

Nathalie MARTIN

Promotion 2009-2011

L'anesthésie au xénon à La Réunion : avenir ou utopie ?



Institut Régional d'Infirmiers Anesthésistes Diplômés d'Etat du

C.H.R. de Saint-Pierre

Nathalie MARTIN
Promotion 2009-2011

L'anesthésie au xénon à La Réunion : avenir ou utopie ?

*Institut Régional d'Infirmiers Anesthésistes Diplômés d'Etat du
C.H.R. de Saint-Pierre*

Remerciements

- Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenue et encouragée durant l'élaboration de ce travail ainsi que pendant mes 2 années de formation,

- Merci aux professionnels d'anesthésie des blocs opératoires du C.H.R. de Saint-Denis et de Saint-Pierre, ayant répondu à mes questionnaires, pour leur collaboration à ce travail,

- Merci à Gérard Pelletier, Didier Prouteau et Marie pour le soutien qu'ils m'ont apporté pour ce travail et pendant mes études,

- Merci au Professeur Ripart, au Docteur Vallet et au Docteur Gindrey pour avoir répondu à mes questions et m'avoir aidée dans mes recherches,

- Merci à ma famille pour leur soutien depuis toujours, à ma fille et à mon conjoint pour tout le temps que je n'ai pas pu leur accorder.

Sommaire

Abréviations

◇ Introduction page 1

◇ Cadre théorique page 2

◇ Exploration du terrain page 16

◇ Conclusion page 28

◇ Bibliographie

◇ Annexes

Abréviations

A.A.H.	Agent Anesthésique Halogéné
A.I.V.O.C.	Anesthésie IntraVeineuse à Objectif de Concentration
A.M.M.	Autorisation de Mise sur le Marché
A.M.P.A.	Acide alpha-amino-3-hydroxy-5-méthyl-4-isoxazolepropionique
A.S.A.	classification de l'American Society of Anesthesiology
B.P.C.O.	BronchoPneumopathie Chronique Obstructive
D.S.C.	Débit Sanguin Cérébral
FeVG	Fraction d'éjection du Ventricule Gauche
FeO₂	Fraction expirée d'oxygène
G.A.B.A.	Gamma AminoButyrique Acid
H.T.M.	HyperThermie Maligne
I.A.D.E.	Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat
I.R.M.	Imagerie par Résonnance Magnétique
M.A.C.	Minimal Alveolaire Concentration
M.A.R.	Médecin Anesthésiste Réanimateur
N.M.D.A.	N-méthyl-D-aspartate
N.V.P.O.	Nausées Vomissements Post Opératoires
P.E.P.	Pression Expiratoire Positive
P.I.C.	Pression Intra Crânienne
S.E.G.A.	Système d'évacuation des Gaz Anesthésiques
S.N.C.	Système Nerveux Central
S.S.P.I.	Salle de Surveillance Post-Interventionnelle
T.R.E.K.	TWIK 1-related K ⁺ channel
Xe	Xénon
5-HT₃	5-hydroxytryptamine type 3

Introduction

L'anesthésie en tant que pratique, est née au milieu du XIXe siècle. Cependant, en tant que savoir, elle est bien plus ancienne. C'est une discipline en constante évolution, avec des avancées incroyables au cours des vingt-cinq dernières années.

Au cours de mes stages à La Réunion et en métropole, j'ai remarqué qu'il n'y avait pas une façon d'endormir un patient, mais de multiples. J'ai découvert plusieurs établissements avec des intervenants utilisant différents matériels, techniques, et produits.

De retour de mon stage de chirurgie pédiatrique en métropole, j'ai appris que l'établissement utilisait le xénon, dans un autre bloc, pour certains patients en chirurgie digestive.

J'avais déjà lu un article sur le xénon mais je ne savais pas que certains hôpitaux en France l'utilisaient ni comment. Ce questionnement à propos de ce gaz anesthésique, que je n'ai jamais vu en théorie ni en pratique pendant ma formation, ainsi que le désintérêt croissant pour l'utilisation du protoxyde d'azote, souvent comparé au xénon, et la forte prévalence des pathologies cardiovasculaires à La Réunion pour lesquelles le xénon semble avoir un intérêt majeur, m'ont amenée à faire mon Travail d'Intérêt Professionnel sur ce sujet, afin d'apporter des réponses à mes interrogations :

Qu'est-ce que le xénon peut apporter en anesthésie aujourd'hui et notamment à La Réunion ? Peut-il remplacer le protoxyde d'azote ? Les halogénés ? Est-ce que les M.A.R. et les I.A.D.E. connaissent le xénon et seraient-ils prêts à l'utiliser ?

Dans un premier temps, j'aborderai le cadre théorique dans lequel s'inscrit le xénon. Dans un second temps, je parlerai des agents halogénés. Ensuite, je m'intéresserai au protoxyde d'azote et à son utilisation à La Réunion. Puis, je me soucierai plus particulièrement de la population réunionnaise. Après avoir exposé ma synthèse problématisée et mes hypothèses, je ferai une analyse de mes questionnaires distribués aux M.A.R. et I.A.D.E. des blocs opératoires du C.H.R. de Saint-Denis, de Saint-Pierre, et de la clinique Sainte-Clotilde. Enfin, je donnerai les conclusions que j'ai tirées de ce Travail d'Intérêt Professionnel.

Cadre théorique

I - Le xénon

I.1 - Historique

Le xénon (Xe), du grec *xenos* (étrange), appartient à la famille des gaz nobles avec l'argon, le krypton, l'hélium, le néon et le radon.

C'est le plus rare après le radon, avec une concentration d'environ 0,0000087 % dans l'air, par conséquent le plus cher et le seul à avoir des propriétés anesthésiques à pression atmosphérique.

Il a été découvert en 1898 par deux chimistes britanniques, Sir William Ramsay et Morris William Travers.



Sir William Ramsay

Ses propriétés anesthésiques sont connues chez l'animal depuis plus de soixante-dix ans.

En 1951, Stuart C. Cullen a réalisé la première anesthésie au Xe chez l'homme et l'a qualifié d'anesthésique « idéal ».

Il est régulièrement utilisé comme agent anesthésique volatil en Russie et au Japon depuis plus de vingt ans.

Le 30 mars 2007, Air Liquide a obtenu l'A.M.M. pour l'utilisation de « LENOXe™ » en Autriche, Belgique, Danemark, Allemagne (autorisation de vente obtenue en 2005), Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Portugal, Espagne, Suède et Royaume-Uni.

C'est le 18 décembre 2007 que la première anesthésie au Xe a été réalisée en France par l'équipe du C.H.U. de Nîmes, suite à l'A.M.M. obtenue le 1er octobre 2007 pour l'entretien de l'anesthésie des patients A.S.A. I et II¹.

En raison de son coût élevé, peu d'études ont été faites sur le Xe. Mais depuis 1990, avec le développement de ventilateurs adaptés et la généralisation des circuits fermés avec analyseurs de gaz, ces études tendent à se multiplier.

Actuellement, le Xe est utilisé à Bordeaux, Clermont-Ferrand, Lille, Nîmes, Paris (Bicêtre et la Pitié-Salpêtrière) et Poitiers, dans le cadre de projets de recherche².

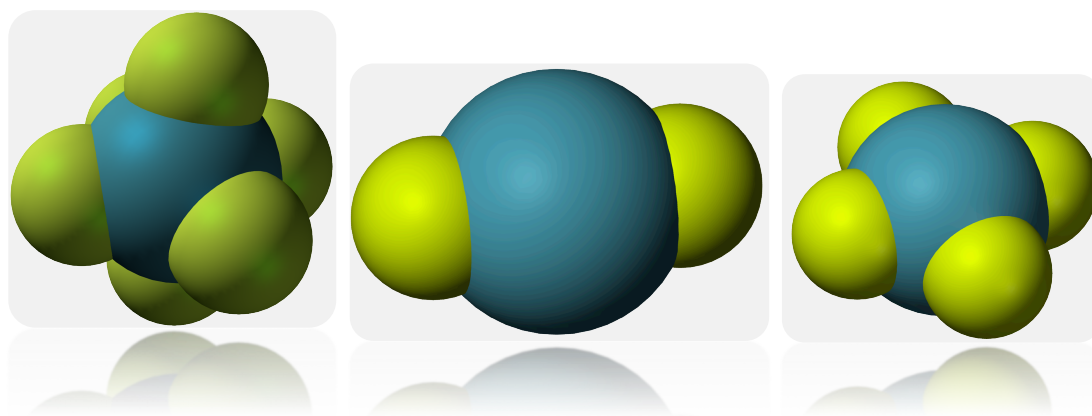
¹ Air liquide, « Première anesthésie française au LENOXe™ au C.H.U. de Nîmes »

² Information donnée par le Professeur Ripart

Le Xe est également utilisé pour mesurer des débits sanguins, augmenter le contraste des images d'I.R.M. et réaliser des scintigraphies pulmonaires, dans les phares « bleus » des voitures...

