les plus forts taux sur des courtes durées : jusqu'à plus de 3000 ppm, alors qu'on plafonnait à 1500 dans tous les autres services. Ceci paraît assez logique puisque dans cette situation, le gaz expiré est évacué à proximité immédiate des voies aériennes des soignants. Dans le service d'hospitalisation conventionnelle, les résultats sont superposables à ceux de l'HFME.

La particularité de ce site est un taux de renouvellement d'air des pièces extrêmement élevé : de 5 à 5,8 vol/h pour les salles de prélèvements de l'HDJ et de 3,2 vol/h dans les chambres qui ont fait l'objet d'une évaluation. Ces taux de renouvellement sur le CLB, 3 à 5 fois plus élevés qu'à l'HFME, permettent une décroissance dans les salles plus rapide, ce qui fait que malgré l'importance des taux sur les courtes durées de l'HDJ, les pondérations sur le poste, si elles sont élevées, restent dans le même ordre de grandeur que dans les services fortement exposés de l'HFME.

Cette comparaison nous permet de recommander l'utilisation du tuyau d'évacuation des gaz expirés.

## 5. DISCUSSION

Les plaintes concernant le protoxyde d'azote sont récurrentes, et il semble que dans certains services les soignants l'utilisent avec de plus en plus de réticence au détriment de leurs petits patients. Pourtant lorsqu'ils sont interrogés autour du geste pour en comprendre le déroulement, les justifications de leur mode opératoire ne tournent qu'autour du bien être de leur patient. Lorsqu'on leur demande pourquoi ils n'ouvrent pas la porte ou la fenêtre, pourquoi ils ne placent pas le tuyau d'évacuation dans le couloir, les réponses sont éloquentes : « Mais, nous sommes en février, il fait bien trop froid pour les enfants ! », « Je ne veux pas déranger l'enfant de la chambre d'en face », « Je ne veux pas que les gens qui passent dans le couloir voient ce que je fais », « Le tuyau achemine le gaz mais également les bruits de l'enfant, on n'a pas besoin de plus d'agitation »... Confort du patient et intimité sont les maîtres-mots dans chacun des services.

Nous l'avons constaté partout, les taux augmentent par un confinement des soignants contraint par le fonctionnement du service ou choisi pour le confort des patients. Le facteur le plus important pour expliquer les différentes contaminations des pièces est le taux de fuites sur le parcours du gaz. Les soignants ont-ils seulement conscience de cette diffusion libre à l'ouverture de la bouteille et de ce gaz qu'ils inhalent involontairement s'ils tiennent le masque près d'eux ? Ont-ils conscience de respirer avec l'enfant chaque fois que, penchés tout près de leurs oreilles, ils relèvent le masque pour entendre une réponse ? Les formations dispensées, qu'elles soient internes à l'hôpital ou que le message vienne des laboratoires de distribution du gaz, n'envisagent actuellement jamais les effets sur le soignant. Le laboratoire délivre même un message rassurant sur les effets sur la grossesse insistant sur l'absence de contre-indication chez la femme enceinte et faisant un amalgame entre une l'exposition aiguë unique d'une patiente et une exposition professionnelle chronique et quotidienne des soignants.

Mais où est passé le bien être des soignants ? Et si les formations avaient omis d'envisager le soignant ? Quelles clés peut-on leur apporter pour améliorer la situation ? Pouvons-nous proposer des mesures de protections collectives et/ou individuelles ?

En premier lieu, il est important que l'organisation des soins soit protectrice en distribuant les gestes exposants entre les différents soignants. Ensuite, il apparaît nécessaire d'utiliser dès que possible de multiples lieux d'administration afin de ne pas se confiner dans une pièce constamment contaminée.

La possibilité de revoir les systèmes de ventilation a été envisagée. Les taux de renouvellement d'air des pièces où nous avons effectué des mesurages sont compris entre 0,69 et 2,01 volume/heure ce qui est très insuffisant, très loin des taux des blocs opératoires (entre 10 et 15 vol/heure). Il nous a été expliqué que le système de ventilation d'une pièce ne peut pas être modifié de façon indépendante du reste de l'étage et que l'augmentation des ventilations provoquerait une surchauffe dangereuse du système. C'est donc une piste d'amélioration à abandonner. Le brassage d'air de la pièce peut néanmoins être favorisé par les soignants par l'ouverture de la fenêtre et/ou de la porte dès que possible. Dans la majorité des services cependant, l'ouverture des fenêtres est impossible : condamnation en lien avec le risque de défenestration ? Pour ne pas gêner l'efficacité des systèmes de chauffage et climatisation ?

Dans l'année de l'analyse, le service d'explorations fonctionnelles neurologiques a déménagé et cette problématique a été prise en compte pour s'installer au mieux. Dans cette nouvelle pièce, le taux de renouvellement d'air est un peu plus important, mesuré à 3 volume/heure. Il a été décidé d'installer un bras articulé d'aspiration des gaz à la source. Des mesurages ont été réalisés par Monsieur Robert Cadot en avril 2015 (cf. annexe 6). Les résultats sont imparfaits pour l'aide-soignante, qui apparaissait la plus exposée dans le service précédent, en raison de problèmes techniques sur le matériel de recueil de l'air. Toutefois les résultats séquentiels pour le médecin et l'infirmière, ainsi que les mesures d'ambiance continues sont très encourageants, toujours au-dessous des 200 ppm. Il conviendra de réinterroger à distance le personnel et de procéder à de nouveaux mesurages atmosphériques pour évaluer au mieux l'exposition de l'aide-soignante. Il sera indispensable de s'assurer de la formation du personnel à l'utilisation de ce matériel d'extraction pour que son effet soit maximal.

Le tuyau d'évacuation des gaz expirés ne doit pas être vu comme la solution optimale, son efficacité étant en lien avec le bon déroulement du geste : si les fuites autour du masque sont majeures, la contamination sera réelle avec ou sans tuyau. Il semble apporter cependant une efficacité : les taux sur les courtes durées les plus élevés étaient à l'hôpital de jour de l'IHOP où l'on ne dispose pas de tuyau ; les taux les plus bas étaient obtenus par le placement du tuyau à la fenêtre en chirurgie uro-viscérale. Bien évidemment nous ne pouvons pas affirmer par cette étude le taux de diminution de l'exposition, les conditions de réalisation des gestes étant très différentes. Il conviendrait sans doute de réaliser des mesurages expérimentaux standardisés dans une même pièce avec ou sans tuyau. Cependant, il paraît assez logique que plus on s'éloigne, moins on est exposé et il faut réellement encourager l'utilisation du tuyau évacuateur et le placement de sa sortie au plus loin des soignants. On se rend compte dans la pratique que les soignants sont réticents à le placer dans le couloir, ne voyant pas l'utilité à déplacer le problème. Nous leur avons répondu qu'ainsi, une petite quantité de gaz se retrouvait diluée, brassée, et finalement rapidement éliminée dans un grand volume d'air plus facilement renouvelé par les passages.

