

MOULIN Valérie

Promotion 2004-2006

## **Protoxyde d'azote : Où en est-on à la Réunion ?**

*Institut Régional de formation des Infirmiers Anesthésistes Diplômés d'Etat*

*Groupe Hospitalier Sud Réunion*

*Saint-Pierre*

# Remerciements

*Je tiens à remercier à l'occasion de ce travail :*

*Franck Bellier, pour la qualité de sa guidance, sa disponibilité et ses qualités pédagogiques et humaines certaines,*

*Gérard Pelletier, pour sa disponibilité et sa présence depuis le début de la formation,*

*Marie-Renée pour sa précieuse aide logistique,*

*Messieurs Istria et Célérier, pharmaciens respectifs du GHSR et du CHD pour leur aide,*

*Le Docteur Gindrey, par qui l'idée de ce travail a germé, pour son aide mais aussi pour le combat quotidien qu'il mène pour « éveiller les consciences »,*

*Tous les médecins anesthésistes et tous les infirmiers anesthésistes qui en plus d'avoir la patience et la motivation de nous encadrer en stage, ont bien voulu répondre à mes questionnaires, me permettant ainsi de réaliser ce travail,*

*Tous mes camarades de promotions, les bavardes, les dormeuses et les studieux mais plus particulièrement Bruno pour ses points de vue, Sophie pour sa douceur et enfin et surtout Laurent pour son amitié et sans qui ma scolarité n'aurait pas la même saveur,*

*Alex, sans qui je n'aurais peut-être jamais fait l'école d'anesthésie,*

*Stéphane, qui me supporte et me soutient infailliblement depuis tous ces mois,*

*Et enfin ma famille, que j'aime par-dessus tout.*

# Protoxyde d'azote au bloc opératoire : Où en est-on à la Réunion ?

## Plan

Abréviations.....	4
<b><u>I – Introduction</u></b> .....	5
<b><u>II - Cadre théorique: le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)</u></b> .....	6
II-1 Historique.....	6
II-2 Propriétés pharmacologiques.....	8
II-3 Domaines d'utilisation.....	9
II-4 Avantages.....	9
II-5 Inconvénients.....	10
II-6 Règlementation et sécurité.....	15
II-7 L'utilisation à La Réunion.....	15
II-8 Synthèse problématisée.....	21
<b><u>III - Exploration du terrain</u></b> .....	23
III-1 Méthodologie.....	23
III-2 Analyse des résultats.....	24
<b><u>IV Conclusion</u></b> .....	37
Annexes.....	38
Bibliographie.....	45

## **Abréviations :**

<b>N<sub>2</sub>O</b>	Protoxyde d'azote
<b>MEOPA</b>	Mélange équimolaire oxygène protoxyde d'azote
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxygène
<b>MAC</b>	Minimum Alveolar Concentration
<b>mg</b>	Milligrammes
<b>PIC</b>	Pression intra-crânienne
<b>CEC</b>	Circulation extra-corporelle
<b>NVPO</b>	Nausées vomissements post-opératoires
<b>ppm</b>	Parties par milliards
<b>SFAR</b>	Société Française d'Anesthésie Réanimation
<b>IADE</b>	Infirmier(e) Anesthésiste Diplômé(e) d'Etat
<b>MAR</b>	Médecin Anesthésiste Réanimateur
<b>CHD</b>	Centre Hospitalier Départemental Félix Guyon
<b>GHSR</b>	Groupe Hospitalier Sud Réunion
<b>ASA</b>	American Society of Anesthesiologists

## **I - Introduction**

L'anesthésie est une discipline passionnante car elle évolue sans cesse, au fil du temps, au gré des découvertes et des expériences. Chaque nouvelle technique, chaque nouveau médicament mis sur le marché prouve qu'elle est une spécialité dynamique mais aussi que les certitudes que l'on peut avoir en anesthésie sont souvent fragiles. Si elle est vivante, ses contours sont imprécis, à l'image d'une merveilleuse nébuleuse en perpétuelle expansion.

C'est cet aspect un peu flou, presque irrationnel de la spécialité qui m'a le plus déroutée lors de mes premiers pas en anesthésie, et c'est lui qui m'a amenée à parler du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) dans ce travail.

En effet il m'a semblé constater au cours de mes différents stages des divergences d'opinions marquées quant à l'utilisation du protoxyde d'azote au bloc opératoire avec même des engagements forts puisque qu'une équipe à la Réunion a même choisi de ne plus l'utiliser. Ces différences de point de vue m'ont interpellée et j'ai donc voulu y voir plus clair sur ce sujet en essayant de répondre aux questions suivantes:

Quelle place reste-t-il au protoxyde d'azote encore aujourd'hui dans le cadre d'une pratique moderne de l'anesthésie en regard des techniques et médicaments à notre disposition?

Quelle vision de l'utilisation du protoxyde d'azote au bloc opératoire les acteurs de l'anesthésie réunionnaise ont-ils?

Après avoir revu le cadre théorique dans lequel s'inscrit l'utilisation du protoxyde d'azote notamment à la Réunion, je vous propose de découvrir les résultats d'un questionnaire distribué à des Médecins Anesthésistes-Réanimateurs et des Infirmiers Anesthésistes Diplômés d'Etat travaillant tous en bloc opératoire et dans deux établissements publics de la Réunion : le Groupe Hospitalier Sud Réunion à Saint-Pierre où le N<sub>2</sub>O est régulièrement utilisé et le Centre Hospitalier Départemental Félix Guyon à Saint-Denis dont l'approvisionnement au bloc central a été stoppé en 2005.

## II - Cadre théorique: le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)

### II-1 Historique [1] [2]:

#### ✓ *Découverte :*

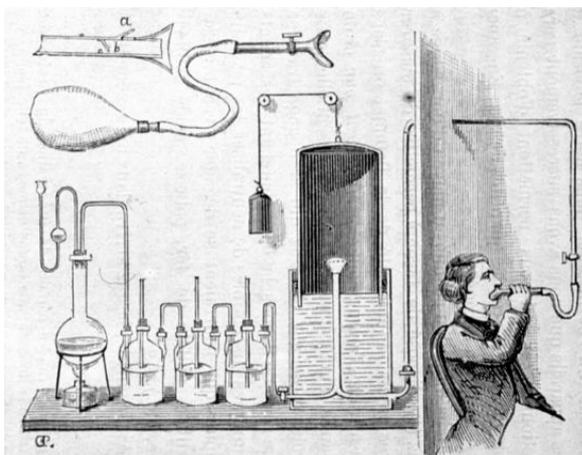
Le protoxyde d'azote a été découvert puis purifié en 1776 par un anglais nommé Joseph Priesley. Exploitant ses propriétés dysphoriques, son utilisation se cantonne au début à l'attraction de fête foraine. Des volontaires respirent le protoxyde d'azote amusant le public par leur ébriété. Il s'utilise aussi en usage récréatif lors des soirées mondaines. Il prend rapidement le nom de "gaz hilarant".

#### ✓ *Premières utilisations:*

Humphrey Davy, apprenti pharmacien, reprenant les travaux de Priesley, se l'administre en 1799 et décrit les effets analgésiques et dysphoriques du gaz. Il met aussi au point un système d'administration du N<sub>2</sub>O constitué d'un ballon de soie muni d'une tubulure.

Lors d'une représentation foraine, à laquelle assiste Horace Wells, dentiste de profession, celui-ci remarque qu'un de ces amis qui s'était porté volontaire pour respirer le gaz, ne ressentait aucune douleur alors qu'il s'était blessé.

Le 11 Décembre 1844, Horace Wells, décide d'expérimenter sur lui-même les effets du protoxyde d'azote lors d'une extraction dentaire effectuée par John Riggs. C'est Gardner Quincy Colton, directeur du cirque du Gaz Hilarant, une école de médecine un peu marginale, qui administre à Wells le fameux peroxyde d'azote stocké dans le ballon de soie. L'expérience s'avère être une réussite puisque Wells n'a rien senti. Fort de cette expérience, Wells adopte la technique pour ses patients avec un bon niveau de satisfaction. Mais lorsque Wells tente de nouveau l'expérience à Boston devant le célèbre chirurgien Warren, c'est un échec cuisant et il perd alors sa crédibilité face au monde médical.



[4]Appareil à protoxyde d'azote de Préterre.

En 1846, William Morton, un autre dentiste, réalise la première anesthésie à l'éther à Boston. C'est un franc succès et l'éther remplace rapidement le protoxyde d'azote qui ne devient qu'un adjuvant.



*Anesthésie à l'éther par Morton. (1846)[1]*

Le  $N_2O$  arrive en France en 1867 et il est rapidement associé aux anesthésies au chloroforme ou à l'éther.

#### ✓ *Premiers accidents*

Cependant, de nombreux accidents sont relatés après inhalation de la forme pure. Les premiers décès arrivent avec l'augmentation de l'étanchéité des masques et la nécessité d'administration concomitante d'air ou d'oxygène est rapidement mise en évidence. En 1956, les premiers effets secondaires sont découverts: Lancet décrit les effets sur l'hématopoïèse après une administration au long cours pour le traitement du tétanos.

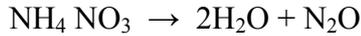
C'est à peu près à cette époque que l'utilisation sous forme de MEOPA (mélange équimolaire oxygène protoxyde d'azote) fait son apparition en Angleterre en obstétrique.

Aujourd'hui l'utilisation du protoxyde d'azote est encore très large mais elle est remise en question sur des arguments économiques et écologiques.

## II-2 Propriétés pharmacologiques

### ✓ *Fabrication du protoxyde d'azote:*

Il est obtenu par transformation du nitrate d'ammonium chauffé à 240°C selon la formule suivante :



Sa fabrication demande des contrôles stricts pour éviter la pollution du produit final par du dioxyde d'azote et de l'oxyde nitrique responsables de méthémoglobinémie et de lésions pulmonaires. [10]

### ✓ *Propriétés physico-chimiques:*

Formule:  $\text{N}_2\text{O}$

C'est un gaz inorganique, incolore, d'odeur douceâtre non irritante.

### ✓ *Métabolisme:*

Le  $\text{N}_2\text{O}$  n'est pratiquement pas métabolisé: seulement 0,004% de la fraction administrée est métabolisée, principalement par les bactéries anaérobies du tube digestif. L'analyseur de gaz permet donc un suivi juste de la cinétique du  $\text{N}_2\text{O}$ . [10]

### ✓ *Mécanisme d'action:*

Les mécanismes d'action au niveau cellulaire ne sont pas clairement identifiés. Il aurait une action non spécifique sur les membranes lipidiques, les synapses et des récepteurs en particulier cholinergiques et au glutamate.

### ✓ *Conditionnement:*

La température critique du  $\text{N}_2\text{O}$  de 36,4°C permet son stockage sous forme liquide à haute pression (50 bars). Le stockage se fait en cylindres métalliques de couleur bleue. La pression interne reste constante tant que subsiste du  $\text{N}_2\text{O}$  à l'état liquide. Il doit être stocké dans un local tempéré car sa pression de vapeur saturante varie en fonction de la température externe (50 bars à 20°C et 18 bars à -20°C), ce qui explique aussi que les bouteilles à la Réunion soient légèrement moins remplies qu'en métropole.

Il est stable ( $1/2$  vie atmosphérique proche d'un siècle) [3] et non modifié par la chaux sodée.