I.2 - Propriétés physicochimiques

Le Xe est un gaz inodore, incolore, sans saveur, non inflammable, non explosif et non comburant. C'est un élément monoatomique, de poids moléculaire élevé et quatre fois plus dense que l'air.



Hexafluoride (XeF₆), difluoride (XeF₂) et tétrafluoride (XeF₄)

Il est susceptible de réagir avec des composés riches en électrons, pour donner des molécules (XeF₂, XeF₄) ou des oxydes (XeOF₄). Cependant, des conditions expérimentales particulières, notamment une température très élevée, sont généralement nécessaires pour que ces réactions aient lieu. Le xénon peut donc être considéré comme inerte chimiquement³.

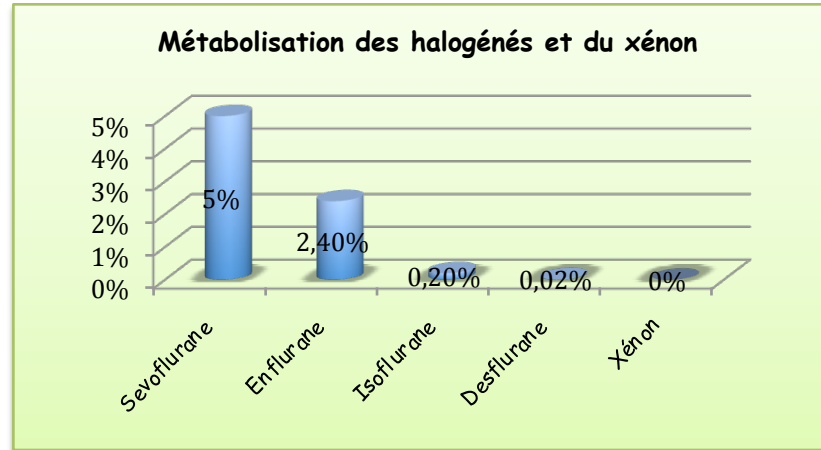
Dans les conditions normales d'utilisation, sa couche la plus périphérique étant saturée en électrons, il est très stable et ne cède ni n'accepte d'autres électrons, rendant la probabilité qu'il participe à des réactions chimiques au sein de l'organisme extrêmement faible.

Son coefficient de partage sang/air est le plus faible de tous les anesthésiques volatils, lui conférant une cinétique d'action rapide quelle que soit la durée d'administration⁴.

³ Huber G., « Caractérisation moléculaire par RMN : vers l'emploi de sondes extrinsèques », p.20

⁴ cf annexe 1

Contrairement aux halogénés, il n'est pas métabolisé par l'organisme et est éliminé par voie pulmonaire⁵.



I.3 - Mécanismes d'action

- *cibles cellulaires et moléculaires*

Le Xe n'induit pas de changement majeur dans la structure des protéines auxquelles il se lie.

Il inhibe l'activité catalytique du cytochrome P 450, ce qui engendre la suppression des signaux chimiques déterminant la réceptivité et la réponse cellulaires.

- *médiation anesthésique*

Le Xe n'a pas d'effet significatif sur les récepteurs GABAergique de type A, comme la plupart des agents anesthésiques mais il inhibe, de façon réversible, les récepteurs N.M.D.A., A.M.P.A. (rôle mineur) et kaïnate (récepteurs ionotropes impliqués dans la neurotransmission excitatrice).

Comme pour les halogénés et le N₂O, le Xe semble entraîner des perturbations membranaires cellulaires et agir sur l'homéostasie du calcium intracellulaire, en inhibant le transport actif du calcium à travers la membrane plasmatique, ce qui augmente la concentration neuronale en calcium et altère donc l'excitabilité.

⁵ Calderon J., « Anesthésie au Xénon : est-ce l'avenir ? »

Le Xe, comme l'halothane est également capable d'activer les canaux potassiques de type T.R.E.K. (rôle important dans l'excitabilité neuronale).

- *médiation analgésique*

Les effets analgésiques du Xe semblent être dus à un effet inhibiteur des récepteurs N.M.D.A., au niveau des neurones de la corne dorsale de la moelle épinière, indépendant des récepteurs alpha-2-adrénérgiques ou de ceux aux opioïdes. Son action antinociceptive n'est pas réversée par un antagoniste morphinique (naloxone)⁶.

Le Xe inhibe également le récepteur nicotinique de l'acétylcholine.

Un mécanisme alternatif pourrait reposer sur l'activation des canaux potassiques de type T.R.E.K.

I.4 - Effets pharmacologiques du xénon

- *anesthésique*

MAC des gaz et halogénés

Gaz et halogénés	Coefficient partage O₂/sang	MAC	MAC AWAKE
Xe	0,12	63 %	33 %
N₂O	0,47	104 %	63,3 %
sevoflurane	0,69	1,71 %	0,59 %
desflurane	0,42	7,25 %	2,6 %
isoflurane	1,38	1,15 %	0,4 %

⁶ Delhay O., Robin E., Bazin J.-E., Ripart J., Lebuffe G., Vallet B., « Avantages décisifs, indications et limites de l'anesthésie au xénon », p. 637

Le Xe déprime rapidement l'activité neuronale au niveau du S.N.C. et provoque une perte de conscience. Il semble pourvu d'une puissante action hypnotique, légèrement supérieure à celle du N₂O.

Sa M.A.C. est aujourd'hui estimée à 63 % (initialement 71 %). Chez le sujet de plus de 65 ans, elle est de 69,3 % chez l'homme et de 51,1 % chez la femme.

Sa cinétique (coefficient de partage le plus faible) lui confère un endormissement et un réveil rapides, quelle que soit la durée de l'anesthésie (2 à 3 fois plus rapide que l'isoflurane ou le sévoflurane et 4 min contre 10 min au réveil pour le propofol)⁷.

Toutefois, il n'a pas été constaté de différence significative concernant le délai entre l'extubation et l'aptitude à la sortie de la S.S.P.I.

De même, les tests cognitifs réalisés jusqu'à J 3 semblent inchangés par rapport aux autres anesthésiques volatils ou intraveineux.

- *analgésique*

Contrairement aux halogénés, le Xe possède un important effet analgésique à la concentration de 70 %, supérieur à celui du N₂O.

Une augmentation significative du seuil de douleur a été rapportée, à des concentrations subanesthésiques (0,3 M.A.C.), pour lesquelles il existe une suppression du stress en réponse à des stimuli nociceptifs, sans phénomène de tolérance.

Administré entre 0,7 et 1 M.A.C., le Xe est capable de supprimer la réponse à l'incision chirurgicale.

- *respiratoires*

Avec une densité et une viscosité élevées⁸, le Xe est responsable d'une augmentation de 35 % des résistances des voies aériennes par rapport à un mélange O₂/air. De ce fait, le Xe risque de générer une P.E.P. intrinsèque chez les sujets atteints de bronchopathies obstructives, cet effet sur l'arbre trachéobronchique étant plus lié à ses propriétés physicochimiques qu'à un effet bronchoconstricteur direct.

Au cours d'une induction anesthésique par le Xe, la fréquence respiratoire diminue autant qu'avec le sévoflurane, mais le volume courant est beaucoup mieux préservé, le volume minute est donc beaucoup moins abaissé.

Il pourrait également exister une meilleure oxygénation en présence de Xe, expliquée par un meilleur recrutement alvéolaire lié à la densité du Xe.

⁷ Verbeke L., Delhaye O., Vallet B., « Xénon : un gaz du futur ? », p. 197

⁸ cf annexe 1

Du fait de ses propriétés physicochimiques, le Xe perturbe les mesures de flux gazeux par différents débitmètres. Il pénètre beaucoup moins rapidement et en moindre quantité dans les cavités closes que le N₂O (ballonnets des sondes d'intubation, pneumopéritoine, bulles).

En raison de sa solubilité importante, un risque théorique d'hypoxie par diffusion (effet Fink) existe au réveil, mais n'a pas été confirmé en pratique clinique.

- *cardiovasculaires*

Le Xe n'a qu'un retentissement négligeable sur les déterminants du débit cardiaque. La fonction ventriculaire gauche est maintenue (fraction d'éjection inchangée résultant de la stabilité de la post-charge). La contractilité myocardique, la circulation coronaire et la conduction auriculo-ventriculaire ne sont pas altérées.

On constate une diminution de la fréquence cardiaque résultant de la majoration du tonus parasympathique.

Le Xe n'affecte ni les courants calciques ni les courants potassiques myocardiques, expliquant la stabilité cardiovasculaire lors de l'anesthésie au Xe.

L'effet analgésique induit par le Xe diminue les décharges catécholaminergiques et les élévations tensionnelles résultant des stimuli nociceptifs peropératoires.

On observe une parfaite stabilité tensionnelle au cours de l'anesthésie entretenue par le Xe, chez les opérés sans risque cardiovasculaire comme chez les patients ayant des réserves cardiaques et coronaires limitées.