Pour les services des urgences et de l'hôpital de jour de pneumo-gastro il serait sans doute intéressant, dans la mesure où les pièces utilisées sont fixes et la bouteille de gaz également, de prévoir un aménagement permettant une évacuation du gaz vers l'extérieur, idéalement par la mise en place d'un bras d'aspiration à la source, à défaut peut-être simplement par une extraction à la fenêtre comme pour les climatisations d'à point. Le personnel des urgences nous a toutefois alertés sur un point pouvant compliquer l'opération : le service est situé en rez-de-jardin et les fenêtres des box donnent sur un lieu de passage du public en extérieur.

Au vu du nombre de soignants se déclarant formés et en connaissance du contenu des formations, il semble que notre meilleure arme soit de revoir ce programme pour sensibiliser les soignants à leur exposition et réduire au maximum les fuites observées. Jusqu'à ce jour, c'est l'équipe « douleur » (infirmières anesthésistes) du groupement hospitalier Est qui est en charge de la formation du personnel à la bonne utilisation du MEOPA dans les services. Les formations pluriannuelles sont, d'après l'équipe, peu rentables car seule la moitié des participants attendus se présente réellement. Il est toujours difficile aux soignants de quitter les services pour des formations, le sous-effectif étant fréquent. Plusieurs pistes sont envisagées comme la réalisation d'un flyer, l'intégration de ces données aux programmes de

e-Learning qui vont être mis en place sur l'HFME, ou bien la réalisation d'une sensibilisation de vive-voix par une infirmière en santé-travail comme cela va être proposé sur le Centre Léon Bérard.

Nous avons pu restituer les résultats aux cadres de santé puis aux équipes. Nous avons été accompagnés lors de quelques réunions par une infirmière anesthésiste, représentante de l'équipe douleur. Les regards croisés ont étoffé notre message de prévention. Reprenant le protocole proposé par l'équipe douleur et l'alimentant de nos observations, nous avons ensemble commenté les points essentiels pour une administration bien réalisée dans l'intérêt du patient mais également du soignant (cf. annexe 7).

Nous avons repris toutes les étapes du geste qui occasionnent une contamination de la pièce. Le moment de l'ouverture de la bouteille, qui devrait être un moment d'interaction important entre le soignant administrateur et son patient, est plus fréquemment encore un moment d'échange entre les deux soignants qui finissent de s'installer. Rares sont les soignants qui tentent de bloquer la diffusion du gaz le temps que le ballon se gonfle. Dans la majorité des cas, l'administrateur débute la délivrance du gaz au moment où celui qui réalise le soin est prêt à débiter la partie douloureuse de son geste. Pourquoi l'administrateur ne commence-t-il pas sa part du soin pendant que son collègue s'installe et réalise l'asepsie nécessaire au geste ? Ceci permettrait d'atteindre les 3 minutes d'action du gaz et de se positionner au mieux. Tout au long du geste, l'habitude de relever le masque pour entendre le patient conduit à des fuites. L'infirmière douleur, surprise de cette information, nous expliqua que dès lors que le masque était levé, la pression en gaz dans les poumons diminuait et que l'efficacité n'était plus assurée. Ce commentaire ne semblait pas connu des soignants. Elle insista sur la nécessité d'obtenir 3 minutes complètes de délivrance avec un masque hermétique pour assurer l'effet. La problématique de la délégation aux parents, peu vigilants, fréquente aux urgences a été également abordée, mais les soignants nous réaffirment sans cesse leur difficulté à être deux. Enfin, la fermeture de la bouteille avant le retrait du masque doit être encouragée : elle n'est que rarement constatée.

Si les résultats des expositions chroniques pondérées sur 8h de poste et sur la semaine sont fréquemment rassurantes, les taux sur les courtes durées d'exposition ont partout été très au-dessus des 200 ppm recommandés. N'ayant pas d'élément sur les effets de ces taux,

le principe de précaution veut que l'on cherche à les réduire au maximum. Nous devons avoir un message encourageant envers les équipes : les taux peuvent significativement diminuer par leur simple initiative. Nous avons assisté à des gestes où les soignants étaient concentrés, appliqués, où le tuyau d'évacuation était hors de la pièce, et pour lesquels les résultats étaient très satisfaisants.

Même s'il n'est pas de notre compétence de juger du choix du mode l'analgésie par les soignants, il était de notre devoir de présenter les conclusions également aux médecins. Il s'agissait de leur montrer la réalité de l'exposition du personnel (dont ils font parfois partie). D'autre part nous devons leur révéler qu'un tiers des gestes ayant fait l'objet de mesurages comportait des temps d'administration totaux de gaz inférieurs ou égaux à trois minutes. Il s'agit toujours de simples prises de sang. Dans ces cas, le gaz n'avait pas eu le temps d'être efficace. De plus, tous ces gestes extrêmement courts étaient fréquemment les moins bien réalisés. Les soignants prennent moins le temps de s'installer et de se concentrer quand ils mettent le masque pour une prise de sang que pour un geste long type pansement. Les cadres de santé et les médecins ont été plutôt surpris de ces résultats. Il semble en effet qu'au fil des années la délivrance du gaz aux patients a fini par simplement échapper à la réelle prescription des médecins. Nous avons toutefois trouvé des oreilles attentives, qui ont souvent jugé qu'il fallait de nouveau réfléchir de manière globale à la prise en charge de la douleur. Aux urgences, les soignants ont bien conscience d'avoir augmenté régulièrement la consommation de MEOPA au fil des années, pour limiter le recours au patch d'EMLA (anesthésiant local contenant de la lidocaïne et de la prilocaïne). Il est nécessaire de comprendre ce qui a conduit le service à moins utiliser un tel médicament : l'efficacité ? Le temps d'efficacité ? Le coût ? Le caractère anxiogène ?... Nous voyons bien qu'au-delà de la question du MEOPA existe surtout celle de la prise en charge de la douleur chez l'enfant. Les médecins eux-mêmes ont sûrement à s'impliquer pour limiter cette banalisation du gaz. Les équipes douleurs peuvent sûrement appuyer encore plus les techniques comme l'hypnoanalgésie. Que penser également de l'administration chez les tous petits, qui restent parfois insensibles au gaz et se débattent violemment ?