C'est un oxydant non inflammable, entretenant la combustion et pouvant réagir violemment avec les matières combustibles. C'est un comburant se décomposant en azote et en oxygène pour une température supérieure à 450°C impliquant des précautions d'emploi: contre-indication à la chirurgie laser ou au bistouri électrique dans les voies aériennes. [9]

Le MEOPA est présenté en bouteilles à fond blanc et ogive bleue dans lequel il est exclusivement sous forme gazeuse, comprimé à 137 bars. Le MEOPA n'est pas l'objet de ce travail.

### **II-3 Domaines d'utilisation**

Anesthésie générale: utilisé dans 90% des anesthésies générales en 1997. [20]

Analgésie dentaire, obstétricale, pédiatrique.

#### ***Indications thérapeutiques :***

- ✓ Adjuvant de l'anesthésie générale, en association avec tous les agents d'anesthésie administrés par voie intraveineuse ou par inhalation,
- ✓ Adjuvant de l'analgésie au bloc opératoire ou en salle de travail.

### **II-4 Avantages**

#### ***✓ Anesthésie et analgésie:***

Le N<sub>2</sub>O a des propriétés analgésiques propres proportionnelles à la fraction inspirée et de faibles qualités anesthésiques : sa MAC (Minimum alveolar concentration) est de 104% chez l'homme entre 30 et 60 ans [9], donc une anesthésie au protoxyde d'azote serait possible mais en chambre hyperbare!

L'équivalence analgésique pour une fraction inspirée de plus de 35% est estimée à 20% d'une dose de 15 mg de morphine sous-cutanée. [9] Ces phénomènes seraient (controverses existantes) liés à une action sur les voies spinale et supraspinale par libération d'opioïdes endogènes. [9]

Etant donné qu'il est utilisé depuis plus de 150 ans on dispose à son sujet d'une immense expérience clinique.

#### ***✓ Potentialisation des médicaments de l'anesthésie***

En présence de N<sub>2</sub>O les doses d'entretien du propofol peuvent être réduites de 25%.

Administré à une fraction inspirée de 70%, le protoxyde d'azote permet de réduire non seulement la dose d'anesthésique intra-veineux requise mais aussi la MAC des halogénés. « Cette réduction est surtout significative chez l'adulte et le vieillard, où elle est d'environ 60 à 70%. » [20]

En permettant de réduire les doses d'hypnotiques dont les effets hémodynamiques sont plus marqués il permet une meilleure stabilité des paramètres. [13]

✓ *Effet 2<sup>ème</sup> gaz*

Il existe un passage alvéole/sang plus rapide que pour l'oxygène et les halogénés d'où une augmentation de leur concentration dans l'alvéole et donc une augmentation de leur rapidité d'effet. [10][9]

✓ *Cinétique rapide*

Son coefficient de partage gaz/sang de 0,46 à 37°C lui confère une faible solubilité d'où une cinétique rapide et une faible accumulation tissulaire. [9]

Le temps d'équilibre poumon/sang/cerveau est très court d'où une rapidité d'installation des effets et du réveil ainsi qu'une bonne prédictibilité. Les effets disparaissent en environ 2 minutes. C'est donc un gaz proposant une très bonne souplesse d'utilisation.

Son coefficient de partage Gaz/huile est de 1,4 d'où sa faible puissance anesthésique.

Le protoxyde d'azote est donc maniable mais peu puissant.

## **II-5 Inconvénients**

### **II-5-1 Pour le patient:**

✓ *Effet Fink:*

C'est l'effet deuxième gaz inverse.

Le passage sang/alvéole est très rapide au réveil d'où une diminution de la concentration alvéolaire des autres gaz présents dans l'alvéole. En cas de ventilation spontanée à l'air ambiant ou d'hypoventilation ce phénomène peut être à l'origine d'une hypoxie de diffusion.

✓ *Hypoxie en cas d'inhalation pure:*

Elle justifie la réglementation actuelle. (Cf. II-6)

✓ *Passage foeto-placentaire:*

Il existe un passage foeto-placentaire rapide du N<sub>2</sub>O ainsi qu'une fixation foetale. Les conséquences sont négligeables en cas de courte administration mais une utilisation prolongée chez la mère jusqu'à la naissance peut entraîner une hypoxie néonatale, une détresse respiratoire et une diminution du score d'APGAR. [10]

✓ ***Effets sur l'hématopoïèse:***

Le protoxyde d'azote en réagissant avec la vitamine B12 perturbe le métabolisme des folates: la synthèse d'ADN est déprimée dans la moëlle osseuse après 75 à 120 minutes d'exposition au N<sub>2</sub>O. Cette interférence avec la synthèse d'ADN entraînerait anémies mégaloblastiques, leucopénies, scléroses combinées de la moëlle, polyneuropathies sensitivo-motrices, foetopathies. La synthèse de méthionine et d'ADN reprend 3 à 4 jours après l'arrêt du protoxyde d'azote.

Cette toxicité n'apparaît pas dans les conditions normales d'utilisation mais en cas d'administrations prolongées ou itératives. Le N<sub>2</sub>O est donc contre-indiqué pour des anesthésies à intervalle inférieur à 7 jours.

Donné de façon concomitante avec le méthotrèxate (antifolinique), il existe un risque d'aplasie.

De plus 30 à 40% des patients âgés ont un déficit en vitamines B12.

✓ ***Effets cardio-vasculaires***

Le protoxyde d'azote déprime le baroréflexe, augmente le tonus sympathique, avec un faible effet inotrope négatif lié à l'inhibition du flux calcique entrant. Chez les enfants, il augmente légèrement les résistances vasculaires pulmonaires. [9] Chez le très jeune enfant le N<sub>2</sub>O peut donc augmenter le shunt et perturber l'oxygénation. [13]

✓ ***Effets sur la circulation cérébrale***

Le N<sub>2</sub>O augmente le débit sanguin cérébral, la consommation cérébrale en O<sub>2</sub> et la PIC.

✓ ***Diffusion dans les cavités creuses***

Le N<sub>2</sub>O étant plus soluble que l'azote dans le sang, il diffuse plus vite dans les cavités creuses que l'azote n'en sort d'où une distension des cavités compliantes et une augmentation de pression dans celles qui ne le sont pas. Utilisé à forte concentration lors d'une anesthésie générale, il va diffuser vers les organes creux: estomac, tube digestif, pneumothorax, bulle d'emphysème, embolie gazeuse, air épidual et le matériel (ballonnet de la sonde d'intubation ou de Swan-Ganz). Il est donc contre-indiqué dans les tympanoplasties, la neurochirurgie en position assise, la chirurgie cardiaque avec CEC et après encéphalographie gazeuse.

✓ ***Nausées et Vomissements post-opératoires (NVPO)***

De nombreuses études ont montré que l'utilisation de protoxyde d'azote pendant l'entretien de l'anesthésie augmentait la fréquence des nausées et vomissements post-opératoires notamment chez la femme.

## II-5-2 Ecologiques:

### ✓ *Effet de serre et réchauffement climatique*

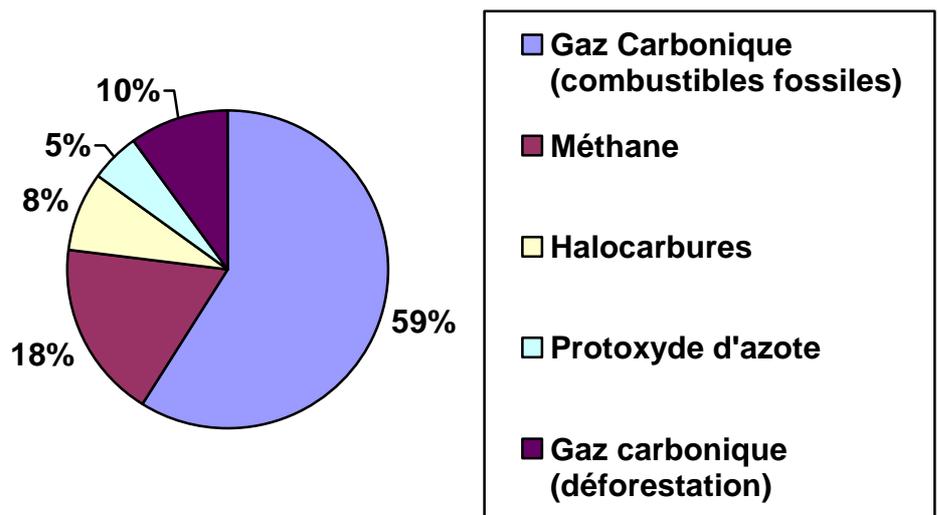
L'effet de serre est un phénomène naturel. La couche atmosphérique de la Terre joue le même rôle que les parois d'une serre. En l'absence de nuages, elle laisse passer la plus grande partie des rayons du soleil mais retient la chaleur accumulée en interceptant le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre.

Environ 50 % du rayonnement solaire traverse l'atmosphère jusqu'à la surface terrestre. Une grande partie de cette énergie est absorbée par le sol. Celui-ci émet un rayonnement infrarouge, dit tellurique ou thermique, parce qu'il est fonction de la température de la surface émettrice.

Une grande part de ce rayonnement infrarouge thermique est interceptée par les gaz absorbants (vapeur d'eau et CO<sub>2</sub>, essentiellement) présents naturellement dans l'atmosphère, diminuant ainsi sa perte vers l'espace. L'énergie "piégée" par l'effet de serre naturel conduit à une élévation de la température en surface, essentielle au développement et au maintien de la vie.

Sans cet effet de serre, la Terre aurait une température moyenne de -18°C au lieu de 15°C.

Depuis l'ère industrielle, ce phénomène naturel est amplifié par les activités humaines émettrices de gaz absorbant les rayonnements dans l'infrarouge thermique. La modification de l'atmosphère qui en résulte conduit à un effet de serre " additionnel ", qui doit se traduire par un réchauffement global et, au-delà, par une modification du système climatique de la planète. La répartition de ces gaz à effet de serre d'origine anthropique produits dans le monde est la suivante [24] :



*Graphique n°1 - Répartition des gaz à effet de serre d'origine anthropique*

Le protoxyde d'azote est un puissant gaz à effet de serre. De part la stabilité de ses liaisons chimiques il possède un fort pouvoir absorbant dans l'infrarouge. Il a un pouvoir de réchauffement global (PRG) sur 100 ans 310 fois plus élevé qu'une masse équivalente de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>. Cela signifie que une tonne de N<sub>2</sub>O équivaut à 310 tonnes de CO<sub>2</sub> concernant son pouvoir de réchauffement climatique sur cette durée. De plus sa demi-vie est très longue: 150 ans. De fait, en 1999, les émissions de N<sub>2</sub>O représentaient la seconde plus importante contribution de gaz à effet de serre en France (avec 16 %, c'est à dire trois fois plus que pour la répartition mondiale). [19]

L'agriculture est la principale source d'émissions anthropiques de protoxyde d'azote (75%). L'industrie (16%), le transport routier (6%) et le secteur de l'énergie (1%) sont les autres sources d'importance [26]. On estime à 3% la contribution relative de l'utilisation médicale du protoxyde d'azote dans les émissions anthropiques de N<sub>2</sub>O au Canada [5].