Cette absence de retentissement hémodynamique pourrait rendre nécessaire le monitoring de la profondeur de l'anesthésie puisque la pression artérielle peropératoire ne peut plus être considérée comme un indicateur indirect de la profondeur d'anesthésie.

B.I.S. et entropie sont jugés tous deux efficaces mais avec une latence d'une minute entre la constatation clinique de la perte de conscience et sa traduction en signal numérique. Toutefois la validité du monitoring par B.I.S. au cours de l'anesthésie au Xe reste à démontrer car une étude a montré qu'un B.I.S. inférieur à 50 ne garantissait pas une anesthésie adéquate chez un patient sous Xe.

Le Xe semble également posséder des propriétés de pré- et post-conditionnement lors d'une ischémie myocardique (limite l'étendue ischémique).

Chez l'opéré coronarien, la perfusion coronaire est maintenue, la consommation en oxygène du myocarde reste stable ou légèrement diminuée en raison de la baisse modérée de la fréquence cardiaque et la perfusion des couches sous-endocardiques semble assurée (maintien de la pression de perfusion coronaire et des dimensions du ventricule gauche en télédiastole donc pas d'augmentation de la contrainte télédiastolique du ventricule gauche). D'autre part, le risque de dommages myocardiques postopératoires évalué sur les taux de CPK-MB et troponine n'a pas été majoré chez les opérés recevant du Xe.

Chez des patients insuffisants cardiaques (fraction d'éjection inférieure à 50 %) opérés pour pose de pacemaker, l'état tensionnel et l'équilibre circulatoire étaient préservés.

- *neurovasculaires*

Le Xe présente des effets variables sur le D.S.C. : diminution dans plusieurs régions thalamiques, corticales, cérébelleuses et stabilité ou augmentation dans la substance blanche.

Le Xe diminue nettement le métabolisme cérébral (consommation de glucose) tout en respectant le couplage métabolisme/débit sanguin régional.

Il n'existe pas de modification de la réponse du D.S.C. au CO₂ ni du système d'autorégulation du D.S.C.

Un effet neuroprotecteur de l'hypothermie combinée au Xe suite à une ischémie cérébrale a été observé chez l'animal en pré- et post-conditionnement.

- *autres*

Malgré les effets inhibiteurs du Xe sur les récepteurs 5-HT₃ impliqués dans la survenue des N.V.P.O. le Xe entraîne plus de N.V.P.O. qu'une anesthésie intraveineuse totale : 66 % de nausées, 35 % de vomissements contre 27 et 17 %⁹. Cependant ces effets sont limités à la période précoce du réveil pendant le séjour en S.S.P.I.

Une explication possible de ces N.V.P.O. serait un effet résiduel des opiacés, démasqué par un réveil très rapide. La prévention reposerait alors sur un arrêt des opiacés suffisamment tôt avant l'arrêt du Xe et sur l'utilisation d'un opiacé de demi-vie très courte (type rémifentanyl).

Le Xe potentialiserait moins l'action des curares non dépolarisants que les halogénés.

Il n'entraîne pas d'activation sympathique donc pas de vasoconstriction, à la différence du N₂O, il faut donc être vigilant sur l'hypothermie peropératoire.

Enfin, le Xe ne semble pas être un facteur déclenchant d'H.T.M. peranesthésique. D'autre part, l'exposition au Xe de fibres musculaires de patients prédisposés n'abaisse pas leur seuil de contracture.

⁹ Debureaux S., Nouvellon E., Cuvillon P., Ripart J., « Le xénon : quoi de neuf ? », p. 162

I.5 - Toxicité et effets environnementaux

Alors que les halogénés et le N₂O sont impliqués dans la destruction de la couche d'ozone et contribuent à l'effet de serre, le Xe est dépourvu d'effets environnementaux.

De même, le Xe est le seul anesthésique non toxique pour le personnel travaillant dans les blocs opératoires et, contrairement au N₂O, il semble dénué d'effet tératogène.

En revanche, la production de Xe est actuellement très coûteuse en énergie et donc productrice de CO₂¹⁰.

I.6 - Utilisation clinique, indications et contre-indications

LENOXe™ est obtenu par distillation fractionnée de l'air liquide à basse température dans les usines de production d'oxygène (Air Liquide) avec une pureté de 99,9995 %. Il se présente sous forme liquéfiée dans une bouteille aluminium de 10 l, dans laquelle 1 l de gaz correspond à 1 l de Xe dans les conditions atmosphériques normales.

Il est indiqué pour « l'entretien de l'anesthésie générale chez l'adulte A.S.A. I et II, en association avec des morphiniques, au cours de l'anesthésie balancée »¹¹, lors d'interventions de longue durée.

Les contre-indications actuelles du Xe sont les patients hypoxiques nécessitant une FiO₂ supérieure à 50 %, les patients souffrant de maladies pulmonaires et/ou des voies aériennes présentant une élévation des résistances bronchiques (asthme, B.P.C.O.).

Du fait de son coût élevé, l'anesthésie au Xe ne se conçoit qu'en circuit totalement fermé avec un ventilateur d'anesthésie adapté, fonctionnant en objectif de concentration. Le premier respirateur adapté à l'anesthésie au Xe était le Physioflex de Dräger. Depuis fin 2007, Taema (filiale de Air Liquide) commercialise le Felix Dual, en France au prix de 56000 €¹².

Le coût moyen d'une anesthésie au Xe en circuit fermé est de 272 € pour quatre heures d'anesthésie, alors que l'anesthésie à l'isoflurane + N₂O coûte 72 € et l'anesthésie au sévoflurane + N₂O, 64 €, ce coût ne tenant pas compte de l'achat d'un ventilateur adapté. Une autre analyse évalue les quinze premières minutes d'anesthésie au Xe à 50 € et chaque heure supplémentaire à 19 €, ou un coût horaire de 200 € soit dix fois le prix du propofol administré en A.I.V.O.C.¹³

¹⁰ Boutin C., Debureaux S., Conte B., Toumi M., Jacquelot S., Ripart J., « Anesthésie au xénon », p. 2

¹¹ H.A.S., « Commission de la transparence », 1^{er} octobre 2008

¹² Taema, Felix Dual, Concours technologies médicales innovantes », p. 2

¹³ Ripart J., Debureaux S., Conte B., « Le xénon : indications en 2010, un peu d'histoire... », p. 52

Bien que techniquement possible, l'induction au Xe n'est pas économiquement acceptable. L'induction est donc réalisée avec des agents intraveineux. Après l'intubation trachéale, le patient est raccordé au ventilateur. Un complément de dénitrogénéation en ventilant le patient avec de l'oxygène pur est nécessaire pendant au moins cinq minutes pour obtenir une FeO_2 supérieure à 90 %. Le circuit est alors totalement fermé et le Xe est introduit à une concentration de 70 %, en diminuant donc la concentration d'oxygène inhalé à 30 %. La concentration sédatrice de Xe est atteinte en quatre-vingt-dix secondes et la concentration anesthésique en huit minutes environ. L'association avec un morphinique est nécessaire en peropératoire afin de potentialiser le Xe et de limiter le risque de mémorisation.

II - Les agents halogénés

Pourquoi un nouveau gaz anesthésique aujourd'hui ? La réponse à cette question sous-entend que les anesthésiques inhalés utilisés actuellement n'auraient pas toutes les qualités requises pour en faire des agents idéaux.

Les halogénés (isoflurane, sévoflurane, desflurane) provoquent une diminution de la pression artérielle concentration-dépendante, liée à une diminution des résistances vasculaires systémiques sans modification majeure du débit cardiaque. L'hypotension artérielle peut être une propriété cliniquement intéressante pour réduire le saignement peropératoire (chirurgie de l'oreille) mais elle peut aussi être source d'inconvénient lorsqu'une pression artérielle élevée est nécessaire afin de maintenir le débit sanguin cérébral (chirurgie de la carotide). Notons que les effets hémodynamiques du propofol ne sont guère différents de ceux des agents halogénés.

On peut schématiquement répartir ces trois gaz en deux catégories en fonction de leur solubilité dans le sang : le desflurane possède une solubilité proche de celle du N_2O alors que l'isoflurane et le sévoflurane sont nettement plus solubles¹⁴. Ces caractéristiques ont une influence directe sur la vitesse du réveil. Ainsi la mise à disposition d'un agent anesthésique volatil ayant un coefficient de solubilité dans le sang inférieur à celui du desflurane permettrait de gagner encore du temps au réveil dans le cadre d'une anesthésie longue uniquement.

Le métabolisme des agents halogénés¹⁵ peut provoquer une toxicité hépatique et une toxicité rénale. Le métabolisme de l'isoflurane et du desflurane produit de l'acide trifluoroacétique (T.F.A.), connu pour être à l'origine d'une toxicité hépatique immunologique responsable d'une cytolyse hépatique parfois mortelle. Quant au sévoflurane, il présenterait également une toxicité hépatique suite à une réaction avec le composé A (provenant de sa dégradation par les absorbeurs de CO_2 présents dans le circuit filtre) et certaines protéines de l'hépatocyte les rendant antigéniques.