En pratique, si nous devons conseiller les médecins du travail pour une analyse de la situation dans les services qu'ils suivent, en l'absence de données de métrologie

atmosphérique, nous pourrions leur suggérer de s'enquérir de trois informations simples : la consommation annuelle, le lieu d'utilisation (une seule pièce ou utilisation nomade), le rythme de travail des agents. Il paraît raisonnable de dire qu'un service qui consomme moins de 250 voire 300 L/an n'a pas d'utilisation quotidienne du MEOPA ce qui est un facteur protecteur. Les soignants en rythme 2x8h sont également moins exposés que les personnels de journée, les gestes sous MEOPA ayant plus régulièrement lieu en matinée, et le travail en journée étant fréquemment lié à une activité d'hôpital de jour. Le facteur le plus important est le lieu d'utilisation du gaz : le confinement dans une pièce augmente les taux, et il est surtout important de savoir si la pièce contaminée est le lieu usuel de travail pour les autres activités de soin.

En réponse aux soignantes en désir de grossesse ou enceintes, le message doit être rassurant dans les services d'hospitalisation conventionnelle. Elles sont en mesure de déléguer le geste à des collègues, et si toutefois une exposition aiguë était contrainte, elle ne serait sûrement pas dommageable pour une grossesse. Par contre dans des services type urgences ou hôpitaux de jours, l'éloignement des soignantes désirant une conception ou enceintes doit être conseillé. Dans la pratique, les femmes en désir de grossesse ne viennent pas spontanément faire part de cet élément au service de santé au travail mais les médecins du travail doivent informer de ce risque à l'embauche, rester vigilants et rechercher un désir de grossesse et éventuellement un retard à la conception pour conseiller au mieux les salariées.

Malheureusement, la partie biométrie de cette étude n'a pas pu être concluante. Pourtant les données de la littérature nous laissaient penser qu'une corrélation entre les taux de protoxyde d'azote inspiré et le taux dans l'air expiré existait. Nous avons sûrement, contraints par l'activité des services, manqué de rigueur dans le recueil des échantillons. Les temps de recueils étaient différents d'un service à l'autre, et étant calculés à partir d'une exposition « active » (au cours d'un geste avec MEOPA), ils ne prenaient pas en considération des expositions « passives » intercurrentes (par le passage dans des pièces contaminées). Nous avons pu constater également des répartitions des expositions disparates sur la journée, et dans ce contexte comment interpréter de la même façon l'air expiré fin de poste aux

urgences et celui dans un service d'hospitalisation conventionnelle ? Le délai depuis la dernière exposition varie de quelques minutes, à plusieurs heures.

Il reste donc impossible de proposer un dépistage des soignants surexposés par la réalisation d'une biométrie de protoxyde d'azote dans l'air expiré en fin de poste.

Peut-être, qu'ayant désormais une bonne notion de ce qu'est l'exposition séquentielle lors des gestes des soignants, le dépistage des plus exposés pourrait plutôt se faire par le port d'un badge de recueil passif sur l'ensemble du poste ?

En comparaison avec les valeurs recommandées dans les autres pays, tous les services sont en dessous des seuils pour les valeurs pondérées sur la semaine. Toutefois aux urgences et à l'HDJ pneumo-gastro, le dépassement de 150 ppm pendant des durées de 30 minutes plusieurs fois par jour est une situation fréquente, ce qui est déconseillé en Allemagne et aux Etats-Unis.

## 6. CONCLUSIONS

Notre étude, réalisée dans des services de pédiatrie ciblés par les études de postes pour leur utilisation fréquente du mélange équimolaire d'oxygène et protoxyde d'azote (MEOPA) nous a permis de délivrer un message rassurant dans la plupart des unités. Nous avons suivi au cours de 8 journées, 34 soignants sur l'ensemble de leur poste et procédé à des mesurages atmosphériques -individuels et d'ambiance- de protoxyde d'azote autour de 33 gestes sous MEOPA.

Les données de métrologie séquentielle que nous avons obtenues nous ont permis de confirmer une exposition faible des soignants des services dits d'hospitalisation conventionnelle. En effet, en « chirurgie urologique et viscérale », en « pneumologie et gastro-entérologie », en « endocrinologie » et en « neurologie, néphrologie et rhumatologie », toutes les mesures de protoxyde d'azote inspiré pondérées sur 8h des soignants suivis étaient inférieures aux 25 ppm recommandées en France. La pondération sur la semaine est encore plus basse car, dans ces services, un soignant n'utilise pas le gaz quotidiennement, passant en dessous des 10 ppm recommandés par l'INRS au cours d'une grossesse. Ces soignants sont protégés par une utilisation modérée, un rythme de travail posté (peu d'utilisation l'après-midi) et une utilisation « nomade » dans les chambres des services.

A contrario, la situation est préoccupante dans les services à très forte consommation et ayant comme caractéristique de confiner l'activité de soins sous MEOPA dans quelques pièces au long de la journée. C'est le cas pour l'hôpital de jour de « pneumologie et gastro-entérologie » ainsi qu'aux « urgences pédiatriques ». Dans le premier service, certains soignants atteignent des valeurs d'exposition sur 8h à 5 fois la valeur recommandée, impliquant forcément un dépassement important à la semaine. Ces soignants sont surexposés du fait du confinement dans deux salles et un rythme de travail en journée sur l'ensemble de la semaine. Dans le second service, certains soignants atteignent 4 fois la valeur recommandée sur une journée. Ils sont surexposés par une consommation très élevée, le confinement dans 4 box et l'utilisation constante qu'il s'agisse d'un poste de journée ou de nuit.

Ces conclusions sur l'utilisation des locaux viennent confirmer l'évaluation de monsieur Robert Cadot de 2010 dans le service d' « explorations fonctionnelles neurologiques (EFN) » qui rapporte des taux atmosphériques individuels pondérés sur la semaine 3 fois supérieurs à la valeur recommandée dans le laboratoire dédié aux électroneuromyogrammes.

Des solutions doivent être trouvées pour ces services où les locaux ne sont pas adaptés à cette activité. Les taux de renouvellement d'air des différentes pièces y sont très insuffisants, compris entre 0,94 et 1,77 volume/heure. Les ventilations ne pouvant être modifiées, des solutions -comme l'installation d'un bras d'aspiration des gaz à la source- doivent être envisagées dans la mesure où les zones d'administration du gaz sont fixes.