#### ✓ *Couche d'ozone :*

Le protoxyde d'azote est aussi responsable de l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique qui nous protège du rayonnement ultraviolet. L'inertie de ce gaz lui permet de se hisser jusqu'aux couches de la stratosphère (15 à 60 km en altitude) et c'est là qu'il sera détruit soit par photolyse ou par réaction avec l'oxygène réactive (O<sup>-</sup>). Un des produits de ces réactions sera le monoxyde d'azote (NO). Le NO catalyse la destruction de l'ozone stratosphérique en oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>). [5]

### **II-5-3 Implications professionnelles**

#### ✓ *Coût*

Il serait de cinq à huit dollars/heure aux états-unis. A la Réunion, il existe un surcoût (prix environ multiplié par 6 par rapport à la métropole) lié au transport et à la nécessité de stockage des obus.

#### ✓ *Toxicité professionnelle:*

La circulaire DGS/3A/667 bis du 10 octobre 1985 du Ministère de la Santé, préconise la présence dans toute salle où se font des anesthésies la présence de dispositifs d'évacuation de gaz et vapeurs anesthésiques. Elle fixe les valeurs d'exposition à 25 ppm (parties par milliard en volume:  $1 \times 10^{-9}$ ) en phase d'entretien pour le protoxyde d'azote. Dans plusieurs pays européens ces valeurs sont fixées pour 8 heures entre 80 et 100 ppm. Au Québec le seuil est de 50 ppm. [18]

De plus le code du travail demande pour les locaux à pollution spécifique comme les blocs opératoires:

- la suppression des émissions,
- le captage localisé des polluants,
- l'évacuation des polluants résiduels par la ventilation générale.

Ce renouvellement en “air neuf” doit correspondre au minimum à 15 volumes d'air par heure et par salle avec un minimum de 50 m<sup>3</sup>/heure/personne. Les recommandations de l’OMS sont identiques.

Au Québec et en Norvège, il est prévu par la loi que les femmes enceintes, exposées aux gaz et vapeurs halogénées, bénéficient d'un poste aménagé soit à leur demande, soit en cas d'exposition élevée ou mal maîtrisée.

Dans des salles peu ventilées lors d'anesthésies en circuit ouvert on peut atteindre en valeurs instantanées, des pics de 1500 à 2000 ppm. [18]

Une étude de la Caisse Régionale d'Assurance Maladie (CRAM) d'Ile de France de 1998 a évalué les expositions aux gaz et vapeurs anesthésiques. Elle met en évidence le lien direct entre le débit de gaz frais utilisé, la présence d'évacuation efficace et le taux de pollution des salles.

Si on associe un faible débit de gaz frais et un système actif d'évacuation des gaz, on peut faire chuter les concentrations moyennes à 13 ppm.

Ceci est d'autant plus important que de nombreuses études invitent à la prudence quant à l'exposition répétée aux gaz anesthésiques. Elle serait responsable des réactions suivantes [18]:

- ralentissement des réactions psychomotrices chez les professionnels exposés (selon Lucchini, Saurel-Cubizolles et Hageman),
- manifestations neurologiques périphériques à type de dysesthésies,
- augmentation des aberrations chromosomiques et des échanges de chromatides soeurs dans des cellules périphériques chez des employés travaillant dans des blocs sans système d'aspiration des gaz,
- Hoerauf a mis en parallèle en 1999 les atteintes observées chez des salariés exposés à environ 2 ppm d'isoflurane et 25 ppm de N<sub>2</sub>O avec celles dues à un tabagisme de 11 à 20 cigarettes/jour.
- De plus, de nombreuses études ont montré sa tératogénicité chez l'animal à des doses importantes et une méta analyse de 24 études épidémiologiques menées de 1971 à 1995 au Québec relatives aux effets de l'exposition professionnelle à des gaz anesthésiques sur la reproduction a montré un risque relatif global de 1,51.

Sur ce sujet la SFAR se veut plus rassurante dans la Conférence d'actualisation de 1999 concernant les Maladies professionnelles et anesthésie-réanimation de J.M. Desmonts [21] :

*“Les dangers professionnels liés à l'exposition aux agents anesthésiques gazeux et volatils, rencontrés dans leur exercice par les anesthésistes-réanimateurs ont suscité un certain nombre d'études épidémiologiques dans les 30 dernières années. Ces différentes études ne mettent pas en évidence une augmentation significative de la morbidité et de la mortalité des anesthésistes par rapport à une population contrôle de médecins d'autres spécialités, et par rapport à la population générale, à âges et niveaux socio-économiques équivalents.”*

Mais il est difficile de savoir quoi penser de tout cela car aucun site anesthésique à la Réunion n'est équipé de systèmes d'évacuation actifs et les pollutions ne sont qu'exceptionnellement mesurées dans les salles de bloc de même que la qualité des systèmes de ventilation générale des salles. Le risque n'est donc pas vraiment maîtrisé.

## **II-6 Règlementation et sécurité**

Le protoxyde d'azote ne doit être administré qu'au bloc opératoire ou en salle de travail. En dehors de ces structures, l'utilisation de mélangeur O<sub>2</sub> / N<sub>2</sub>O devrait être proscrite (en dehors du bloc opératoire et de la salle de travail, l'utilisation du protoxyde d'azote en analgésie doit faire appel à un mélange équimolaire préfabriqué protoxyde d'azote / oxygène 50%/50%).

Conformément à la réglementation, en rapport avec les recommandations de la SFAR concernant l'équipement d'un site d'anesthésie [21] et l'appareil d'anesthésie [22] et sa vérification avant utilisation, l'administration du N<sub>2</sub>O nécessite :

- un mélangeur protoxyde d'azote - oxygène assurant une FiO<sub>2</sub> toujours supérieure ou égale à 30%, offrant la possibilité d'une FiO<sub>2</sub> à 100%, muni d'un dispositif de valve anti-retour et d'un système d'alarme et de coupure automatique du protoxyde d'azote en cas de défaut d'alimentation en oxygène,
- Un monitoring de la FiO<sub>2</sub>, dans l'air inspiré en cas de ventilation artificielle,
- Une distribution dans un réseau dit à double détente constitué d'un réseau primaire à une pression à 8 à 10 bars et d'un réseau secondaire à une pression de délivrance à l'appareil d'anesthésie de  $3,5 \pm 0,7$  bar et toujours inférieure aux autres gaz pour prévenir la pollution des circuits par le protoxyde d'azote,
- Une fiche de flexible à N<sub>2</sub>O munie d'un détrompeur à 4 crans,
- Identification de la distribution en couleur bleue,
- Un système antipollution actif avec élimination des gaz à l'extérieur (les cartouches absorbantes ne retiennent pas le N<sub>2</sub>O) pour la salle dans lequel il est utilisé.

## **II-7 L'utilisation à La Réunion**

### **✓ Conditions d'utilisations**

Aucun système d'évacuation des gaz, quel qu'il soit, actif ou passif, n'est utilisé aux blocs centraux du CHD et du GHSR. Un système d'évacuation active type « SEGA » est prévu sur le projet du nouveau bloc du GHSR.

La seule évacuation des gaz anesthésiques polluants existante dans les salles de bloc est le système de ventilation générale qui selon les salles est plus ou moins efficace (au minimum les 15 volumes d'air renouvelés obligatoires par heure et par salle).

En revanche, il faut noter que les deux blocs sont équipés d'appareils d'anesthésie suffisamment modernes pour supporter une utilisation en bas débit de gaz frais permettant ainsi de limiter la consommation en gaz de même que la pollution des salles.

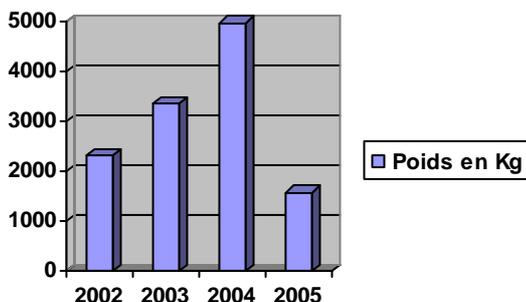
✓ *Coût*

Etablir le coût réel d'une anesthésie est une tâche complexe et difficile car cela englobe de nombreux paramètres. Chacun de nos gestes quotidiens a une répercussion sur ce coût, par exemple, le choix des médicaments utilisés pour mener à bien notre anesthésie.

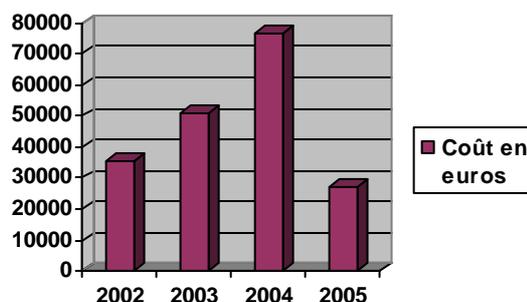
Au CHD, le prix du protoxyde d'azote a été un des arguments utilisé pour justifier l'arrêt du protoxyde d'azote. Il est vrai qu'il représentait un budget conséquent proportionnellement aux autres médicaments de l'anesthésie soit environ 60% de ce budget en 2004 et avant son arrêt sa consommation était en large expansion comme la montre le tableau suivant :

***Evolution de la consommation de N<sub>2</sub>O au CHD de 2002 à 2005***

*Graphique n°2 – Evolution de la consommation N<sub>2</sub>O en Kg*



*Graphique n°3 – Evolution de la consommation de N<sub>2</sub>O en Euros*



*Tableau n°1 - Evolution de la consommation de protoxyde d'azote au CHD*

Années	Quantité en Kg	Valeur en €	Prix au Kg en €
2002	2310	35597,10	15,40
2003	3365	51135,30	15,20
2004	4970	76587,73	15,40
2005	1585	26986,85	17

La diminution brutale en 2005 est liée à l'arrêt de l'utilisation du N<sub>2</sub>O au bloc central.

Parallèlement à l'arrêt du protoxyde d'azote au bloc central en 2004, le budget global annuel du bloc central lié aux principaux médicaments de l'anesthésie n'a pas augmenté et a même très légèrement diminué. Mais cette diminution est à considérer avec réserve puisque pour être significative il faudrait pouvoir la mettre en relation avec l'activité du bloc opératoire ou tout autre facteur pouvant influencer ses chiffres (utilisation accrue des circuits fermés, augmentation du nombre d'ALR par exemple).

En prenant en compte le Sufentanil®, le Rapifen®, le Fentanyl, l'Ultiva®, le Diprivan®, le Pentotal, l'Hypnovel®, le Sévorane®, l'Isoflurane® et la Kétamine ce budget a évolué de la façon suivante de 2003 à 2005 :

*Tableau n°2 – Budget global annuel du bloc central lié aux principaux médicaments de l'anesthésie de 2003 à 2005*

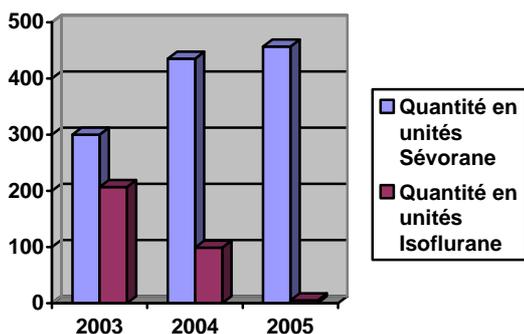
2003	2004	2005
111 085€	120 981€	116 915€

Une partie de la diminution de ce budget est due, comme nous le verrons, à la diminution de la consommation de Diprivan® en 2005.