¹⁴ cf tableau « M.A.C. des gaz et halogénés », p. 5

¹⁵ cf tableau « Métabolisation des halogénés et du xénon », p. 4

La toxicité rénale de l'ion fluor produit par le métabolisme des agents halogénés avait été mise en évidence dans les années 1970 lorsque le méthoxyflurane avait commencé à être utilisé. Par contre, il a maintenant été établi que les cellules tubulaires rénales ne peuvent pas métaboliser les agents halogénés modernes, excluant donc le rôle toxique rénal du fluor lors de leur administration.

Compte tenu du coût des agents halogénés modernes, leur administration requiert l'utilisation d'un circuit filtre dans lequel un absorbeur de CO₂ est nécessaire. Ces absorbeurs provoquent la production de monoxyde de carbone en cas d'utilisation d'isoflurane et surtout du desflurane. En dehors du type d'agents halogénés, les absorbeurs riches en soude et en potasse, les absorbeurs desséchés, l'augmentation de la température dans le canister et les très bas débits de gaz frais ont également été mis en cause.

A ce jour, aucun effet tératogène ou mutagène des agents halogénés n'a pu être démontré chez des femmes enceintes anesthésiées avec des agents halogénés ou travaillant dans un bloc opératoire¹⁶.

Enfin, tous ces agents halogénés sont reconnus comme facteur déclenchant d'une hyperthermie maligne chez les patients susceptibles¹⁷.

Les coûts des halogénés sont les mêmes pour le C.H.R. de Saint-Denis et de Saint-Pierre. Le sévoflurane coûte 145 € les 250 ml, l'isoflurane 13 € les 100 ml et le desflurane 85 € les 240 ml. Ces tarifs sont hors taxes, il faut leur ajouter 20 à 30 % de frais de transport (avion ou bateau). Le marché est établi pour une durée de cinq ans et sera réévalué en 2011¹⁸.

III - L'utilisation du protoxyde d'azote à La Réunion

Nombreux sont ceux qui se posent la question de l'avenir du N₂O. « Faut-il l'abandonner ? Doit-on le remplacer ? » Le Xe est actuellement le seul agent qui présente des propriétés proches de celles du N₂O¹⁹.

Le N₂O est un adjuvant anesthésique qui a fait ses preuves depuis longtemps. Il a des effets analgésiques, limite l'hyperalgésie postopératoire. Son effet hypnotique permet également d'épargner les autres agents anesthésiques.

Malgré tout, son efficacité anesthésique est faible, ses inconvénients ne sont pas négligeables. Il est utilisé depuis plus de 150 ans et, comme beaucoup de produits anciens, il a été « mis sur le marché » sans véritable analyse de ses effets indésirables.

¹⁶ Odin I, Nathan N., « Anesthésiques halogénés », disponible sur <http://kayinamura.free.fr/docs/cours/hallogene.pdf>

¹⁷ Debaene B., « Pourquoi un nouveau gaz anesthésique en 2009 ? », p.159-160

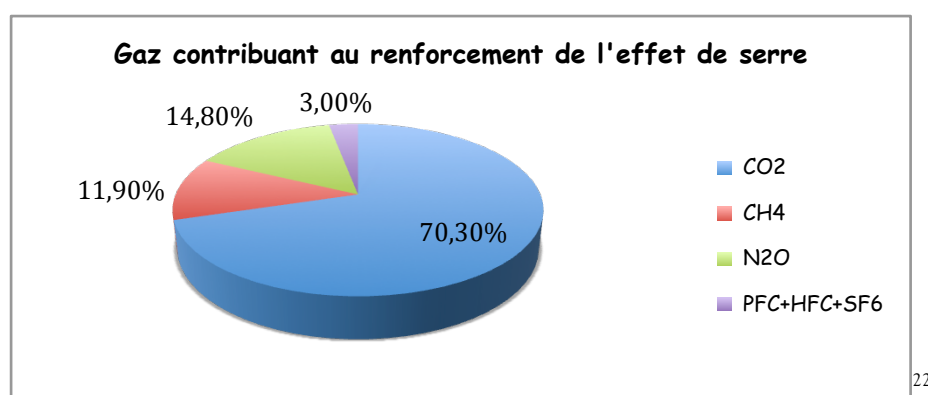
¹⁸ Tarifs donnés par Madame Alba au C.H.R. Saint-Denis et Madame Chan-Ou-Teung au C.H.R. Saint-Pierre

¹⁹ Servin F., Picard F., « Avenir du protoxyde d'azote ? Abandon ? Remplacement ? », p. 21

Le N₂O est dépresseur myocardique direct, la dilatation des vaisseaux cérébraux qu'il engendre, augmente le D.S.C., la consommation cérébrale en O₂ et la P.I.C. Il modifie les perceptions sensorielles et diffuse au sein des cavités closes. On note également sa toxicité neurologique et hématologique, son infertilité et sa tératogénicité.

Ses effets indésirables, rares, sont à type de N.V.P.O., sédation profonde, excitabilité, désorientation et céphalées.

Il pollue les blocs opératoires et contribue à la destruction de la couche d'ozone en participant à l'effet de serre juste après le CO₂, avec un pouvoir 275 fois supérieur à ce dernier et à hauteur de 10 % environ pour le N₂O médical²⁰. Il subsiste environ 120 ans dans l'atmosphère²¹.



Le N₂O présente un surcoût à La Réunion, lié à son transport et à la nécessité de stockage des obus, multiplié par six environ par rapport à la France métropolitaine. En 2005, ce coût était de 17 € le kilo²³. En 2011, il est de 653 € les 47 l, soit 13,68 € le litre, à Saint-Pierre (coût du gaz T.T.C. auquel il faut rajouter le prix de la location de la bouteille)²⁴.

Le N₂O a été supprimé au C.H.R. de Saint-Denis en 2004.

A La Réunion, le S.E.G.A. a été installé pendant la rénovation des blocs opératoires du C.H.R. de Saint-Denis et de Saint-Pierre en 2009. Mais il est absent de la plupart des autres blocs opératoires utilisant le N₂O, notamment dans le privé. Les ventilateurs actuels, modernes pour la plupart, fonctionnent en bas débit de gaz frais, limitant ainsi la pollution des blocs opératoires car la seule évacuation des gaz anesthésiques existant est le système de ventilation générale.

²⁰ David M., « MEOPA un outil analgésique moderne », journées douleur C.L.U.D., juin 2006

²¹ Slavov V., Terosiet B., Dhonneur G., « Protoxyde d'azote : un produit toxique ou un allié sous contrôle ? », p. 205

²² <http://inra.fr>, source Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, 4^e communication nationale à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques en 2006

²³ Moulin V., « Protoxyde d'azote : Où en est-on à La Réunion ? », promotion 2004-2006

²⁴ Tarifs donnés par Madame Chan-Ou-Teung au C.H.R. Saint-Pierre

Les absorbeurs reliés au ventilateur sont également un moyen d'épuration des gaz et vapeurs anesthésiques, mais se pose la question de leur fiabilité car dans certains blocs opératoires, ils ne sont jamais pesés ni changés régulièrement, il n'y a pas de suivi.

IV - Incidence des pathologies cardiovasculaires à La Réunion

L'extension de l'A.M.M. du Xe aux patients A.S.A. III et IV est en attente de validation, ainsi que l'indication concernant les patients coronariens, artéritiques et les chirurgies cardiaques et vasculaires. De même, le patient obèse, associant un risque d'accumulation des drogues et donc de retard de réveil avec un risque d'apnée obstructive postopératoire, pourrait tirer un bénéfice d'une anesthésie au Xe²⁵.

En 2003, les maladies cardiovasculaires représentaient la première cause de mortalité aussi bien en France métropolitaine qu'à La Réunion²⁶. Depuis 2004, les maladies cardiovasculaires sont à la 2^e position (28 %) en métropole, derrière les cancers (30 %), mais elles restent la première cause de décès à La Réunion (32 % de tous les décès)²⁷.

S'ajoutent également divers facteurs de risque influençant les pathologies cardiovasculaires car La Réunion est le département où le taux de prévalence du diabète (type 2) traité est le plus élevé (11,2 % contre 3 % en métropole), prévalence qui augmente avec l'âge, sachant que les coronaropathies représentent 12 % des complications chez les diabétiques. De plus, la prévalence de la surcharge pondérale (I.M.C. > 25) à La Réunion était de 50 % contre 41 % en métropole en 2002. D'ailleurs, les enquêtes locales de 2004 sur l'alimentation et l'activité physique révélaient également une pratique insuffisante d'activité physique régulière au sein de la population²⁸.