Si les niveaux d'expositions pondérés sur la journée sont bien souvent rassurants, ceux de courte durée sont le plus souvent supérieurs aux 200 ppm recommandés, jusqu'à près de 7 fois cette limite (jusqu'à 15 fois cette limite si l'on inclut les EFN et l'Institut d'Oncologie et Hématologie Pédiatrique). C'est probablement la répétition de ces surexpositions de courtes durées qui provoque les symptômes décrits par le personnel, et n'ayant pas d'information sur les effets réels de ces surexpositions, il convient de réfléchir, dans tous les services, à comment les réduire significativement. Notre observation des postes a montré que ces contaminations des locaux sont en lien avec d'importantes fuites sur le circuit de distribution du gaz : à l'ouverture et à la fermeture de la bouteille, mais également au cours du soin par les gestes des administrateurs qu'ils soient volontaires (pour parler au patient) ou involontaires (attention détournée, agitation du patient...)

Les données de biométrie, compte tenu de l'hétérogénéité des expositions dans les services (parfois très matinales, parfois très étalées sur le poste), des difficultés de recueil des airs expirés et probablement de la rapidité d'élimination du gaz, ne sont pas concluantes. Ainsi, le taux de protoxyde d'azote dans l'air expiré en fin de poste nous apparaît très mal corrélé au taux de protoxyde d'azote inspiré sur l'ensemble du poste.

Au-delà de la métrologie atmosphérique, il faut savoir entendre les plaintes du personnel. Les 181 soignants ayant répondu à notre questionnaire (soit un taux de réponse de 67%) sont à 98% des femmes dont les deux tiers ont moins de 35 ans. Elles sont seulement un tiers par service à ne déclarer aucun symptôme. Elles rapportent très fréquemment des céphalées (47,2%), mais également des nausées (22%), des vertiges (16,7%) et de l'asthénie (25%). Les soignants estiment plutôt bien leur niveau d'exposition puisqu'il est jugé fort aux urgences, à l'hôpital de jour de pneumologie et gastro-entérologie et en dialyse, services qui nous ont interpellés à la suite des métrologies atmosphériques et études de postes. Il n'existe toutefois pas de lien entre l'exposition déclarée et les symptômes déclarés, dont la fréquence peut être très élevée dans des services

dont l'exposition nous semblait rassurante et était perçue comme telle. Ainsi, le personnel de la chirurgie urologique et viscérale apparaît fortement incommodé.

L'analyse des questionnaires n'a pas mis en évidence de relations significatives entre d'éventuels troubles de la procréation (fausses couches spontanées, retard à la conception, nouveau-né de petit poids) et les services qui seraient les plus exposés.

Les questionnaires révélant un taux de formation des soignants de 50%, et même de seulement 37,5% pour le groupe des auxiliaires puéricultrices (qui administrent le gaz), la mise à jour des connaissances semble être un élément incontournable en termes de prévention. Il faudrait, nous semble-t-il, rediscuter des indications (10 gestes ont eu une durée totale de délivrance du gaz inférieure ou égale à 3 minutes, le gaz n'ayant pas le temps d'être efficace) et d'autre part limiter au maximum les nombreuses fuites que nous avons pu observer.

Les médecins du travail en charge de la surveillance de personnel appartenant à des services à forte activité de geste sous MEOPA comme des hôpitaux de jour pédiatriques ou des services d'urgences -qu'ils soient réservés à la pédiatrie mais aussi probablement des services de traumatologie adulte- doivent considérer cette exposition et participer au message de prévention. La proposition d'un reclassement temporaire de salariées en désir de grossesse ou enceintes doit être mise en débat.

Le Président de la thèse,

  
Pr Alain Bergeret

Vu et permis d'imprimer  
Lyon, le 18 mai 2015

**27 MAI 2015**

VU :  
Le Doyen de la Faculté de Médecine  
Lyon-Est

  
  
Professeur Jérôme ETIENNE

VU :  
Pour Le Président de l'Université  
Le Président du Comité de Coordination  
des Etudes Médicales

  
  
Professeur François-Noël GILLY

## 7. BIBLIOGRAPHIE

1. INRS. Fiche DEMETER n°076, Protoxyde d'azote. 2010.  
Disponible sur: <http://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/bdd-demeter/DEM-076/DEM%20076.pdf>.
2. Circulaire DGS/3A/667 bis relative à la distribution des gaz à usage médical et à la création d'une commission locale de surveillance de cette distribution. 10 octobre 1985  
Disponible sur : <http://www.hosmat.eu/circulaires/textes85/667bis.htm>.
3. Pédiadol. Protocole d'utilisation du MEOPA. 2013.  
Disponible sur : <http://www.pediadol.org/Protocole-d-utilisation-du-MEOPA.html>
4. Hennequin M, Onody P. Pollution level during inhalation sedation with a 50%N<sub>2</sub>O/50%O<sub>2</sub> premix: comparison of two administration devices. *Ann Fr Anesth Réanim* 2004;23(6):959–65
5. O'Reilly JE, Roth GI, Matheny JL, Falace DA, Norton JC. The effects of nitrous oxide administration in the healthy elderly: N<sub>2</sub>O elimination and alveolar CO<sub>2</sub>. *Anesth Prog* 1983;30(5):187–92.
6. Trevisan A, Gori GP. Biological monitoring of nitrous oxide exposure in surgical areas. *Am J Ind Med* 1990;17(6):357–62.
7. Henderson KA, Matthews IP. Biological monitoring of midwives' exposure to N<sub>2</sub>O using the Bio-VOC breath sampler. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2002;12(4):309–12.
8. Imbriani M, Ghittori S, Pezzagno G, Capodaglio E. Anesthetic in urine as biological index of exposure in operating-room personnel. *J Toxicol Environ Health* 1995;46(12):249–60.
9. Henderson K, Matthews I, Adishes A, Hutchings A. Occupational exposure of midwives to nitrous oxide on delivery suites. *Occup Environ Med* 2003;60(4):958–61.
10. Weimann J. Toxicity of nitrous oxide. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2003;17(15):47–61.
11. Lassen HC, Henriksen E, Neukirch F, Kristensen HS. Treatment of tetanus; severe bone-marrow depression after prolonged nitrous-oxide anaesthesia. *Lancet* 1956;270(4):527–30.
12. Amess JA, Burman JF, Rees GM, Nancekievill DG, Mollin DL. Megaloblastic haemopoiesis in patients receiving nitrous oxide. *Lancet* 1978;2(4):339–42.
13. O'Sullivan H, Jennings F, Ward K, McCann S, Scott JM, Weir DG. Human bone marrow biochemical function and megaloblastic hematopoiesis after nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology* 1981;55(5):645–9.
14. Amos RJ, Amess JA, Nancekievill DG, Rees GM. Prevention of nitrous oxide-induced megaloblastic changes in bone marrow using folinic acid. *Br J Anaesth* 1984;56(5):103–7.
15. Layzer RB. Myeloneuropathy after prolonged exposure to nitrous oxide. *Lancet* 1978;2(4):1227–30.
16. Lindenbaum J, Healton EB, Savage DG, Brust JC, Garrett TJ, Podell ER, et al. Neuropsychiatric disorders caused by cobalamin deficiency in the absence of anemia or macrocytosis. *N Engl J Med* 1988;318(9):1720–8.
17. Doran M, Rassam SS, Jones LM, Underhill S. Toxicity after intermittent inhalation of nitrous oxide for analgesia. *BMJ* 2004;328(2):1364–5.
18. Kugel. Chronic low level nitrous oxide exposure and infertility. *J Dent Asso* 1989;68:313