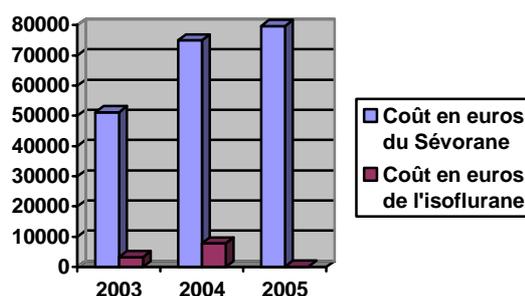
Plus précisément l'évolution des consommations de ces différents médicaments s'établit ainsi :

***Evolution de la consommation des halogénés au CHD de 2002 à 2005***

*Graphique n°4 - Evolution de la consommation en halogénés en unités*



*Graphique n°5 – Evolution de la consommation en halogénés en euros*

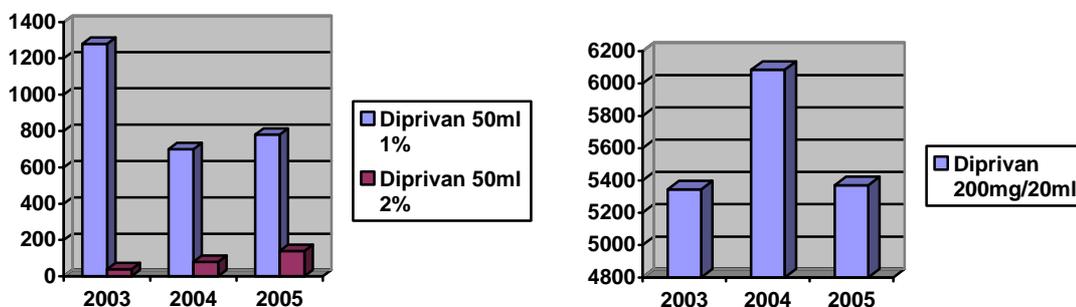


La consommation de Sévoflurane® a augmenté ces dernières années mais pas significativement en 2005 après l'arrêt du protoxyde d'azote.

Pour comparaison le GHSR a eu une consommation en 2005 de 226 flacons de Sévorane® soit deux fois moins que le CHD et 491 flacons d'Isoflurane® alors que le CHD n'en a pas consommé en 2005.

**Evolution de la consommation du Diprivan® au CHD de 2003 à 2005**

*Graphique n°6 et 7 – Evolution de la consommation de Diprivan® en unités*

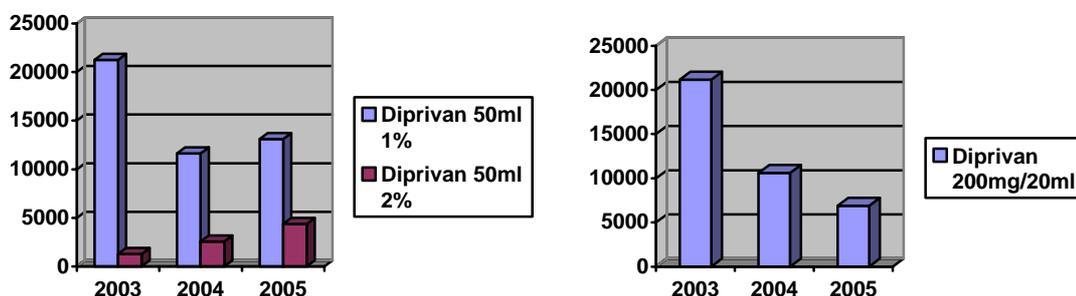


Tout comme pour le budget global des principaux médicaments de l'anesthésie, les variations de consommation, pour être analysables, doivent être mises en parallèle avec l'activité du service et les autres facteurs pouvant les engendrer.

Les chiffres pour le GHSR en 2005 étaient de 10881 unités de Propofol 200mg/20ml soit deux fois plus que le CHD et de 817 seringues pré remplies de 500mg soit là, le même nombre qu'au CHD. Pour pouvoir comparer ces chiffres, il faudrait connaître les activités respectives des deux établissements et comparer les consommations en rapport avec celles-ci.

On a ici en 2004, année de l'arrêt du N<sub>2</sub>O, une diminution importante de la consommation du Diprivan®. Cette diminution, comme on le verra plus loin peut-être en partie expliquée par une augmentation de la consommation du penthotal.

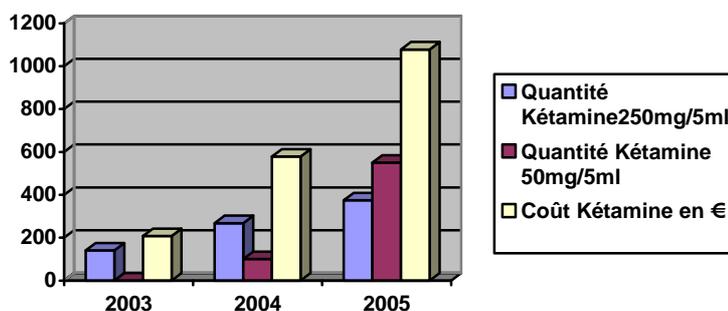
*Graphique n°8 et 9 – Evolution de la consommation de Diprivan® en euros*



La diminution du coût du Diprivan en 2004 s'explique par le passage au générique.

**Evolution de la consommation de la Kétamine au CHD de 2003 à 2005**

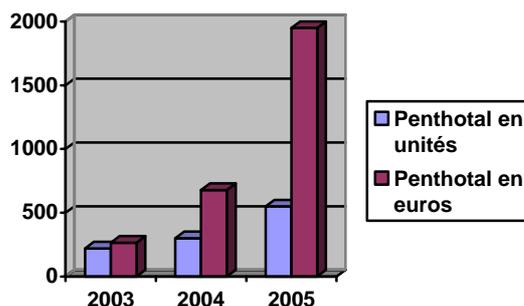
Graphique n°10 – Evolution de la consommation de Kétamine de 2003 à 2005



L'utilisation de Kétamine a été multipliée par cinq en trois ans. C'est le médicament dont la consommation a le plus augmenté au cours des dernières années.

**Evolution de la consommation du penthotal au CHD de 2003 à 2005**

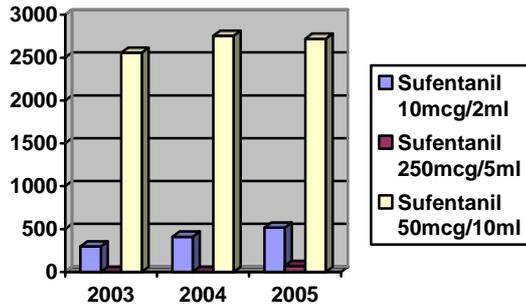
Graphique n°11 – Evolution de la consommation de Penthotal de 2003 à 2005



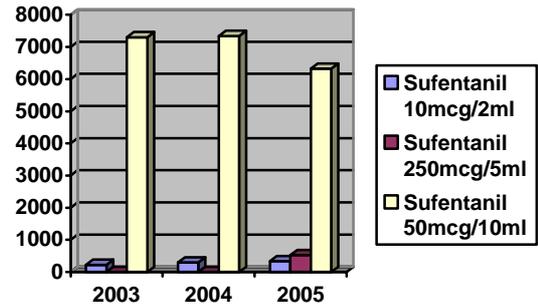
Cette augmentation du penthotal peut peut-être expliquer une partie de la diminution du Diprivan®.

**Evolution de la consommation du Sufentanil® au CHD de 2003 à 2005**

*Graphique n°12 – Evolution de la consommation Sufentanil® de 2003 à 2005 en unité*



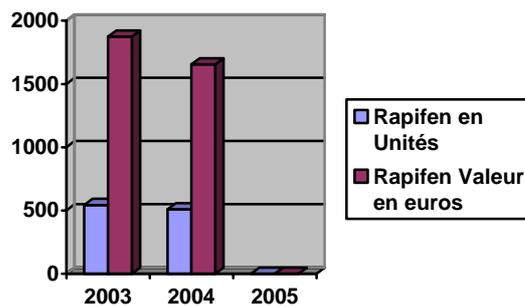
*Graphique n°13 – Evolution de la consommation Sufentanil® de 2003 à 2005 en euros*



On ne constate aucune augmentation de l'utilisation du Sufentanil® depuis l'arrêt du N<sub>2</sub>O.

**Evolution de la consommation du Rapifen® au CHD de 2003 à 2005**

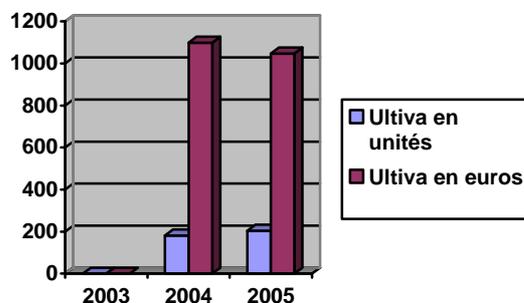
*Graphique n°14 – Evolution de la consommation du Rapifen® 5mg de 2003 à 2005*



On note aucune utilisation du Rapifen® 5mg en 2005.

## Evolution de la consommation de l'Ultiva® au CHD de 2003 à 2005

Graphique n°15 – Evolution de la consommation de l'Ultiva® de 2003 à 2005



On note ici une petite (200 unités) utilisation de l'Ultiva® depuis 2004.

Hormis une petite diminution de consommation du Diprivan® en 2005 compensée par une augmentation de celle du Penthotal, la consommation des principaux médicaments de l'anesthésie est restée stable de 2003 à 2005. L'Etomidate® et l'Hypnovel® ont eu des consommations quasi identiques au cours des trois années.

Il semblerait que l'arrêt du protoxyde d'azote n'ait pas entraîné de remaniement majeur dans l'utilisation des autres médicaments. Pour affirmer cela encore faudrait-il pouvoir mettre en relation ces chiffres avec ceux des différents paramètres de l'activité du bloc opératoire.

Ensuite il aurait été intéressant de pouvoir comparer les consommations des blocs centraux des deux établissements en médicaments de l'anesthésie en fonction de l'activité. Je n'ai malheureusement pas réussi à obtenir les consommations en protoxyde d'azote du GHSR. Quoiqu'il en soit la comparaison de deux services de deux établissements différents reste une étude compliquée, multiparamétrique, prenant en compte l'activité des services en question, mais aussi le type d'interventions pratiquées, de patients pris en charge, d'anesthésies réalisées, de matériel utilisé. Une telle étude pourrait à elle seule faire l'objet d'un travail.

## II – 8 Synthèse problématisée

S'il est certain que le N<sub>2</sub>O a eu ses heures de gloire, son utilisation est largement remise en question aujourd'hui sur des arguments économiques, écologiques et médicaux.

Il est difficile sur des arguments purement médicaux, par rapport aux données scientifiques dont on dispose, d'adopter raisonnablement une opinion tranchée sans apparaître obtus. Le N<sub>2</sub>O dispose en effet de qualités certaines dont la potentialisation et l'analgésie, qualités qui font que deux siècles après sa découverte il est toujours utilisé. Mais ce vieux

médicament possède aussi des inconvénients non négligeables notamment les NVPO, la diffusion dans les cavités creuses et l'impossibilité de l'utiliser de façon itérative. S'inscrivant dans la gamme médicamenteuse dont on dispose en anesthésie, on pourrait donc se dire pragmatiquement que son utilisation serait à adapter au type de patient et à la chirurgie.