La population réunionnaise est une population jeune, 11 % de plus de 60 ans, comparativement à la métropole (21 %). Le vieillissement prévisible de cette population, qui aura triplé d'ici 2030 (soit ¼ de la population réunionnaise), ainsi que l'amélioration du pronostic vital de l'infarctus du myocarde et l'absence de contrôle efficace de l'hypertension artérielle chez un tiers des personnes hypertendues laissent supposer que la morbidité et la mortalité par insuffisance cardiaque vont s'accroître dans les prochaines années²⁹.

²⁵ Ripart J., Debureaux S., Conte B., « Le xénon, indications en 2010, un peu d'histoire... », p. 55

²⁶ Catteau C., « Les accidents cardiovasculaires à La Réunion », p. 2

²⁷ Observatoire Régional de la Santé, « Les maladies cardiovasculaires à La Réunion », p. 4 et 10

²⁸ Observatoire Régional de la Santé, « Les maladies cardiovasculaires à La Réunion », p. 13

²⁹ Observatoire Régional de la Santé, « Les maladies cardiovasculaires à La Réunion », p. 13

V - Synthèse problématisée

Pourquoi un nouveau gaz aujourd'hui ? C'est la question que je me pose.

On dispose d'un choix de produits anesthésiques relativement large, permettant d'utiliser un produit adapté à chaque chirurgie ou à chaque patient.

Pour autant, nous n'utilisons pas tous les mêmes produits d'un bloc opératoire à l'autre. Certains semblent « boudés » plus que d'autres, pourtant ils ont aussi eu leur heure de gloire.

On évoque de plus en plus la protection de l'environnement et le réchauffement climatique avec notamment ses impacts sur les milieux naturels et agricoles et sur les climats, avec l'élévation du niveau de la mer par fonte des glaciers, ainsi qu'une modification des régimes pluviométriques. D'ici la fin du siècle, la teneur atmosphérique en CO₂ pourrait doubler, la température moyenne augmenterait de 2 à 4°C et la répartition saisonnière des pluies devrait être modifiée en France métropolitaine, accroissant la sécheresse estivale sur la moitié Sud du pays.

Le désintérêt pour le N₂O semble croissant. C'est un gaz à fort effet de serre. Même si sa part d'action semble minime par rapport à celle du CO₂, pourquoi continuer décemment à utiliser un produit cher, polluant et nuisible pour le patient comme pour le personnel ? « Faut-il l'abandonner ? Doit-on le remplacer ? »³⁰.

Les halogénés participent également à la pollution de l'environnement. On connaît aussi leurs effets toxiques sur l'organisme humain.

Nous l'avons vu précédemment, le xénon a de nombreux avantages. Son délai de réveil significativement plus court qu'avec les gaz anesthésiques utilisés actuellement, son action analgésique, absence de dépression myocardique, de métabolisation par l'organisme, d'hyperthermie maligne, d'effet tératogène ou de toxicité environnementale contrairement aux halogénés et au N₂O en font un gaz possédant beaucoup de caractéristiques de « l'anesthésique idéal ».

Mais comme tout produit, il a aussi sa part d'inconvénients. C'est un gaz émergent qui n'a pas encore fait ses preuves, d'autres études sont nécessaires pour faire évoluer ses indications, certains effets restent encore à préciser.

³⁰ Servin F., Picard F., « Avenir du protoxyde d'azote ? Abandon ? Remplacement ? »

D'autre part, son indication actuelle chez les patients A.S.A. I et II semble illogique au vu de son coût élevé, justifié par une production limitée en volume ainsi que le ventilateur spécifique à son administration. Toutefois, la récupération du Xe utilisé, en fin d'intervention, est actuellement une piste de recherche avancée : une fois retraité, isolé et purifié, le Xe est réutilisable ce qui pourrait permettre d'en diminuer les coûts de production dans l'avenir³¹.

Enfin, la population réunionnaise est particulièrement concernée par les facteurs de risque des maladies cardiovasculaires (diabète, obésité/surpoids, sédentarité). D'ici vingt ans, cette population jeune aura vieilli, avec ce que cela implique en terme de morbidité.

Dans ce contexte, je formule donc les hypothèses suivantes :

- **le xénon n'est pas utilisé actuellement à La Réunion parce que c'est un produit encore nouveau, qui n'est pas connu des équipes anesthésiques,**
- **le xénon peut trouver sa place au sein des produits anesthésiques utilisés à La Réunion, dans l'avenir, notamment en chirurgie cardiaque et vasculaire.**

³¹ Leclerc J., Nieuviarts R., Tavernier B., Vallet B., Scherpereel P., « Anesthésie au xénon : du mythe à la réalité », p. 75

Exploration du terrain

I - Méthodologie suivie

I.1 - Choix de l'outil et du public

Mes objectifs principaux étaient d'établir un bilan sur les connaissances des professionnels quant à l'existence du xénon et d'obtenir leur avis concernant son utilisation et son intérêt ou non à La Réunion.

J'ai choisi d'utiliser des questionnaires car ce type d'outil me semblait le mieux adapté pour :

- recueillir l'opinion d'un maximum de professionnels sur plusieurs lieux éloignés géographiquement,
- analyser quantitativement les données recueillies,
- optimiser la gestion de mon temps afin de respecter l'échéancier, le questionnaire ne requérant pas obligatoirement la présence d'un enquêteur sur les lieux.

Malgré tout, ce type d'enquête a aussi ses limites. Il ne permet pas la libre expression de l'entretien.

J'ai souhaité réaliser mon enquête auprès de 3 établissements réunionnais :

- le C.H.R. de Saint-Denis (bloc central et bloc cardiaque et vasculaire), qui n'est plus alimenté en N₂O mais utilise sévoflurane et desflurane,
- le C.H.R de Saint-Pierre (bloc central) qui utilise N₂O, sévoflurane, isoflurane et desflurane (récemment),
- la clinique Sainte Clotilde, utilisant N₂O et sévoflurane.

Ce choix est personnel et ne peut donc se prétendre exhaustif.

J'ai choisi de questionner les M.A.R., prescripteurs, et les I.A.D.E. ayant un choix notable dans les protocoles, de par leur expérience.

I.2 - Présentation de la méthode

Avant sa réalisation finale, j'ai « testé » mon questionnaire auprès de plusieurs professionnels d'anesthésie, non concernés par celui-ci car issus de services différents que ceux ciblés, ce qui a abouti à la version définitive.

J'ai réalisé un questionnaire commun pour les trois établissements (disponible en annexe 1), composé de dix questions, dont des questions ouvertes permettant aux professionnels de s'exprimer, semi-ouvertes orientées avec des mots-clés et fermées afin de quantifier certaines données.

J'ai envoyé mes questionnaires aux cadres de Saint-Pierre et Sainte-Clotilde, accompagné d'une lettre mentionnant les modalités de distribution et de récupération. J'ai moi-même déposé mes questionnaires à Saint-Denis et étant en stage au bloc opératoire central, j'ai pu le présenter à un maximum de professionnels. Ceci m'a également permis d'apporter les explications nécessaires à la compréhension de certaines questions, de récupérer régulièrement mes questionnaires, également au-delà de la date fixée préalablement, soit au terme d'un délai de six semaines.

J'ai choisi de faire une analyse distinctive de chaque établissement et catégorie de personnel pour voir s'il y avait des disparités entre établissement et entre M.A.R./I.A.D.E.

J'ai regroupé les questions par thèmes, en fonction des grandes lignes directrices qui se dégageaient de l'ensemble, mais c'est un choix subjectif, pouvant être interprétatif et n'engageant que moi.

J'ai représenté les réponses sous forme de diagrammes et de tableaux, plus faciles à interpréter selon mon avis.

I.3 - Limites

Etant donné le faible taux de retour (56 %), les données recueillies ne sauraient garantir une représentativité généralisable.

D'autre part, le traitement des données par une seule personne en limite la perception et fait intervenir un filtre individuel, restrictif.

En discutant avec les I.A.D.E., je me suis aperçue que tous « butaient » sur la question 5, j'en déduis donc qu'elle était mal formulée car pour ceux qui ne connaissaient pas le xénon, ils se sont arrêtés à ce stade du questionnaire. J'ai l'impression que la question a plus été prise comme un bilan de leurs connaissances personnelles. En ce qui concerne les questionnaires que j'ai remis personnellement à Saint-Denis, j'ai pu alors réajuster et apporter des précisions :

« Selon vous, parmi les avantages suivants du xénon, quels seraient ceux qui pourraient justifier son utilisation à La Réunion ? ».

En revanche, une grande partie des personnes travaillant à Saint-Denis a répondu à la question 8 concernant le protoxyde d'azote « s'il est disponible dans votre service » alors qu'il ne l'est plus, en cochant « rarement » ou même « souvent », voire « toujours » ; d'autres ont ajouté « jamais ». Il en est de même pour l'isoflurane, qui n'est présent qu'à Saint-Pierre.