19. Vieira E, Cleaton-Jones P, Moyes D. Effects of low intermittent concentrations of nitrous oxide on the developing rat fetus. *Br J Anaesth* 1983;55(3):67–9.
20. Tannenbaum TN, Goldberg RJ. Exposure to anesthetic gases and reproductive outcome. A review of the epidemiologic literature. *J Occup Med Off Publ Ind Med Assoc* 1985;27(10):659–68.
21. Boivin JF. Risk of spontaneous abortion in women occupationally exposed to anaesthetic gases: a meta-analysis. *Occup Environ Med* 1997;54(8):541–8.
22. Rowland AS, Baird DD, Weinberg CR, Shore DL, Shy CM, Wilcox AJ. Reduced fertility among women employed as dental assistants exposed to high levels of nitrous oxide. *N Engl J Med* 1992;327(5):993–7.
23. Rowland AS, Baird DD, Shore DL, Weinberg CR, Savitz DA, Wilcox AJ. Nitrous oxide and spontaneous abortion in female dental assistants. *Am J Epidemiol* 1995;141(8):531–8.
24. Ahlborg G, Axelsson G, Bodin L. Shift work, nitrous oxide exposure and subfertility among Swedish midwives. *Int J Epidemiol* 1996;25(8):783–90.
25. Axelsson G, Ahlborg G, Bodin L. Shift work, nitrous oxide exposure, and spontaneous abortion among Swedish midwives. *Occup Environ Med* 1996;53(5):374–8.
26. Bodin L, Axelsson G, Ahlborg G. The association of shift work and nitrous oxide exposure in pregnancy with birth weight and gestational age. *Epidemiol Camb Mass* 1999;10(8):429–36.
27. Lafon D, Recommandations et guides pour les médecins du travail dans le cadre de la surveillance liée à l'exposition aux reprotoxiques. *Arch Mal Prof* 2008;69-n°2(4):268-271.
28. Legifrance. Avis relatif à l'homologation et à l'annulation de normes, JORF n°0116 du 20 mai 2009 page 8469  
texte n° 101.
29. Lebas V. La sédation au protoxyde d'azote en cabinet dentaire de ville en 2010. Mémoire : Diplôme Universitaire d'expertise maxillo-faciale et bucco-dentaire. 2010. p41  
Disponible sur : [http://www.memoireonline.com/03/12/5598/m\\_La-sedation-au-protoxyde-dazote-en-cabinet-dentaire-de-ville-en-20100.html](http://www.memoireonline.com/03/12/5598/m_La-sedation-au-protoxyde-dazote-en-cabinet-dentaire-de-ville-en-20100.html)
30. Kugel G, Norris LH, Zive MA. Nitrous oxide and occupational exposure: it's time to stop laughing. *Anesth Prog* 1989;36(6):252–7.
31. Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français. Recommandations pour la pratique clinique, les pertes de grossesse, 2014.  
Disponible sur: [http://www.cngof.asso.fr/data/RCP/CNGOF\\_2014\\_pertes\\_grossesse.pdf](http://www.cngof.asso.fr/data/RCP/CNGOF_2014_pertes_grossesse.pdf).



## 8.2 **ANNEXE 2 : Courrier d'accompagnement du 1<sup>er</sup> envoi de questionnaires**

24/04/2013

Mesdames, Messieurs,

Comme vous avez pu le constater, le service de médecine du travail est en train de réaliser une enquête sur l'exposition du personnel soignant au MEOPA dans les services de pédiatrie.

Ce travail a été initié par le Dr Marie-Agnès DENIS face à quelques plaintes spontanées d'agents qui évoquaient des céphalées et nausées à l'utilisation du gaz.

Nous avons donc déjà réalisé, avec l'aide de Mr CADOT, des prélèvements d'air dans les services de l'HFME les plus consommateurs afin d'observer quels peuvent être les taux de gaz sur votre lieu de travail.

Un autre point important consiste à recueillir de manière plus précise les plaintes du personnel. A cette fin, nous vous demandons de bien vouloir remplir le questionnaire ci-joint. Nous attirons votre attention sur le fait que ces données seront strictement confidentielles et pour garantir ce secret nous vous proposons de remettre votre questionnaire à votre cadre de santé dans un pli fermé. Seule le Dr Denis et moi-même y auront accès.

Nous tenons déjà à vous remercier pour votre accueil au sein de vos services et d'avoir accepté de porter nos pompes...

Nous nous engageons bien évidemment à vous fournir un retour dans les prochains mois.

Merci de votre confiance et de votre participation.

Charlotte Pété-Bonneton - interne en médecine du travail

Docteur Marie-Agnès Denis - Médecin du travail

## 8.3 **ANNEXE 3 : Courrier d'accompagnement du 2<sup>ème</sup> envoi de questionnaires.**

Mesdames, Messieurs,

Comme vous le savez pour certains, le service de médecine du personnel, à l'initiative du Dr Marie-Agnès DENIS réalise depuis le début de l'année une enquête autour de l'exposition du personnel soignant au MEOPA en pédiatrie.

Nous avons visité vos différents services et y avons réalisé des mesures d'air. L'analyse de ces mesures est toujours en cours et nous espérons pouvoir vous tenir informé des résultats dans la fin d'année.

Par ailleurs, il vous a été distribué dans le courant du mois de mai un questionnaire vous interrogeant sur votre utilisation du gaz et d'éventuels symptômes en lien avec celle-ci.

Nous avons à ce jour récupéré 138 questionnaires parmi les 267 distribués. Même si les réponses sont très parlantes, le taux de réponse, de tout juste 50% est faible pour établir de réelles conclusions. Aussi nous vous réadressons par la présente ledit questionnaire.