Seulement voilà : le protoxyde d'azote est un gaz à effet de serre et son coût à la Réunion est loin d'être négligeable et dans un contexte global de morosité économique et écologique, la réflexion autour du protoxyde d'azote s'élargit bien au delà du domaine purement médical.

Car les « caisses » de l'Etat sont vides, la dette du secteur santé, ne cesse, nous dit-on, d'augmenter et la volonté des directions hospitalières de rationaliser les dépenses est désormais féroce.

De plus la Terre se réchauffe peu à peu à cause des gaz à effet de serre. La température a déjà augmenté de 0.5 ° C en un siècle ce qui peut paraître peu mais les dégâts causés sont déjà visibles. Si rien n'est fait la température va continuer d'augmenter (l'augmentation serait estimée à 5°C d'ici un siècle). Le scénario prévu n'est pas très réjouissant : modification des répartitions des précipitations, montée du niveau de la mer par fonte des glaciers, augmentation de la force des tempêtes et du nombre de catastrophes naturelles, inondations dans certaines zones et sécheresses dans d'autres. [25]

Se demander si le protoxyde d'azote a encore sa place dans une anesthésie moderne c'est peut-être finalement essayer d'estimer le rapport bénéfice/risque qu'il y a à l'utiliser, avec, dans le risque, une composante plus globale concernant l'environnement. Mais alors même qu'on s'est engagé pour le respect et la sauvegarde de la vie des autres, que notre travail quotidien de soignants est d'offrir une vie meilleure et plus longue à ceux de notre espèce, les avantages immédiats proposés par l'utilisation du protoxyde d'azote si grands soient-ils pèsent-ils suffisamment face à la menace qui gronde sur notre planète ? Peut-on décemment, alors qu'on dispose d'alternatives efficaces, continuer à utiliser un gaz dont on sait qu'il est nuisible à notre environnement et qui compromet l'avenir de nos enfants ?

Certains diront que la part du protoxyde d'azote médical dans l'effet de serre est minime comparativement à celle de l'agriculture, que nos petits efforts ne serviront à rien quand on sait que les Etats-Unis d'Amérique ont refusé de signer le protocole de Kyoto visant à réduire la production des gaz à effet de serre. Mais la réalité c'est qu'on assiste à l'émergence d'une conscience commune de la menace écologique. Beaucoup de recherches sont menées en agriculture pour essayer de diminuer le bilan azoté, et 18 Etats Fédérés des Etats-Unis se sont engagés, dans le cadre d'une politique locale, à diminuer leurs émissions de gaz à effets de serre (dont la Californie pour une diminution de 11%). Si chaque secteur réussit le pari de diminuer une partie de sa production, c'est une économie substantielle en N<sub>2</sub>O qui est promise. Chaque tonne économisée est une tonne qui ne va pas dans l'atmosphère. C'est la goutte d'eau qui fait l'océan, l'atome qui fait la matière.

La dernière donnée à soulever est que l'utilisation du N<sub>2</sub>O à la Réunion est faite en dehors des obligations légales imposées par la circulaire DGS/2A/667 bis du 10 octobre 1985 du Ministère de la Santé et en négligence des recommandations de Janvier 1995 de la SFAR concernant l'équipement d'un site ou d'un ensemble de sites d'anesthésie. Ces mauvaises

conditions de travail exposent à la pollution des salles non seulement le personnel d'anesthésie mais aussi les autres catégories de personnel des blocs opératoires.

Dans ce contexte global, j'émet donc l'hypothèse que le protoxyde d'azote n'a plus sa place dans la pratique d'une anesthésie moderne à la Réunion au regard des autres techniques et médicaments existants et dans les conditions dans lesquelles il est utilisé.

### **III - Exploration de terrain**

#### **III-1 Méthodologie suivie**

##### **III-1-1 Choix de l'outil et du public**

Pour ce travail, ce qui m'intéressait, c'était de connaître l'opinion des gens de terrain, qui manipulent ou ont manipulé le N<sub>2</sub>O tous les jours pour avoir une idée de la place qu'il occupe dans la pratique à la Réunion. Donc un questionnaire m'a semblé être l'outil le plus adapté.

J'ai choisi comme public les MAR et les IADE car même si les MAR sont prescripteurs on sait que les IADE jouent un rôle important dans le choix du protocole anesthésique et que leur présence quasi-permanente en salle d'intervention leur donne une incontestable expérience clinique.

J'ai choisi de distribuer mes questionnaires dans deux établissements publics de tailles plus ou moins semblables dont les choix budgétaires sont sensés avoir des contraintes similaires et les activités être plus ou moins superposables. Ces deux établissements sont le Centre Hospitalier Départemental Félix Guyon à Saint-Denis et le Groupe Hospitalier Sud Réunion à Saint-Pierre.

Ce choix m'a semblée d'autant plus intéressant que le CHD a récemment fait le choix de cesser l'utilisation du N<sub>2</sub>O au bloc central. Cela donnait donc l'occasion de confronter les opinions de ceux qui l'utilisent et de ceux qui ne l'utilisent plus.

##### **III-1-2 Choix de la méthode et présentation de la procédure**

J'ai choisi de préparer deux questionnaires différents pour chacun des établissements étant donné que le contexte est différent pour chacun. Au GHSR l'usage de protoxyde est possible, laissé au libre choix de chacun alors qu'au CHD il n'y a plus d'alimentation des machines d'anesthésie en N<sub>2</sub>O. De plus au CHD, beaucoup travaillaient déjà au bloc central avant l'arrêt de l'utilisation du N<sub>2</sub>O. Il me semblait très intéressant de connaître l'expérience et le point de vue sur une telle décision de ceux qui ont vécu « l'avant/après » N<sub>2</sub>O.

J'ai tenté de poser des questions regroupables par thème. Certaines sont communes aux deux questionnaires d'autres sont spécifiques à l'établissement.

J'ai choisi de ne pas faire de distinction entre IADE et MAR les conséquences et les contraintes liées à l'utilisation du N<sub>2</sub>O sont en définitive les même pour les deux catégories de personnel.

Les questionnaires sont disponibles en Annexes 1 et 2.

J'ai regroupé les réponses obtenues en fonction des thèmes abordés dans les questions et je les ai classées pour l'analyse en six parties abordant les questionnements suivants :

- Quels sont les avantages et les inconvénients reconnus au N<sub>2</sub>O par les professionnels de l'anesthésie ?
- Quelle est l'influence de l'utilisation ou l'arrêt du protoxyde d'azote sur la conduite de l'anesthésie ?
- Quelle place les MAR et les IADE donnent-ils au N<sub>2</sub>O et quelle est l'utilisation qu'ils en font ?
- Que pensent-ils de l'arrêt du protoxyde d'azote au bloc opératoire ?
- Qu'est-ce qui peut selon eux motiver cet arrêt ?
- Quels sont les systèmes antipollution qui équipent leur station d'anesthésie et les vérifient-il ?

### **III-2 Analyse des résultats**

#### **✓ Au CHD**

Au CHD : 22 questionnaires ont été récupérés sur 53 distribués aux MAR et aux IADE soit une participation globale de 45%. L'ancienneté moyenne des personnes ayant répondu est de 15 ans et demi.

MAR : 11 réponses ont été récupérées sur 19 questionnaires envoyés soit 58% de taux de participation et une ancienneté moyenne de 19 ans.

IADE : 11 réponses ont été récupérées sur 30 questionnaires envoyés soit 37% de taux de participation et une ancienneté moyenne de 11,5 ans.

#### **✓ Au GHSR**

Au GHSR : 16 questionnaires ont été récupérés sur 49 distribués aux MAR et aux IADE soit une participation globale de 30%. L'ancienneté moyenne des personnes ayant répondu est de 14 ans.

MAR : 10 réponses ont été récupérées sur 20 questionnaires envoyés soit 50% de taux de participation et une ancienneté moyenne de 17 ans.

IADE : 6 réponses ont été récupérées sur 33 questionnaires envoyés soit 18% de taux de participation et une ancienneté moyenne de 11 ans.

✓ **Au total**

Ce sont 38 questionnaires qui ont été renvoyés sur 102 envoyés soit un taux de global de 37%.

Il y a 21 MAR sur 39 sollicités qui ont répondu soit un bon taux de participation de 54%.

Ce sont 17 IADE sur 63 sollicités qui ont répondu soit un moins bon taux de participation à 27%.

Avec 45% de taux global de participation au CHD contre 30% au GHSR on peut dire que le sujet intéresse plus l'équipe du CHD.

Les anciennetés des personnes ayant répondu sont comparables dans les fonctions avec une ancienneté plus grande chez les MAR que chez les IADE. L'ancienneté moyenne toute fonction confondue est de 14 ans et demi. On peut penser qu'une telle ancienneté garantit une bonne expérience clinique et un recul suffisant sur les pratiques.

**III-2-1 Avantages/inconvénients**

A la question : « *Quels sont pour vous les avantages principaux du N<sub>2</sub>O? Ses inconvénients ?* » on obtient les réponses suivantes :

✓ **Avantages reconnus au CHD**

	MAR	IADE	Total/22
Analgésie	3	3	6
Maniabilité/Rapidité d'action et d'élimination	3	2	5
Sans Opinion	4	1	5
Aucun	1	2	3
Potentialisation	0	3	3
Effets 2 <sup>ème</sup> gaz	2	0	2
Amnésie	0	2	2
Permet de faire des économies	1	0	1
Non irritant	0	1	1

Les qualités analgésiques accordées au N<sub>2</sub>O sont tout à fait en adéquation avec l'intérêt accordé au MEOPA et au protoxyde d'azote pour la prise en charge des gestes courts et douloureux comme on le verra au III-2-3.

✓ *Avantages reconnus au GHSR*

<b>Tableau 4 - Avantages du Protoxyde d'azote (1 ou plusieurs réponses)</b>			
	MAR	IADE	Total/16
Potentialisation des autres médicaments	8	5	13
			81%
Effet 2 <sup>ème</sup> gaz	1	1	2
Analgsie	0	2	2
Facilité d'utilisation	1	0	1
Stabilité hémodynamique	1	0	1
Approfondissement de l'anesthésie	0	1	1
Petits gestes douloureux	1	0	1
Eviter l'O2 pur	1	0	1
Evite la mémorisation per-opératoire	0	1	1

Donc l'argument principal au GHSR est la potentialisation des autres médicaments.

Entre les deux établissements on constate une différence marquée concernant les avantages reconnus. Pour ceux qui ne l'utilisent pas, on a la reconnaissance de qualités analgsiques certaines et d'une grande maniabilité et pour une large majorité de ceux qui l'utilisent l'avantage principal du gaz est la potentialisation des autres médicaments.

✓ *Inconvénients reconnus au CHD*

<b>Tableau 5 - Inconvénients du Protoxyde d'azote (1 ou plusieurs réponses)</b>			
	MAR	IADE	Total/22
Atmosphère / Environnement	3	4	7
NVPO	1	3	4
Coût	3	1	4
Risque professionnel / Pollution	1	2	3
Dilatation des cavités creuses	1	2	3
Effet Fink	1	1	2
Hypoxie de diffusion	1	1	2
Augmentation de la PIC	0	1	1
Augmentation de la fréquence cardiaque	0	1	1

Intérêt dépassé dans l'anesthésie moderne	1	0	1
Effets secondaires	1	0	1
Sans Opinion	4	3	7

Le premier argument allant à l'encontre de l'utilisation du N<sub>2</sub>O n'est donc pas médical mais environnemental. C'est d'ailleurs la première raison donnée pour justifier, d'après les personnes interrogées, son arrêt au bloc opératoire.