Certains viennent de métropole et ont pu faire l'amalgame entre leur pratique régulière en métropole et leur remplacement effectué à La Réunion ou leur ancien service. Peut-être aurais-je dû faire 2 questionnaires distincts pour ceux qui sont alimentés en N₂O et ceux qui ne le sont pas.

D'autre part, je me demande si le questionnaire a été bien lu. Quel temps les gens lui ont-ils consacré ? Certaines personnes ont pu répondre en groupe, d'autres après avoir cherché des informations sur le xénon sur internet. J'en conclus donc que la fiabilité des réponses ne peut être optimale.

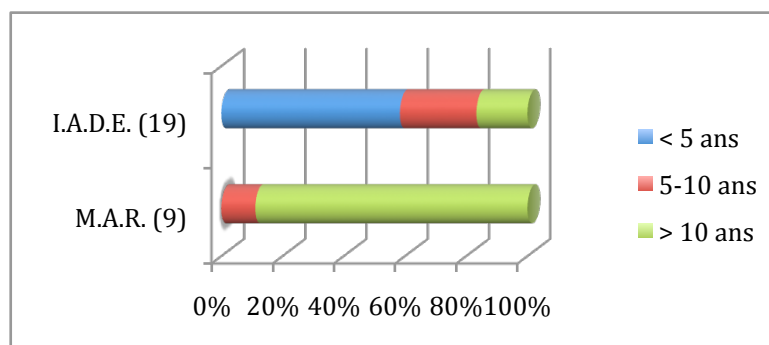
II - Analyse des données

- *Sainte-Clotilde* :

Aucun questionnaire ne m'a été rendu. Il m'a fallu envoyer mon questionnaire par mail pour que les M.A.R. donnent leur accord quant à leur distribution, en plus de l'autorisation demandée par l'école au directeur de l'établissement.

- *C.H.R. Saint-Denis, bloc central* :

28 questionnaires m'ont été rendus sur les 37 distribués soit un taux de participation de **76 %**.

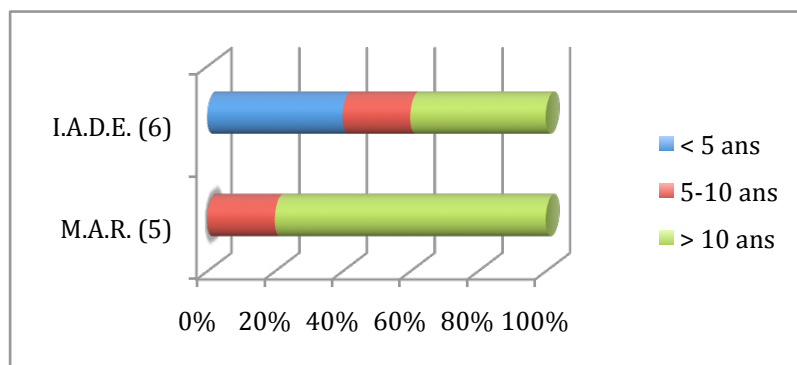


9 M.A.R ont répondu : 1 est diplômé depuis 5 à 10 ans et 8 le sont depuis plus de 10 ans.

19 I.A.D.E. ont répondu : 7 sont diplômés depuis moins de 5 ans, 3 depuis 5 à 10 ans et 9 depuis plus de 10 ans.

- *C.H.R. Saint-Denis, bloc cardiaque :*

Les 11 questionnaires distribués m'ont été retournés, soit un taux de participation de **100 %**.

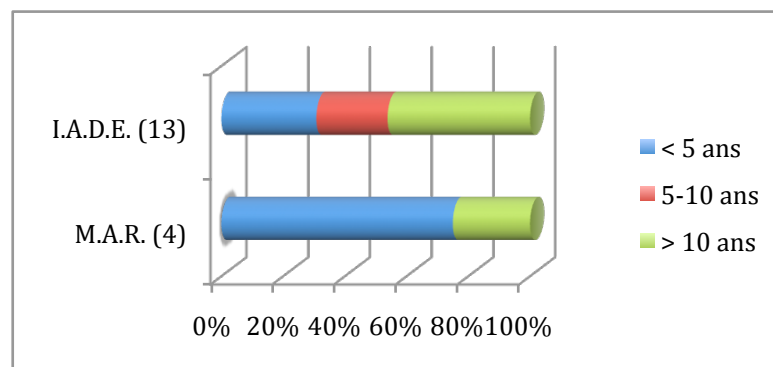


5 M.A.R. ont répondu : 1 est diplômé depuis 5 à 10 ans et 4 le sont depuis plus de 10 ans.

6 I.A.D.E. ont répondu : 2 sont diplômés depuis moins de 5 ans, 1 depuis 5 à 10 ans et 3 depuis plus de 10 ans.

- *C.H.R. Saint-Pierre, bloc central :*

J'ai récupéré 17 questionnaires sur les 36 distribués, soit un taux de participation de **47 %**.

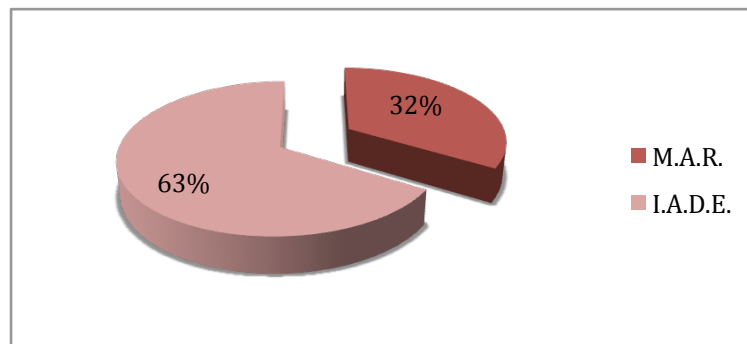


4 M.A.R. ont répondu : 3 sont diplômés depuis moins de 5 ans et 1, depuis plus de 10 ans.

13 I.A.D.E. ont répondu : 4 sont diplômés depuis moins de 5 ans, 3 depuis 5 à 10 ans et 6 le sont depuis plus de 10 ans.

- *Au total :*

Sur les 100 questionnaires envoyés, **56** m'ont été retournés, dont 18 M.A.R. et 38 I.A.D.E.



76 % des M.A.R. et 55 % des I.A.D.E sont diplômés depuis plus de 10 ans.

On peut donc dire que le sujet semble intéresser plus les I.A.D.E. que les M.A.R. et que le C.H.R. de Saint-Denis semble plus intéressé que celui de Saint-Pierre.

Etant en stage à Saint-Denis, j'ai distribué et récupéré mes questionnaires régulièrement et en personne, contrairement.

II.1 - Connaissances sur le Xénon

	M.A.R., Saint-Denis, Bloc central	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc central	M.A.R., Saint-Denis, Bloc cardiaque	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc cardiaque	M.A.R., Saint-Pierre	I.A.D.E., Saint-Pierre
Ont eu des informations sur le xénon :	Oui : 7 78%	Oui : 9 47% Non : 10 53%	Non : 3 60%	Non : 5 83%	Oui : 2 Non : 2	Non : 12 92%
Non répondu	-	-	-	-	-	-
- articles	2	4	-	-	-	-
- congrès, M.A.R., formation	-	3	1	-	1	1
- internet	1	1	-	-	-	-
Connaissent avantages/inconvénients	Oui : 6 67%	Oui : 8 Non : 11 58%	Non : 3 60%	Non : 4 67%	Oui : 2 Non : 2	Non : 12 92%
Non répondu	-	-	-	-	2	-
Déjà vu utilisé	0	0	0	0	1	0

Les $\frac{3}{4}$ des M.A.R. du **bloc central de Saint-Denis**, ont eu des informations sur le Xe (tous sauf un ont plus de 10 ans de diplôme) et connaissent ses avantages et inconvénients, alors que plus de la moitié des I.A.D.E. non. Mais dans les I.A.D.E. « informés », la majeure partie est diplômée depuis moins de 5 ans.

Au **bloc cardiaque**, plus de la moitié des M.A.R. n'ont pas eu d'informations sur le Xe et ne connaissent pas ses avantages et inconvénients, plus des $\frac{3}{4}$ des I.A.D.E. non plus.

A **Saint-Pierre**, 2 des M.A.R. ayant répondu ont eu des informations sur le Xe et connaissent ses avantages, alors que 92 % des I.A.D.E. non.

Les informations reçues sont essentiellement de même type pour tous : articles de revues, congrès (S.F.A.R.), internet.

Un seul M.A.R., du C.H.R. de Saint-Pierre, a vu le Xe utilisé à Nîmes.

Au total, il semble donc que les M.A.R. du bloc central de Saint-Denis soient plus au courant que ceux des autres établissements, et que les I.A.D.E.