Nous remercions le personnel qui a déjà répondu et lui demandons de ne pas envoyer de nouvelle réponse, et invitons les autres à participer à ce sondage. Nous rappelons que le recueil des données est fait par votre médecin du travail et son interne et ce de manière anonyme. Vous pouvez l'adresser directement au service de santé au travail par courrier interne.

Espérant que cette relance permettra de gonfler nos effectifs et vous remerciant de votre confiance et de votre participation,

Charlotte Pété-Bonneton, interne en médecine du travail

Dr Marie-Agnès Denis, médecin du travail

## 8.4 ANNEXE 4 : Résultats des mesurages de biométrie par soignant

### Annexe 4-1 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants de chirurgie uro-viscérale

soignants	Taux N2O inspiré, dernier geste sous MEOPA (ppm)	temps depuis le dernier geste sous MEOPA (min)	Taux N2O inspiré, dernière exposition pièce (ppm)	temps depuis dernière expo pièce (min)	Heure de prélèvement	taux N2O expiré (ppm)	pondération 8h N2O inspiré (ppm)
BOU	279	125			11h50	4,8	<b>9,1</b>
	279	250			13h55	<b>1,6</b>	
AUG	767	125			11h50	4,8	<b>19,5</b>
	767	250			13h55	<b>3,5</b>	
OLI	124	55			11h45	2,3	<b>5,2</b>
	124	210			14h20	<b>1,9</b>	
BOUH	89	63			11h56	2,9	<b>2,2</b>
	89	218			14h00	<b>INDET</b>	
GA	71	55	6	18	11h20	4,1	<b>3,9</b>
	71	88	6	17	11h53	3,5	
	71	229	6	159	14h15	<b>3,3</b>	
BA	70	55	6	16	11h20	3,9	<b>4</b>
	70	88	6	11	11h53	3,9	
	70	229	6	153	14h15	<b>3,3</b>	

INDET signifie que le taux était indétectable

### Annexe 4-2 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants des urgences

soignants	Taux N2O inspiré, dernier geste sous MEOPA (ppm)	temps depuis le dernier geste sous MEOPA (min)	Taux N2O inspiré, dernière exposition pièce (ppm)	temps depuis dernière expo pièce (min)	Heure de prélèvement	taux N2O expiré (ppm)	pondération 8h N2O inspiré (ppm)
IZ	443	203	4	60	18h49	<b>8,9</b>	<b>43</b>
SA	331	203	4	60	19h48	<b>1,7</b>	<b>49</b>
BO	538	9			19h30	<b>30</b>	<b>14</b>
CH	1352	3			19h08	<b>209</b>	<b>101</b>
BR	1218	5			19h10	<b>110</b>	<b>73</b>
JE	?	85			13h15	18,2	<b>23</b>
	557	161			16h12	7,8	
	439	63			18h35	9,5	
	439	111			19h23	<b>15</b>	
SA	615	60			16h12	9,1	<b>32</b>
	257	86			19h20	<b>22</b>	
IZ	854	192	18	120	18h45	<b>31</b>	<b>19</b>
RU	582	12			18h52	<b>60</b>	<b>24</b>
BE	271	60	31	30?	18h15	11	<b>7</b>
	271	105	31	75?	19h02	<b>17</b>	

### Annexe 4-3 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants d'HDJ pneumo-gastro

soignants	Taux N2O inspiré, dernier geste sous MEOPA (ppm)	temps depuis le dernier geste sous MEOPA (min)	Taux N2O inspiré, dernière exposition pièce (ppm)	temps depuis dernière expo pièce (min)	Heure de prélèvement	taux N2O expiré (ppm)	pondération 8h N2O inspiré (ppm)
MC	945	55	?	4	10h15	44	
	453	65			15h25	<b>9,2</b>	
ML	1030	135	?	78	10h15	22	<b>79</b>
	1030	415	?	358	14h55	<b>86</b>	
L	1231	70			15h30	<b>10,9</b>	<b>31</b>
MB	77	154			15h40	<b>5,9</b>	<b>1</b>
BP	166	154			15h40	<b>4,8</b>	<b>2,1</b>
BA	958	54	68	12	9h15	16,5	<b>68</b>
	563	79	35	24	11h16	7,3	
	563	300	2	154	14h54	<b>6,2</b>	
PL	47	409	36		9h07	15,8	<b>79</b>
	523	80	62	60	11h20	44,5	
	523	294	62	274	14h54	<b>5,9</b>	
HU			68	6	9h09	14	<b>13</b>
	400	102	35	23	11h45	9,9	
	400	137	9,7	1	11h50	<b>45</b>	
FA	1242	222	9,7	187	14h54	<b>9,9</b>	<b>47</b>

### Annexe 4-4 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants d'HDJ néphro

soignants	Taux N2O inspiré, dernier geste sous MEOPA (ppm)	temps depuis le dernier geste sous MEOPA (min)	Taux N2O inspiré, dernière exposition pièce (ppm)	temps depuis dernière expo pièce (min)	Heure de prélèvement	taux N2O expiré (ppm)	pondération 8h N2O inspiré (ppm)
MI	129	55			8h58	12,2	<b>7,6</b>
	129	115			9h59	2,2	
	129	175			11h00	4,5	
	129	242			12h07	3,7	
	129	330			13h35	1,4	
	129	360			14h00	<b>INDET</b>	
TO	280	59			9h02	81	<b>14,6</b>
	280	113			9h57	5,3	
	280	175			11h00	6,6	
	280	242			12h08	2,8	
	280	360			14h00	<b>INDET</b>	
RA	656	72			11h05	4,9	<b>18</b>
	656	127			12h	3,3	
	656	287			14h40	<b>1,3</b>	

#### Annexe 4-5 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants de neuro-néphro-rhumato

soignants	Taux N2O inspiré, dernier geste sous MEOPA (ppm)	temps depuis le dernier geste sous MEOPA (min)	Taux N2O inspiré, dernière exposition pièce (ppm)	temps depuis dernière expo pièce (min)	Heure de prélèvement	taux N2O expiré (ppm)	pondération 8h N2O inspiré (ppm)
BO	340	60			8h35	6,2	
	340	130			9h45	607	
	340	360			13h35	<b>INDET</b>	<b>7,8</b>
TE	304	360			13h35	<b>INDET</b>	<b>7</b>