Viennent ensuite les NVPO puis le coût.

✓ *Inconvénients reconnus au GHSR*

<b>Tableau 6 - Inconvénients du Protoxyde d'azote (1 ou plusieurs réponses)</b>			
	MAR	IADE	Total/16
Atmosphère / Environnement	6	2	6 38%
NVPO	2	1	3
Diffusion dans les organes creux	1	2	3
Sans Opinion	1	2	3
Inutilité	1	0	1
Mode d'action inconnu	1	0	1
Contre-indications	1	0	1
Augmentation de la PIC	1	0	1
Stockage	1	0	1
Pollution de la salle	1	0	1
Coût	1	0	1

Là encore, comme au CHD, l'inconvénient principal reconnu par 1/3 des équipes est l'impact de l'utilisation du protoxyde d'azote sur l'environnement.

Le deuxième inconvénient comme au CHD, est le problème de NVPO. Le coût n'apparaît qu'en fin de liste. La diffusion dans les cavités creuses est un problème plus présent pour les professionnels qui utilisent régulièrement le N<sub>2</sub>O.

### III-2-2 Conduite de l'anesthésie

✓ *Au CHD*

La distribution de N<sub>2</sub>O au niveau des appareils d'anesthésie au bloc central a été stoppée courant de l'année 2004.

Lorsqu'on demande l'influence que cette décision a eu sur la conduite anesthésique on obtient des résultats divergents.

**Tableau 7 - L'absence de N<sub>2</sub>O a-t-elle modifié la conduite anesthésique des personnes ayant répondu**

	MAR	IADE	Total/22
Oui	2	7	9 41%
Non	6	3	9 41%
Oui et Non	3	1	4 18%

**Tableau 8 - Modifications de la conduite anesthésique**

	MAR	IADE	Total/22
Plus d'ALR	2	1	3 14%
Plus de médicaments	8	9	17 77%

Les  $\frac{3}{4}$  des personnes ayant répondu déclarent utiliser plus de médicaments lorsqu'ils n'utilisent pas de N<sub>2</sub>O. On peut donc imaginer que certains ayant répondu non à la question « L'absence de N<sub>2</sub>O a-t-elle modifié votre conduite anesthésique ? » considèrent qu'augmenter les doses de médicaments n'est pas une modification de la conduite anesthésique.

**Tableau 9 - Type de médicaments utilisés pour compenser l'absence de N<sub>2</sub>O**

	MAR	IADE	Total/22
Morphiniques	6	6	12 56%
Halogénés	4	9	13 59%
Kétamine	3	5	8 36%
Benzodiazépines	3	1	4 18%
Acupan	1	0	1

Les modifications de la conduite anesthésique en cas d'absence de N<sub>2</sub>O se situent donc plus dans les posologies des médicaments que réellement dans les techniques et les protocoles sauf pour les gestes courts, peu douloureux et la pédiatrie.

✓ **Au GHSR**

Les premières questions à savoir « *Pour quel(s) type(s) de chirurgie l'utilisez-vous? Pour quel type de patient ?* » avaient pour but de cerner l'utilisation faite du N<sub>2</sub>O au GHSR.

**Tableau 10 - Utilisation selon le type de chirurgie**

	MAR	IADE	Total/16
Tous types de chirurgie	6	5	11 69%
Toute chirurgie sauf céphalique et neurochirurgie	3	1	4 25%
Pédiatrie uniquement	1	0	1 6%

Un MAR n'utilise pas de N<sub>2</sub>O pour les coelioscopie et la chirurgie pulmonaire.

**Tableau 11 - Utilisation selon le type de patient**

	MAR	IADE	Total/16
Tout type de patient	5	1	6 38%
Patient jeune / ASA 1&2	2	3	5 31%
Enfant	1	0	1 6%
Patient fragile	1	0	1 6%
Sans Opinion	1	2	3 19%

Au GHSR l'utilisation est donc très large en terme de type de patient et de type de chirurgie.

En cas d'absence de protoxyde d'azote, les équipes compensent avec d'autres médicaments comme le montre le tableau suivant :

	MAR	IADE	Total/16
Halogénés	8	5	13 81%
Morphiniques	6	4	10 63%
Benzodiazépines	4	3	7 44%
Kétamine	0	2	2 13%
Propofol	2	0	2 13%
Air Médical	1	0	1
Aucun	1	0	1

Corroborant les résultats au GHSR qui accordaient au protoxyde d'azote une très bonne capacité de potentialisation des autres médicaments, les personnes du GHSR ayant répondu au questionnaire déclarent majoritairement augmenter les doses lorsqu'elles n'utilisent pas le N<sub>2</sub>O.

### III-2-3 Place et utilisation du protoxyde d'azote

#### ✓ *Au CHD*

Parmi les personnes ayant répondu au questionnaire, seize travaillaient au CHD avant l'arrêt du protoxyde d'azote (8 MAR/8 IADE) au bloc opératoire. Les équipes qui ont connu la transition avant/après protoxyde d'azote semblent s'être adaptées relativement facilement au manque de N<sub>2</sub>O comme en témoigne le tableau suivant :

	MAR	IADE	Total/16
Oui	1		1
Non	7	6	13 81%
Oui et Non	0	1	1
Sans Opinion	0	1	1

Les personnes ayant répondu au questionnaire pensent que le N<sub>2</sub>O a encore un intérêt pour les raisons ou les situations suivantes :

**Tableau 14 - Place du protoxyde d'azote aujourd'hui**

	MAR	IADE	Total/22
MEOPA/gestes courts/peu douloureux	4	6	10 45%
Induction de l'enfant	3	3	6
Sédation	3	1	4
Aucune	2	1	3
Analgésie	1	2	3
Sans Opinion	2	1	3
Anesthésie de courte durée	0	1	1
Chirurgie longue pour diminuer la pollution de la salle en halogénés	0	1	1
Chirurgie maxillo-faciale	0	1	1
Potentialisation de l'anesthésie en cas d'anesthésie difficile	0	1	1
Chirurgie du patient ASA 1&2	1	0	1

Près de la moitié des personnes considèrent que le protoxyde d'azote a une place en analgésie notamment sous forme de MEOPA. Ceci vient recouper les résultats de la question « avantage » qui donnait une place importante aux qualités analgésiques du N<sub>2</sub>O.

✓ **Au GHSR**

**Tableau 15 - Leur utilisation du protoxyde d'azote est-elle ?**

	MAR	IADE	Total/16
Rare	2	0	2 13%
Fréquente	7	2	9 56%
Systematique (sauf Contre-indications)	1	4	5 31%

Les 2 MAR qui ne l'utilisent pas le font car :

- Pour l'un, le mode d'action est inconnu et il participe à l'effet de serre. Il reconnaît par contre sa réversibilité.

- Pour l'autre, il entraîne des NVPO, et pose problème en cas d'hypertension intracrânienne.

Un MAR déclare ne pas aimer l'utiliser malgré une utilisation fréquente, de par les conséquences qu'il a sur l'environnement et à cause de son coût. On peut alors se demander quelles sont les motivations de cette personne à utiliser le N<sub>2</sub>O, sachant qu'elle ne le trouve pas indispensable et qu'elle serait même favorable à son arrêt au bloc.

**Tableau 16 - Situations pour lesquelles le protoxyde d'azote est un allié indispensable**

	MAR	IADE	Total/16
Aucune situation	5	2	7 44%
Geste douloureux chez l'enfant	3	0	3
Toutes les situations	1	1	2
Induction de l'enfant	1	0	1
Coelioscopie	0	1	1
Sans Opinion	1	1	2

Presque la moitié des personnes interrogées pensent que le protoxyde d'azote n'est pas indispensable.

### III-2-4 Réflexion des professionnels de l'anesthésie par rapport au N<sub>2</sub>O

#### ✓ *Au CHD*

La décision d'arrêt du protoxyde d'azote au bloc central a été prise par vote à l'unanimité au conseil de service de mai 2004. Seize des personnes ayant répondu au questionnaire travaillaient au CHD avant l'arrêt du protoxyde d'azote (8 MAR/8 IADE) au bloc opératoire. Pourtant tous ne considèrent pas avoir été consultés :

**Tableau 17 - Personnes estimant avoir été consultées pour la décision d'arrêt du N<sub>2</sub>O**

	MAR	IADE	Total/16
Oui	4	3	7
Non	3	5	8
+ ou -	1	0	1

On pourrait imaginer que ce contexte augmente les oppositions mais cette décision a malgré tout été prise sur un terrain favorable aux vues des résultats suivant :

**Tableau 18 - Personnes qui étaient en accord avec la décision d'arrêt du N<sub>2</sub>O avant son application**

	MAR	IADE	Total/16
Oui	5	4	9
Non	3	3	6
Oui et Non	0	1	1

**Tableau 19 - Personnes pensant – a posteriori – que l'arrêt du N<sub>2</sub>O ait été une bonne décision**

	MAR	IADE	Total/16
Oui	4	5	11 69%
Non	2	2	4 25%
Oui et Non	0	1	1

Les personnes ayant répondues au questionnaire sont donc majoritairement satisfaites de la décision d'arrêt du N<sub>2</sub>O au bloc opératoire. Par contre parmi ceux qui sont opposés à cette idée, beaucoup pensent qu'il s'agit d'une décision trop arbitraire.

Six des personnes ayant répondu au questionnaire ne travaillaient pas au CHD avant l'arrêt du protoxyde d'azote. A la question « *regrettent-ils l'absence de N<sub>2</sub>O au bloc opératoire ?* » ils répondent ainsi :

**Tableau 20 - Personnes regrettant l'absence de protoxyde d'azote au bloc opératoire**

	MAR	IADE	Total/6
Oui	0	1	1 (Pour l'induction des enfants)
Non	3	2	5 (Protection de l'environnement, NVPO)

Là encore, la majorité est plutôt favorable à la décision qui a été prise.

#### ✓ *Au GHSR*

A la question « *Seriez-vous favorable à une telle décision au GHSR?* » j'ai obtenu les réponses suivantes :

**Tableau 21 - Sont-ils favorables à l'arrêt du protoxyde d'azote au GHSR ?**

	MAR	IADE	Total/16
Non	4	4	8
Oui	3	2	5
Sans Opinion ou non tranchée	3	0	3

Les avis sont donc plutôt opposés à l'arrêt du N<sub>2</sub>O (50%). Selon les personnes les motifs retrouvés sont la lourdeur de l'anesthésie sans protoxyde d'azote, la faible quantité consommée en gaz avec les nouveaux respirateurs, l'intérêt dans la potentialisation de l'anesthésie, la possibilité d'une utilisation raisonnée. Un MAR souhaite conserver le N<sub>2</sub>O uniquement sous forme de MEOPA.

Parmi les personnes favorables à l'arrêt du N<sub>2</sub>O deux IADE déclarent malgré tout aimez l'utiliser et l'utiliser régulièrement. Cet avis favorable est porté par la protection de l'environnement et la protection du personnel.

Dans ceux qui ont une opinion intermédiaire, un MAR propose l'utilisation en circuits fermés stricts en attendant l'évolution de la législation.