II.2 - Pratiques anesthésiques et utilisation du xénon

- *Avantages du xénon et utilisation à La Réunion*

	M.A.R., Saint-Denis, Bloc central	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc central	M.A.R., Saint-Denis, Bloc cardiaque	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc cardiaque	M.A.R., Saint-Pierre	I.A.D.E., Saint-Pierre
Non répondu	1	7 / 37%	1	3 / 50%	2 / 50%	10 / 77%
<i>Cité en 1^{er} :</i>						
- action anesthésique	4	1	-	1	-	2
- stabilité HDN	2	1	3 / 75%	-	2	-
- action analgésique	1	2	1	-	-	-
- cinétique rapide	1	1	-	1	-	-
- abs. de toxicité		3	-	-	-	-
- non tératogène		3	-	-	-	1
- abs. d' HTM			-	1	-	-
<i>Cité en dernier :</i>						
- abs. d' HTM	4	1	-	-	2	-
- cinétique rapide	2	2	-	-	-	-
- abs. de toxicité	1	2	2	-	-	3
- action anesthésique	-	2	-	1	-	-
- action analgésique		1	2	1	-	-
- non tératogène		2	-	1	-	-
- stabilité HDN		1	-	-	-	-
<i>Pourquoi ?</i>						
- non répondu	7 78%	14 74%	5 100%	5 83%	4 100%	13 100%
- peu avantageux, trop cher	1	-	-	-	-	-
- protection environnement	-	4	-	1	-	-
- économie autres produits	-	1	-	-	-	-

Un grand nombre de personnes n'a pas répondu à cette question, probablement mal formulée.

Les M.A.R. du **bloc central de Saint-Denis** ont cité essentiellement **l'action anesthésique** comme avantage principal pouvant justifier l'utilisation du Xe à La Réunion, alors que pour les I.A.D.E. **l'absence de toxicité et de tératogénicité** semblent plus importants (femmes en âge de procréer ?).

Au **bloc cardiaque**, les M.A.R. ont cité principalement la **stabilité hémodynamique**. La moitié des I.A.D.E. n'a pas répondu à la question, pour l'autre moitié, les avis divergent.

A **Saint-Pierre**, la majeure partie des personnes n'a pas répondu à la question. Parmi ceux l'ayant fait, les M.A.R. citent en 1^{er} la **stabilité hémodynamique** et les I.A.D.E. **l'action anesthésique**. A noter que M.A.R. et I.A.D.E. ont cité l'absence de toxicité environnementale et de tératogénicité en dernier.

Je note que les avantages retenus par les M.A.R. ne sont pas les mêmes que ceux retenus par les I.A.D.E.

Ils sont plus des $\frac{3}{4}$, toutes catégories et établissements confondus à n'avoir pas justifié leur réponse. Un M.A.R. a même répondu « pourquoi quoi ». J'en déduis que ma question était mal posée. J'aurais voulu savoir quels étaient les besoins des services qui auraient pu les amener à choisir le xénon.

4 I.A.D.E. du bloc central de Saint-Denis citent tout de même la protection de l'environnement. Peut-être sont-ils plus sensibilisés ?

	M.A.R., Saint-Denis, Bloc central	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc central	M.A.R., Saint-Denis, Bloc cardiaque	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc cardiaque	M.A.R., Saint-Pierre	I.A.D.E., Saint-Pierre
<i>Dans quelle indication ?</i>						
- non répondu	-	10 53%	2	-	2 50%	11 85%
- cardiovasculaire	7	7	3	2	2	2
- vasculaire	5	5	3	1	1	2
- neurochirurgie	3	5	-	1	-	1
- autres : obstétrique, sans précision, toutes chirurgies, gériatrie	4	2	-	-	-	-
<i>Prêts à l'utiliser :</i>	9 100%	16 84%	4 80%	2 33%	2 50%	3 23%
- non	-	-	-	-	1	5 / 38%
- non répondu	-	3	1	4 / 67%	1	5 / 38%
<i>Pourquoi ?</i>						
- non répondu	1	10 / 53%	4 / 80%	4 / 67%	-	7
- curiosité	5	2	-	-	1	1
- bénéfiques	3	-	1	2	-	-
- après une formation	-	4	-	-	-	4 / 31%
- coût / délai mise en place	-	-	-	-	4	1

Les indications citées concernent essentiellement les **chirurgies cardiovasculaires, vasculaires et la neurochirurgie** mais je n'ai pas noté plus d'intérêt pour le personnel de chirurgie cardiaque en faveur de la chirurgie cardiovasculaire ou pour le personnel de Saint-Pierre en faveur de la neurochirurgie.

La majeure partie des personnes ayant répondu se dit prête à utiliser le Xe : la totalité parmi les M.A.R. de Saint-Denis mais 1/3 des I.A.D.E. du bloc cardiaque seulement. Toutefois à Saint-Pierre cela semble moins le cas, notamment chez les I.A.D.E. qui sont plus à ne pas vouloir l'utiliser ou à ne pas se prononcer (38 %). Le même M.A.R. qui a vu le xénon utilisé à Nîmes ne souhaite pas l'utiliser en raison de son coût et des contraintes liées à sa mise en place.

Les M.A.R. du **bloc central de Saint-Denis** l'utiliseraient plus par curiosité ou pour ses bénéfiques alors que les I.A.D.E. ont répondu prioritairement « après une formation ». Au **bloc cardiaque**, ce serait plus pour ses bénéfiques. Les M.A.R. de **Saint-Pierre** ont plutôt justifié leur volonté de ne pas l'utiliser par son coût excessif, ainsi qu'un délai de mise en place long, alors qu'environ 1/3 des I.A.D.E. ayant répondu seraient prêts à l'utiliser après avoir reçu une formation.

Je note encore un grand pourcentage de personnes n'ayant pas justifié leur réponse. Néanmoins je peux comprendre qu'il soit difficile de se prononcer quand on ne connaît pas le produit en question.

- *Pratiques anesthésiques et pollution des blocs opératoires*

	M.A.R., Saint-Denis, Bloc central	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc central	M.A.R., Saint-Denis, Bloc cardiaque	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc cardiaque	M.A.R., Saint-Pierre	I.A.D.E., Saint-Pierre
<i>Produit anesthésique utilisé le plus souvent :</i>						
- sevoflurane	7 / 78%	17 / 90%	5 / 100%	6 / 100%	4 / 100%	10 / 77%
- desflurane	2	1	-	-	-	-
- isoflurane	-	1	1	-	-	2
- N ₂ O	-	-	-	-	-	-
<i>Raison principale :</i>						
- cinétique rapide	6 / 67%	6 / 32%	3 / 60%	1	1	2
- induction au masque	1	9 / 47%	-	2	3	8 / 80%
- stabilité HDN	-	1	1	1	-	-
- autres : disponibilité	-	3	1	2	-	1

Le **sévoflurane** est le produit le plus utilisé par la majorité des personnes ayant répondu au questionnaire, choisi essentiellement pour sa cinétique rapide et également parce qu'il est utilisable pour l'**induction au masque**.

Quelques I.A.D.E. ont cité la disponibilité du produit comme raison motivant leur choix.

Il m'a également été exposé qu'il n'y a que deux cuves de desflurane à Saint-Denis pour tout le bloc opératoire.

	M.A.R., Saint-Denis, Bloc central	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc central	M.A.R., Saint-Denis, Bloc cardiaque	I.A.D.E., Saint-Denis, Bloc cardiaque	M.A.R., Saint- Pierre	I.A.D.E., Saint- Pierre
<i>Utilisation du N₂O :</i>						
- non répondu	2 / 22%	12 / 63%	4 / 80%	1 / 17%	-	1
- jamais	3	4	1	2	-	1
- rarement	2	2	-	1	3	10 / 77%
- souvent	-	-	-	1	1	1
- toujours	2	1	-	-	-	-
<i>Pourquoi ?</i>						
- non répondu	-	-	-	-	-	7 / 54%
- analgésie	1	1	-	-	-	-
- potentialisation	-	-	-	1	2	2
- coût	1	-	-	-	-	-
- pollution	-	-	-	-	1	4
<i>Raisons motivant l'arrêt de l'utilisation du N₂O :</i>						
- coût	5	5	3	1	-	-
- protection environnement	5	12	3	5	4	12
- E.I.	4	3	-	3	2	2
- risques professionnels	2	4	-	2	-	-
<i>Présence d'un système antipollution dans le bloc :</i>						
- oui	8	19	3	3	3	12
- non	-	-	2	3	-	1
- ne sais pas	1	-	-	-	1	-

A **Saint-Denis**, je note que les « non répondu » quant à l'utilisation du N₂O n'atteignent pas 100 % alors que les blocs ne sont plus alimentés en N₂O (sauf celui des Grands Brûlés, qui ne faisait pas partie des services questionnés).

Le N₂O semble peu utilisé, même pour **Saint-Pierre** dont le bloc est toujours alimenté : 77 % l'utilisent « rarement » en raison de la pollution qu'il provoque. Malgré tout, les I.A.D.E. évoquent la potentialisation des autres gaz, pour ceux qui l'utilisent.