#### Annexe 4-6 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants d'endoc

soignants	Taux N2O inspiré, dernier geste sous MEOPA (ppm)	temps depuis le dernier geste sous MEOPA (min)	Taux N2O inspiré, dernière exposition pièce (ppm)	temps depuis dernière expo pièce (min)	Heure de prélèvement	taux N2O expiré (ppm)	pondération 8h N2O inspiré (ppm)
LE	?	75			9h00	5,3	
	?	150			10h15	10,3	
	325	85			13h45	<b>INDET</b>	<b>4,7</b>
BO	?	75			9h00	5	
	?	150			10h15	8,9	
	682	85			13h45	<b>INDET</b>	<b>8,5</b>

#### Annexe 4-7 : Taux protoxyde dans l'air expiré pour les soignants de pneumo-gastro

soignants	Taux N2O inspiré, dernier geste sous MEOPA (ppm)	temps depuis le dernier geste sous MEOPA (min)	Taux N2O inspiré, dernière exposition pièce (ppm)	temps depuis dernière expo pièce (min)	Heure de prélèvement	taux N2O expiré (ppm)	pondération 8h N2O inspiré (ppm)
GU	304	72			10h00	5	
	304	147			11h05	2,1	
	304	282			13h30	<b>INDET</b>	<b>6,3</b>
HA	907	72			10h00	4,3	
	907	147			11h05	2,2	
	907	252			13h30	<b>INDET</b>	<b>18,9</b>

8.5 ANNEXE 5 : Extraits du rapport d'exposition de l'IHOP

*Hôpital de jour, 3 décembre 2013 :*

lieu, soignant, type de soins	heure début admin MEOPA/ débit en L/min	durée expo MEOPA	taux N <sub>2</sub> O (ppm) durant les soins	taux N <sub>2</sub> O (ppm) rapporté sur 8h
<i>salle 1</i>				
Dall [ ] PC	9h57 / 6	12	1060	27
+ Noy [ ]	9h57 / 6	10	3050	64
ambiance 1	10h45	0	6	
Roudc [ ] PS	10h48 / 6	7	1890	28
+ Ren [ ]	10h48 / 6	7	1200	17,5
ambiance 2	11h10	3	21	+0,1 / +0,1
Dall [ ] Noy [ ]				= 27* / = 64*

*Hôpital de jour, 15 janvier 2014 :*

lieu, soignant, type de soins	heure début admin MEOPA/ débit en L/min	durée expo MEOPA	taux N <sub>2</sub> O (ppm) durant les soins	taux N <sub>2</sub> O (ppm) rapporté sur 8h
<i>salle 1</i>				
ambiance	9h30	0	2,3	
Goh [ ] PC	9h45 / 9	18	460	17,2
+ Mach [ ]	9h45 / 9	18	770	28,9
ambiance PS	10h30 / 0	8	35	+0,6 / +0,6
Goh [ ] / Mac [ ]				= 17,8 / = 30*
Goh [ ] AC	10h44 / 6	9	1840	+ 34,5 = 52*
+ Mha [ ] PC	11h30 / 9	16	515	17,2
<i>chambre 407</i>				
interne PL	11h34 / 12	10	705	14,7
+ Gin [ ]	11h34 / 12	10	1430	30

*Hôpital conventionnel, 15 janvier 2014 :*

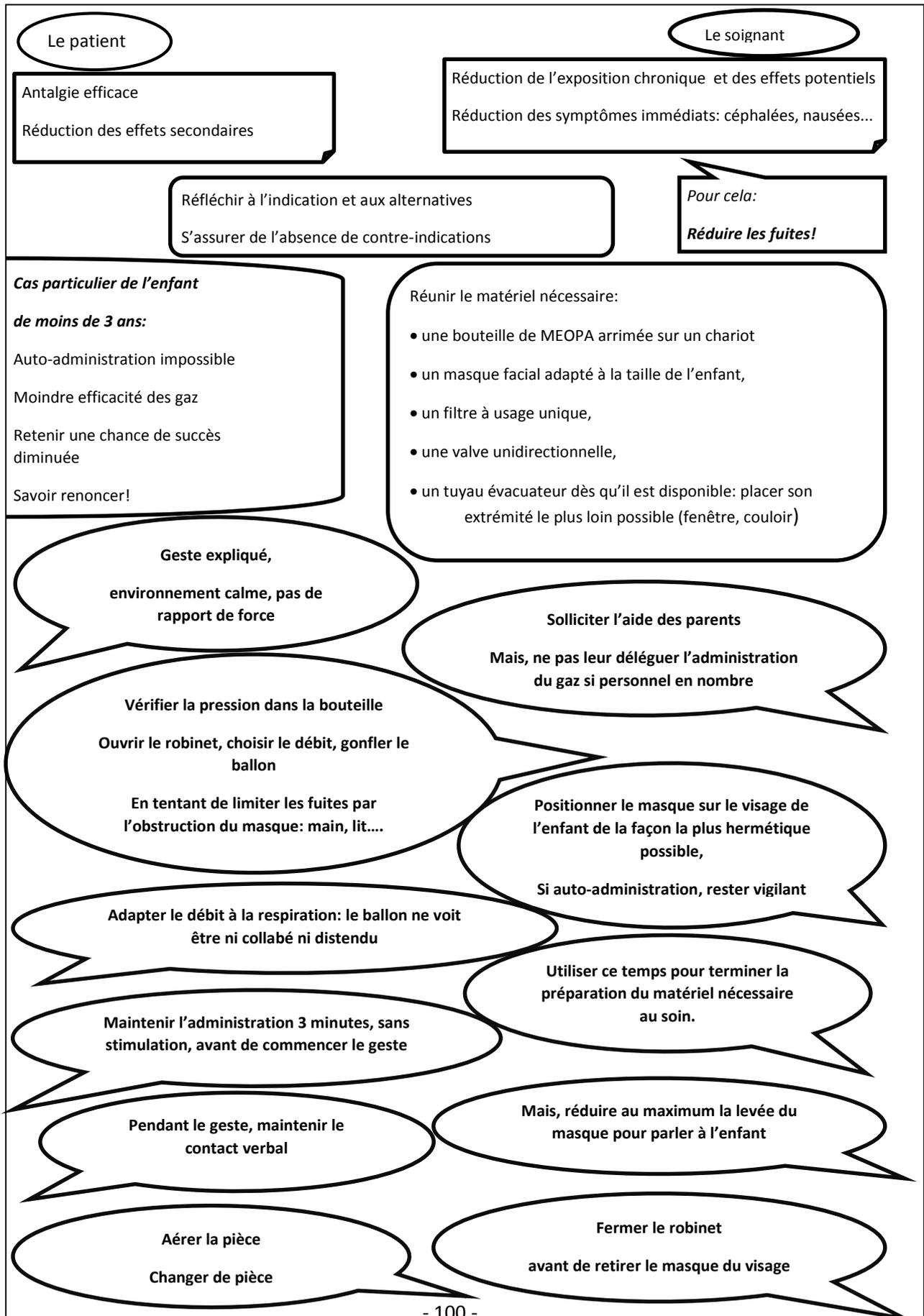
lieu, soignant, type de soins	heure début admin MEOPA/ débit en L/min	durée expo MEOPA	taux N <sub>2</sub> O (ppm) durant les soins	taux N <sub>2</sub> O (ppm) rapporté sur 8h
<i>chambre 510-11</i>				
Bla [ ] PL	15h33 / 6	9	71	1,3
+ Del [ ]	15h33 / 6	9	330	6,2
<i>chambre 508-9</i>				
Gha [ ] PL	16h11 / 9	10	260	5,4
+ Cour [ ]	16h11 / 9	10	1420	30
+ Bla [ ]	16h11 / 9	10	non mesuré	>1,3* et <6,7*