### III-2-5 Motif pouvant justifier l'arrêt du protoxyde d'azote

#### ✓ *Opinion au CHD*

	MAR /Nombre	IADE /Nombre	Total
Coût	9	11	20
Ecologie / environnement	9	11	20
Effets secondaires	7	8	15
Risques professionnels	5	7	10
Autre	0	2	2

Les premiers arguments retenus pour justifier l'arrêt du N<sub>2</sub>O sont donc le problème écologique et le coût. Les effets secondaires semblent aussi être un problème important.

#### ✓ *Opinion au GHSR*

	MAR	IADE	Total
Ecologie / Environnement	7	3	10
Coût	5	4	9
Effets secondaires	5	3	8
Risques professionnels	4	4	8
Aucune	1	0	1

Ici encore les mêmes arguments sont retenus.

### **III – 2 – 6 Systèmes antipollution**

Aucun système antipollution n'équipe les sites des blocs centraux du CHD et du GHSR.

Tous les IADE du CHD le savent. Par contre 6 MAR pensent que les salles sont équipées de systèmes antipollution et 1 ne sait pas. Les 4 autres connaissent l'absence d'évacuation des gaz.

Sur les 6 IADE du GHSR ayant répondu 4 disent qu'effectivement il n'y a pas de système antipollution mais 1 déclare qu'il y a une aspiration sur le vide (c'est interdit) et 1 considère le circuit fermé comme un système antipollution (c'est vrai qu'il a au moins l'avantage de limiter les pollutions). Chez les MAR, 2 pensent qu'il existe un système antipollution mais avouent ne pas le vérifier, 2 ne savent pas et les 6 autres connaissent l'absence de système.

On peut donc penser qu'un tiers des personnes ayant répondu au questionnaire sont en retrait par rapport à ce problème (tous ceux qui ne savent pas ou qui pensent qu'il existe un système antipollution). Est-ce parce que finalement la pollution des salles de bloc reste une donnée abstraite que ces professionnels négligent cet aspect de leur pratique?

D'autres par contre pensent que c'est un réel problème, et espèrent que la situation va changer prochainement. Quatre personnes disent avoir fait la demande d'un système antipollution sans avoir été entendues.

### **III – 2 – 7 Analyse globale**

Au total :

Les avantages reconnus par les professionnels de l'anesthésie au N<sub>2</sub>O sont différents selon les groupes : ceux qui l'utilisent pensent majoritairement qu'il potentialise les autres médicaments en particulier les halogénés en permettant de diminuer la MAC. Ceux qui ne l'utilisent pas lui reconnaissent des qualités analgésiques, une bonne maniabilité et un très grand intérêt pour ce qui est prise en charge de l'enfant que ce soit pour l'induction ou pour les petits gestes douloureux mais ne nécessitant pas une anesthésie générale. L'augmentation importante depuis l'arrêt du N<sub>2</sub>O de consommation de Kétamine témoigne peut-être d'une compensation des qualités analgésiques du N<sub>2</sub>O.

Les inconvénients reconnus au protoxyde sont les effets secondaires notamment les NVPO, la diffusion dans les organes creux, et en premier lieu ses effets sur l'atmosphère. Le problème du coût paraît moins présent pour l'équipe du GHSR.

Pour ce qui est de la conduite de l'anesthésie, au CHD, l'arrêt du N<sub>2</sub>O aurait entraîné des modifications en terme de doses administrées pour la moitié de l'équipe. Aux vues des budgets de la pharmacie, et même si le lien entre les consommations et l'activité du bloc n'est pas fait, on a peine à penser que ces doses aient énormément augmenté. Pour le GHSR, les personnes ayant répondu sont plus nombreuses à penser qu'elles augmentent les doses en

l'absence de N<sub>2</sub>O, ce qui est tout à fait en lien avec les qualités de potentialisation qu'elles attribuent au N<sub>2</sub>O.

L'adaptation à l'absence de N<sub>2</sub>O ne semble pas avoir posé de problèmes majeurs au CHD puisque plus des ¾ des personnes ont trouvé le passage au sans N<sub>2</sub>O « facile ». Le seul manque qui ressort est celui du MEOPA qui par contre n'apparaît quasiment pas sur le groupe du GHSR. Peut-être que d'en avoir à disposition fait que son importance est sous estimée.

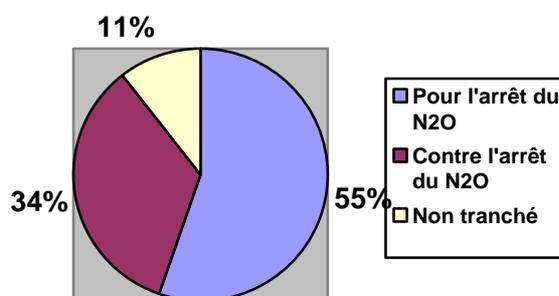
Au total ce sont 13 personnes qui sont opposées à l'arrêt du protoxyde d'azote au bloc opératoire contre 21 favorables à l'idée ou à la démarche. Parmi ces 21 personnes, 14 ont positionné le problème écologique comme le motif principal d'arrêt du N<sub>2</sub>O. Deux de ces 21 personnes étaient opposées à l'arrêt du protoxyde d'azote au bloc opératoire et pensent a posteriori que c'est une bonne chose car c'est un geste de protection pour l'environnement.

Parmi les 13 personnes opposées à l'arrêt du protoxyde d'azote au bloc, 7 soit plus de la moitié, n'abordent absolument pas le problème environnemental du N<sub>2</sub>O. Deux d'entre eux ne voient aucun motif justifiant l'arrêt du N<sub>2</sub>O, 3 pensent que le coût pourrait être l'unique raison d'un arrêt du N<sub>2</sub>O. Le fait que ces personnes n'abordent pas le sujet environnemental, alors qu'il est aujourd'hui très évoqué, quand elles parlent de N<sub>2</sub>O correspond-t-il à une volonté consciente d'ignorer le thème parce qu'elles le jugent secondaire et non basé sur des arguments médicaux ou correspond-t-il à une méconnaissance du problème ? Parmi les 7 autres personnes opposées à l'arrêt du N<sub>2</sub>O, 3 le sont en partie parce qu'elles pensent que la décision prise au CHD a été arbitraire et manquait de discussion préalable. Il est à noter que la répartition des opinions avant l'arrêt du N<sub>2</sub>O au CHD concernant cette décision était similaire avec celle du GHSR aujourd'hui.

Pour les 4 personnes qui n'ont pas une opinion tranchée, 3 positionnent comme motif principal d'arrêt du N<sub>2</sub>O le problème des conséquences sur l'environnement. Mais elles pensent aussi que le N<sub>2</sub>O a des intérêts notamment dans l'anesthésie inhalatoire de l'enfant et qu'il faut donc étudier le rapport bénéfice risque avant d'imaginer un arrêt et ne pas le faire par pur dogmatisme.

La répartition des opinions se fait donc ainsi :

Graphique 15 – Répartition des opinions par rapport à l'arrêt du N<sub>2</sub>O



Les taux de participations ont été supérieurs au CHD (45%) par rapport au GHSR (30%). Le fait d'avoir arrêté le N<sub>2</sub>O aurait-il sensibilisé les équipes au sujet ?

Il n'y a pas d'influence de l'ancienneté sur les opinions : ceux qui sont opposés à l'arrêt du protoxyde d'azote affichent 14 ans d'ancienneté, ceux qui sont favorables, 16 ans.

## **IV Conclusion**

Il est certain que le N<sub>2</sub>O a fait depuis longtemps ses preuves comme médicament adjuvant de l'anesthésie. Rares sont ceux qui ne lui reconnaissent aucun avantage d'un point de vue médical. Mais ses inconvénients sont tout aussi nombreux et nous disposons aujourd'hui de nombreux médicaments et techniques qui ne le rendent plus indispensable. Le N<sub>2</sub>O coûte cher puisqu'il représentait en 2004 au CHD le même budget que les halogénés, et en plus du prix d'achat il faut compter les aménagements et l'entretien nécessaires à sa distribution et à son élimination (à savoir les systèmes antipollution).

De plus son impact négatif sur l'environnement est reconnu. Alors même que des décisions sont prises au niveau international pour diminuer l'effet de serre dont il est en partie responsable, pourquoi continuer à utiliser massivement un médicament dont on sait qu'il nuit à notre environnement et donc à long terme à notre santé ? Il est humain d'être réfractaire au changement et c'est peut-être une des raisons qui font qu'il y a plus de gens opposés à l'arrêt du N<sub>2</sub>O à l'endroit même où on l'utilise. Pourtant ceux qui ont dû s'adapter à un bloc sans N<sub>2</sub>O n'ont pas évoqué trop de difficultés à le faire si ce n'est pour ce point particulier de la prise en charge de l'enfant et des petits gestes douloureux.

Si le débat autour du protoxyde d'azote se situait uniquement sur un plan médical il est évident que son utilisation serait partout laissée au libre choix de chacun selon leurs convictions et leurs expériences. Mais résumer le débat à cet unique aspect serait détourner la réflexion de la globalité et des réalités dans lesquelles elle s'inscrit.

Utiliser le N<sub>2</sub>O aujourd'hui à la Réunion, c'est utiliser un médicament cher, polluant et ce, dans un cadre réglementaire non respecté, exposant les professionnels des blocs opératoires à des risques non maîtrisés. Face à ces arguments, il paraît difficile de défendre son maintien dans nos blocs et 55% des personnes ayant répondu aux questionnaires sont favorables à son arrêt.

La question devrait faire l'objet de débats ouverts pour déterminer la place qu'on désire lui laisser aujourd'hui et si l'arrêt total dans certains établissements peut effectivement paraître à certains arbitraire ou dogmatique, peut-être est-il le seul moyen d'avoir une réflexion sur nos pratiques.

## **ANNEXES**

ANNEXE 1

*Exemplaire du questionnaire adressé aux IADE et aux MAR du CHD*

- 1- Etes-vous?       MAR  
                          IADE

2- Depuis combien d'années êtes-vous diplômé(e) en anesthésie ? \_\_\_\_\_

3- Depuis combien d'années exercez-vous en secteur d'anesthésie ? \_\_\_\_\_  
Et au CHD ? \_\_\_\_\_

- 4- Exerciez-vous au bloc opératoire du CHD avant l'arrêt du protoxyde d'azote?  
 Oui: répondez aux questions 4-a à 4-d mais pas aux 4-e et 4-f  
 Non: passez à la question 4-e et 4-f

→ **Si oui:**

4.a) Avez-vous été consulté quant à la décision d'arrêt de l'utilisation du protoxyde?

- Oui  
 Non

4-b) Vous sentiez-vous en accord avec cette décision?

- Oui  
 Non

Pourquoi? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4-c) A posteriori, trouvez-vous que cet arrêt ait été positif?

- Oui  
 Non

Pourquoi? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4-d) Avez-vous trouvé le passage au « sans » protoxyde difficile?

- Oui  
 Non

Pourquoi? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

→ Si non:

4-e) Que pensez-vous de ce choix? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4-f) Regrettez- vous l'absence de protoxyde d'azote au bloc opératoire?

- Oui
- Non

Pourquoi? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5- L'absence de N2O a-t-elle modifié votre conduite de l'anesthésie?