PC : pose de cathéter, PS : prélèvement sanguin, PL : ponction lombaire

8.6 **ANNEXE 6 : Extrait du rapport d'exposition au protoxyde d'azote en explorations fonctionnelles neurologiques, avril 2015.**

Age / débit MEOPA (L/min)	Horaire	Durée d'exposition	Soins	Taux atmosphérique de protoxyde d'azote en ppm				
				aide-soignante	infirmière	médecin	ambiance ponctuelle	ambiance continue
Enfant 1 7 ans 12 L/min	14h03 à 14h17	14 min	EMG AVEC MEOPA	incident captage	14 (sortie 4 min)	incident captage		28
	14h17 à 14h33	16 min	traitement des tracés	30	28	25	42 (14h25)	
	14h03 à 14h33	30min	total soins	?	22	?		
Enfant 2 11 ans 0 L/min	14h33 à 15h16	43 min	EMG SANS MEOPA + traitement des tracés	PAS DE MEOPA A-S absente	1,9 (sortie 22 min)	6	10,8 (14h37) 3,4 (15h02)	4,7
	14h33 à 15h16	43 min	total soins		1,9	6		
Enfant 3 9 ans 12 L/min	15h16 à 15h33	17 min	EMG AVEC MEOPA	incident captage	74	84		115
	15h33 à 15h50	17 min	traitement des tracés	143	146	109	170 (15h35)	
	15h16 à 15h50	34 min	total soins	?	110	97		
							17,5 (15h55)	
3 enfants	14h03 à 15h50	107 min	total soins	>42 (estimation)	42	37 à 43 (estimation)		46
		pondération 8 heures		>9,4 (estimation)	9,4	8,3 à 9,7 (estimation)		10,3

8.7 **ANNEXE 7 : Exemple de flyer : « Une administration bien réalisée dans l'intérêt de tous ».**



8.8 **ANNEXE 8 : Iconographie de différentes situations de soins**

Délivrance du gaz en présence d'un tuyau d'extraction



Délivrance du gaz en présence d'un tuyau d'extraction et d'un bras d'aspiration à la source



Délivrance du gaz en l'absence de tuyau d'évacuation, par un parent



**PETE-BONNETON Charlotte** : Evaluation du risque lié à l'exposition au protoxyde d'azote, par utilisation du MEOPA, du personnel soignant de pédiatrie de l'hôpital Femme-Mère-Enfant de Lyon

Nbr f. 101 ill. 9 tab. 36

Th Méd : Lyon 2015 n°

---

### **Résumé :**

Le mélange équimolaire d'oxygène et de protoxyde d'azote est utilisé pour l'analgésie des soins douloureux. Nous avons étudié le risque professionnel en lien avec son utilisation dans des services de consultations et d'hospitalisation. La métrologie évalue les niveaux d'exposition des personnels par des mesurages atmosphériques sur un panel de services de pédiatrie, dans différentes situations de travail. L'air est capté individuellement par l'intermédiaire de pompes, ce qui permet des séquençages pour les phases des soins. L'analyse s'est faite par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à décharge ionisante pulsée. Nous y avons associé des mesurages de biométrie (air expiré).

Nous avons suivi 34 soignants sur l'ensemble de leur poste et assisté à 33 gestes sous MEOPA. Les données indiquent une exposition faible dans les services d'hospitalisation conventionnelle (les taux de protoxyde d'azote pondérés sur 8h sont inférieurs aux 25 ppm recommandées). La situation est préoccupante dans les services à forte consommation et confinant les soins dans quelques pièces: l'hôpital de jour de pneumologie et gastroentérologie et les urgences pédiatriques où certains soignants atteignent des valeurs d'exposition sur 8h, 4 ou 5 fois supérieures à la norme. Les taux de courte durée sont souvent supérieurs aux 200 ppm recommandés, jusqu'à près de 7 fois cette limite. Notre observation des postes a montré que ces contaminations des locaux sont en lien avec d'importantes fuites sur le circuit de distribution du gaz. Les données de biométrie ne sont pas concluantes ; le taux de protoxyde d'azote dans l'air expiré en fin de poste nous apparaît mal corrélé au taux de protoxyde d'azote inspiré sur l'ensemble du poste. Les 181 soignants ayant répondu à notre questionnaire rapportent des céphalées (47,2%), des nausées (22%), des vertiges (16,7%). Outre l'utilisation appropriée des matériels de distribution et le strict respect des protocoles de délivrance du gaz, les axes de prévention doivent privilégier une optimisation maximale du brassage d'air. Il conviendrait d'utiliser le MEOPA dans des locaux adaptés, conçus pour cette utilisation et bénéficiant d'un système d'extraction d'air efficace afin de réduire les surexpositions. Les médecins du travail en charge de la surveillance de personnel utilisant ce gaz doivent évaluer leur exposition et participer à la prévention. La proposition d'un reclassement temporaire de salariées en désir de grossesse ou enceintes doit être discutée.

---

### **MOTS CLES**

- Protoxyde d'azote
  - MEOPA
  - Personnel soignant
  - Exposition professionnelle
  - Métrologie
- 

### **JURY**

Président : Monsieur le Professeur Alain BERGERET

Membres : Monsieur le Professeur Pierre COCHAT  
Madame le Professeur Barbara CHARBOTEL  
Madame le Docteur Marie-Agnès DENIS

---

**DATE DE SOUTENANCE :** Vendredi 3 Juillet 2015

---

**Adresse de l'auteur :** charlotte.pb@hotmail.fr