- Oui
- Non

Si oui de quelle manière:

- Vous utilisez plus d'autres médicaments
- Vous pratiquez plus d'ALR
- Autre: \_\_\_\_\_

6- Par quel type de médicaments compensez-vous l'absence de protoxyde d'azote :

- Des morphiniques
- Des halogénés
- De la Kétamine
- Des benzodiazépines
- Autre (précisez): \_\_\_\_\_

7- Dans quel type de situation ou pour quel type de chirurgie trouveriez-vous intéressant d'avoir encore du protoxyde d'azote?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8- Quels sont pour vous les avantages principaux du N2O?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Ses inconvénients?

-----  
-----

9- Selon vous, quelles sont les principales raisons pouvant motiver le choix de l'arrêt du protoxyde d'azote au bloc opératoire:

Classez les par ordre de priorité (des plus valables vers les moins percutantes) de 1 à 5:

- Coût
- Écologie et environnement
- Effets secondaires
- Risques professionnels
- Autres (précisez):\_-----

10- Chaque station d'anesthésie de votre établissement est-elle équipée d'un système antipollution?

- Oui
- Non

Si oui lequel ?\_-----

Contrôlez-vous ce système lors de chaque check-list?

- Oui
- Non

11- Avez-vous des précisions ou des suggestions sur le sujet?

-----  
-----  
-----  
-----

## ANNEXE 2

### *Exemplaire du questionnaire adressé aux IADE et aux MAR du GHSR*

- 1- Etes-vous?       MAR  
                          IADE

2- Depuis combien d'années êtes-vous diplômé(e) en anesthésie ? \_\_\_\_\_

3- Depuis combien d'années exercez-vous en secteur d'anesthésie ? \_\_\_\_\_  
Et au GHSR ? \_\_\_\_\_

- 4- Utilisez-vous le protoxyde d'azote?
- Rarement
  - Souvent
  - Systématiquement (sauf contre-indications)

Est-ce plutôt un médicament que vous:

- Aimez utiliser
- N'aimez pas utiliser

Pourquoi? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5- Pour quel(s) type(s) de chirurgie l'utilisez-vous?

- Tous types de spécialités
- Orthopédie
- Viscéral
- Céphalique
- Neurochirurgie
- Gynéco obstétrique
- Vasculaire
- Pédiatrie
- Autre (précisez): \_\_\_\_\_

Et pour quel(s) type(s) de patient(s)?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6- Quels sont pour vous les avantages principaux du N2O?

-----  
-----  
Ses inconvénients?  
-----  
-----

7- Selon vous, quelles sont les principales raisons pouvant motiver le choix de l'arrêt du protoxyde d'azote au bloc opératoire:

Classez les par ordre de priorité (des plus valables vers les moins percutantes) de 1 à 5:

- Coût
- Écologie et environnement
- Effets secondaires
- Risques professionnels
- Autres (précisez): \_\_\_\_\_

8- Que pensez-vous de l'arrêt du protoxyde d'azote dans certains centres hospitaliers?

-----  
-----

9- Seriez-vous favorable à une telle décision au GHSR?

- Oui
- Non

Pourquoi? \_\_\_\_\_  
-----  
-----

10- Dans quelle situation ou pour quel type de chirurgie vous serait-il difficile de vous passer de protoxyde d'azote?

-----  
-----

11- Lorsque vous n'utilisez pas de N<sub>2</sub>O (ou si vous ne l'utilisez jamais) par quel type de médicaments compensez-vous son absence:

- Des morphiniques
- Des halogénés
- De la Kétamine
- Des benzodiazépines
- Autre (précisez): \_\_\_\_\_

12- Chaque station d'anesthésie de votre établissement est-elle équipée d'un système antipollution?

- Oui
- Non

Si oui lequel ?\_ \_ \_ \_ \_

Contrôlez-vous ce système lors de chaque check-list?

- Oui
- Non

13- Avez-vous des précisions ou des suggestions sur le sujet:

-----  
-----  
-----

## Références Bibliographiques:

1. M. Roullier. **Histoire de l'anesthésie**. Disponible sur: <http://membres.lycos.fr/roullier/storyanest/story.html>.
2. Drs Troch et Desbarax. **Histoire de l'anesthésie: quelques mots d'histoire**. Disponible sur: <http://www.md.ucl.ac.be/virtanes/qquemotshis.htm>.
3. CFAR Janvier 2003. **Gaz et anesthésiques volatils**. Disponible sur: [http://www.cfar.org/formation/IDE/Cours\\_IADE/GazAnestVolatil.pdf](http://www.cfar.org/formation/IDE/Cours_IADE/GazAnestVolatil.pdf).
4. Cameron Ewan, May Paul. **Nitrous Oxyde – Laughing Gaz**. Disponible sur: <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/n2o/n2oc.htm>.
5. Lévesque Jean-Charles. **Les gaz anesthésiants et la pollution atmosphérique**. Disponible sur: [http://www.anesth.umontreal.ca/3\\_etudes/documents/Gazanesthesiantsetpollutionatmosphérique.pdf](http://www.anesth.umontreal.ca/3_etudes/documents/Gazanesthesiantsetpollutionatmosphérique.pdf).
6. Commission de la transparence du 20 février 2002. **Protoxyde d'azote air liquide santé**. Disponible sur: <http://afssaps-prd.afssaps.fr/html/has/sgt/htm/avis/data/ct020948.pdf>.
7. **Anaconda**. Présentation du produit. Disponible sur: <http://www.sedanamedical.com>.
8. D. Annequin, N. Fiez. **Utilisation antalgique du MEOPA chez l'enfant en dehors du bloc opératoire**. JEPU 2000. Disponible sur: [http://www.jepu.net/pdf\\_infirm/Jepu%202000-II-7.pdf](http://www.jepu.net/pdf_infirm/Jepu%202000-II-7.pdf).
9. P. Richebé. **Le protoxyde d'azote: historique et propriétés pharmacologiques**. JARCA 2005. Disponible sur: [http://www.reanesth.org/reanesth/02formcont/jarcas/cd/jarca\\_2005/articles/iade/01\\_richeb\\_e.pdf](http://www.reanesth.org/reanesth/02formcont/jarcas/cd/jarca_2005/articles/iade/01_richeb_e.pdf).
10. Ph. Dailland. **Le protoxyde d'azote**. Cours d'ISAR n°2, pharmacologie. Edition Arnette 1993. Pages 49 à 58.
11. P. Feiss. **Coût de l'anesthésie**. Conférence d'actualisation de la SFAR 1996. Disponible sur: [http://www.sfar.org/sfar\\_actu/ca96/html/ca96\\_012/96\\_12.htm](http://www.sfar.org/sfar_actu/ca96/html/ca96_012/96_12.htm).
12. M. Beaussier. **L'anesthésie: quel coût?** JEPU 2001. Disponible sur: [http://www.jepu.net/pdf\\_infirm/Jepu%202001-III-1.pdf](http://www.jepu.net/pdf_infirm/Jepu%202001-III-1.pdf).
13. P. Bennard, F. Servin. **Techniques d'induction de l'anesthésie générale et leurs retentissements hémodynamiques**. JEPU 2003. Disponible sur: [http://www.jepu.net/pdf\\_infirm/2003-11.pdf](http://www.jepu.net/pdf_infirm/2003-11.pdf).
14. JP. Laventure, V. Billard. **Anesthésiques intraveineux versus anesthésiques inhalés**. JEPU 2001. Disponible sur: [http://www.jepu.net/pdf\\_infirm/Jepu%202001-III-3.pdf](http://www.jepu.net/pdf_infirm/Jepu%202001-III-3.pdf).
15. B. Debaene. **Applications cliniques de la pharmacologie des agents inhalés**. Conférence d'actualisation de la SFAR 2002. Disponible sur: [http://www.sfar.org/sfar\\_actu/ca02/html/ca02\\_07/ca02\\_07.htm](http://www.sfar.org/sfar_actu/ca02/html/ca02_07/ca02_07.htm).
16. R.D. Sanders, N.P. Franks, M. Maze. **Xenon: no stranger to anesthesia**. British journal of anesthesia. Disponible sur: [http://bj.oxfordjournals.org/cgi/content/full/91/5/709?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=nitrous+oxyde&searchid=1130830867666\\_3500&stored\\_search=&FIRSTINDEX=0&journalcode=brjana](http://bj.oxfordjournals.org/cgi/content/full/91/5/709?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=nitrous+oxyde&searchid=1130830867666_3500&stored_search=&FIRSTINDEX=0&journalcode=brjana).
17. M. Enlund, L. Edmark, B. Revenäs. **Ceasing routine use of Nitrous Oxide – a follow up**. **British Journal of Anesthesia**. Disponible sur: [http://bj.oxfordjournals.org/cgi/content/full/90/5/686?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=nitrous+oxyde&searchid=1130830867666\\_3500&stored\\_search=&FIRSTINDEX=0&journalcode=brjana](http://bj.oxfordjournals.org/cgi/content/full/90/5/686?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=nitrous+oxyde&searchid=1130830867666_3500&stored_search=&FIRSTINDEX=0&journalcode=brjana).

18. Breton Christine. **Expositions professionnelles aux gaz et vapeurs anesthésiques.** In: B. Dalens. Traité d'anesthésie générale. Edition Arnette. Partie III, Chapitre 10, Pages 1 à 13.
19. JC. Otteni, F. Collin, S. Fournier. **Protoxyde d'azote?** Conférence d'actualisation de la SFAR 1997.
20. J.M. Desmonts. **Maladies professionnelles et anesthésie-réanimation.** Conférence d'actualisation de la SFAR 1999, p. 227-239. 1999 Elsevier, Paris, et SFAR.
21. Pr. J.C. Otteni, Mr. J. Ancellin, Dr. J.B. Cazalaà, Pr. F. Clergue, Pr. P. Feiss, Mme S. Fougère, Pr. J. Fusciardi, Pr. G. Janvier, Pr. Y. Nivoche, Pr. D. Safran. **Recommandations concernant l'équipement d'un site ou d'un ensemble de sites d'anesthésie.** SFAR Janvier 1995. Disponible sur : <http://www.sfar.org/recomequipement.html>.
22. Pr. J.C. Otteni, Mr. J. Ancellin, Dr. J.B. Cazalaà, Pr. F. Clergue, Pr. P. Feiss, Mme S. Fougère, Pr. Y. Nivoche, Pr. D. Safran. **Recommandations concernant l'appareil d'anesthésie et sa vérification avant utilisation.** SFAR Janvier 1994. Disponible sur : <http://www.sfar.org/recomappareil.html>
23. Auteur inconnu. **L'effet de serre.** Disponible sur : <http://www.fur4x-hebergement.net/poulix/dossier.htm#fonct>
24. Jean-Marc Jancovici, **Le réchauffement climatique : réponse à quelques questions élémentaires.** Disponible sur : [http://www.fnh.org/francais/faq/effet\\_serre/contenu.htm](http://www.fnh.org/francais/faq/effet_serre/contenu.htm)
25. G. Delaygue et B. Urgelli. **Les mécanismes de l'effet de serre.** Disponible sur: <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Climats/Rayonnement/Applets/explication-serre.html>
26. Jean-Marc Jancovici. Combien de gaz à effet de serre dans notre assiette ? Disponible sur : <http://www.manicore.com/documentation/serre/assiette.html>
27. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, **DGEMP**, modifié le 19/01/2006. Mise en œuvre du protocole de Kyoto. Disponible sur : [http://www.industrie.gouv.fr/energie/developp/serre/textes/se\\_kyoto.htm](http://www.industrie.gouv.fr/energie/developp/serre/textes/se_kyoto.htm).