La majeure partie des personnes interrogées évoque la protection de l'environnement comme raison ayant motivé l'arrêt de l'utilisation du N₂O, puis viennent ensuite les effets indésirables et les risques professionnels.

Peu de personnes ont donné leur avis concernant cette suppression. 2 M.A.R. au **bloc central de Saint-Denis** pensent que « c'est dommage », alors que cela concerne 4 I.A.D.E. (« utiliser à bon escient ») ; 2 pensent que c'est une bonne chose et 3 se sont adaptés. Le même constat est fait au **bloc cardiaque**, les avis sont partagés. A **Saint-Pierre**, les M.A.R. pensent qu'il n'est pas indispensable ou que c'est un « effet de mode », et seulement 2 I.A.D.E. que « c'est dommage ».

Il aurait été intéressant de connaître la position des personnes interrogées quant à la pollution des blocs opératoires et la protection de l'environnement.

La plupart des sondés savent que leur bloc est équipé d'un système antipollution, même si tous n'ont pas cité le « S.E.G.A. », par contre la prise n'est pas encore reliée aux respirateurs dans les salles du bloc cardiaque et vasculaire.

II.3 - Analyse globale

Au total :

Beaucoup de questions sont restées sans réponse. Il est difficile dans ces conditions de tirer des conclusions d'une telle enquête. Néanmoins il en ressort quelques points importants.

La majeure partie des personnes ayant répondu à mon questionnaire (M.A.R. et I.A.D.E. confondus) n'a pas eu d'informations sur le xénon et ne connaît pas non plus ses avantages et inconvénients. Seuls les M.A.R. du bloc central de Saint-Denis semblent mieux informés que les autres personnes. Sont-ils plus sensibilisés au côté écologique du xénon en raison de la suppression du protoxyde d'azote pour son action en défaveur de la couche d'ozone ?

Les M.A.R. choisiraient le xénon plutôt pour son action anesthésique (Saint-Denis) ou sa stabilité hémodynamique (bloc cardiaque et Saint-Pierre) ; les I.A.D.E. pour son absence de toxicité environnementale et de tératogénicité à Saint-Denis, pour son action anesthésique à Saint-Pierre.

15 M.A.R. (83 %) et 21 I.A.D.E. (55 %) seraient prêts à utiliser le xénon, pour ses bénéfices pour les personnes qui le connaissent et par curiosité pour les autres. Toutefois, le taux de personnes favorables est plus élevé au bloc central de Saint-Denis (89 %) qu'au bloc cardiaque (55 %) et surtout par rapport à Saint-Pierre (29 %).

Un seul M.A.R. a vu le xénon utilisé à Nîmes mais ne souhaiterait pas l'utiliser en raison de son coût et des contraintes liées à son utilisation.

Une grande proportion des personnes interrogées utilise le sévoflurane, pour l'induction au masque et pour sa cinétique rapide. Hors l'induction au Xe, bien que possible, n'est pas économiquement acceptable.

Quant au protoxyde d'azote, il est rarement utilisé dans l'ensemble. Mais il n'est disponible qu'à Saint-Pierre et je n'ai pas de comparaison possible puisque je n'ai pas les réponses de la clinique Sainte-Clotilde, qui est également alimentée. Les personnes qui ne l'ont plus ont appris à « faire avec » même si certaines semblent le regretter. Les autres lui reconnaissent des qualités antalgiques et de potentialisation des autres produits.

Conclusion

Dans une spécialité comme l'anesthésie qui a énormément progressé en termes de pharmacopée et donc de morbi-mortalité dans la 2^e partie du XX^e siècle, l'arrivée du xénon, qualifié d'anesthésique idéal, est un réel progrès.

C'est un hypnotique au mécanisme d'action original qui pourrait enrichir notre arsenal thérapeutique. Contrairement aux agents anesthésiques volatils utilisés actuellement, le xénon est dépourvu de toxicité, tant pour l'être humain que pour l'environnement. Aujourd'hui, il est le seul agent présentant des propriétés proches de celles du protoxyde d'azote sans entraîner de pollution atmosphérique.

De nos jours, il me semble important de nous soucier de la protection de notre environnement. Même si notre contribution peut sembler minime, tout geste réalisé dans ce sens est à mon avis une avancée. Ceci me semble d'autant plus important de préserver La Réunion puisque l'île a été le 35^e site français à faire son entrée au Patrimoine mondial de l'humanité de l'Unesco le 1^{er} août 2010.

D'autre part, la population réunionnaise, fortement concernée par les maladies cardiovasculaires, l'obésité et le diabète, me semblait être la population idéale pour utiliser un tel gaz, neutre sur le plan hémodynamique.

Mon enquête a montré que le xénon est un produit nouveau, qui est peu connu des équipes anesthésiques. Toutefois, **83 %** des M.A.R. et **55 %** des I.A.D.E. ayant répondu à mon questionnaire se disent « prêts à l'utiliser ».

En raison d'une disponibilité restreinte et d'un coût très élevé, le xénon n'est pas destiné à remplacer actuellement les autres gaz et vapeurs anesthésiques. Par conséquent, il est peu probable qu'il devienne une molécule de référence utilisée en routine pour tous les patients dans les jours prochains. Il reste à trouver des indications de « niches » pour cette molécule.

C'est aussi un gaz émergent qui n'a pas encore fait ses preuves. D'autres études sont nécessaires pour faire évoluer ses indications d'utilisation, notamment sur les patients A.S.A. III et IV, afin qu'il devienne « **le gaz anesthésique du futur** ».

Enfin, notons que « À côté d'une augmentation envisagée des capacités d'extraction de ce gaz par les usines spécialisées, plusieurs équipes scientifiques sont à la recherche du xénon manquant. En effet, alors que la distribution relative des différents composés chimiques devrait être quasiment la même sur toutes les planètes, l'atmosphère terrestre contient environ 2000 fois moins de xénon que les autres planètes. Le xénon pourrait se concentrer au fond des océans »³².

³² Leclerc J., Nieuviarts R., Tavernier B., Vallet B., Scherpereel P., « Anesthésie au xénon : du mythe à la réalité », p. 71

Bibliographie

- Articles

1. Boulland P., «L 'anesthésie du futur», disponible sur www.loriade.com, journée 2008.
2. Boutin C., Debureaux S., Conte B., Toumi M., Jacquelot S., Ripart J., « Anesthésie au Xénon », 51^e Congrès National d'Anesthésie et Réanimation, 2009, Elsevier Masson.
3. Calderon J., Ouattara A., Richebé P., Janvier G., «Anesthésie au Xénon : Est-ce l'avenir?», disponible sur [http://db.datexohmeda.com/evadb/fi3037.nsf/WebMaterialCourse/73494FDB8B5EC4BDC22577910047CB8C/\\$File/14%20Calderon%20Impression%20Xenon.pdf](http://db.datexohmeda.com/evadb/fi3037.nsf/WebMaterialCourse/73494FDB8B5EC4BDC22577910047CB8C/$File/14%20Calderon%20Impression%20Xenon.pdf).
4. Calderon J., «Anesthésie au xénon : est-ce l'avenir ?», disponible sur [http://db.datexohmeda.com/evadb/fi3037.nsf/WebMaterialCourse/73494FDB8B5EC4BDC22577910047CB8C/\\$File/Anesthésie%20au%20Xenon%20Calderon.pdf](http://db.datexohmeda.com/evadb/fi3037.nsf/WebMaterialCourse/73494FDB8B5EC4BDC22577910047CB8C/$File/Anesthésie%20au%20Xenon%20Calderon.pdf).
5. Catteau Christine, « Les accidents cardiovasculaires à La Réunion », DRASS, juin 2003, disponible sur www.reunion.sante.gouv.fr.
6. Coriat P., Lebard C., « Effets cardio-vasculaires du xénon février 2010, pages 59-65, disponible sur www.jepu.net.
7. David M., «MEOPA un outil analgésique moderne», journées douleur C.L.U.D., juin 2006, disponible sur www.ch-seclin.fr.
8. Debaene B., « Pourquoi un nouveau gaz anesthésique en 2009? », www.jepu.net.
9. Debureaux S., Nouvellon E., Cuvillon P., Ripart J., « Le xénon : quoi de neuf ? », disponible sur www.jepu.net.
10. Delhay O., Robin E., Bazin J.-E., Ripart J., Lebuffe G., Vallet B., « Avantages décisifs, indications et limites de l'anesthésie au Xénon », Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation (2010) ; 29 : 635-41, Elsevier Masson.
11. Huber G., « Caractérisation moléculaire par RMN : vers l'emploi de sondes extrinsèques », disponible sur http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/17/35/63/PDF/Gaspard_Huber-HDR.pdf.
12. Leclerc J., Nieuviarts R., Tavernier B., Vallet B., Scherpereel P., « Anesthésie au Xénon : du mythe à la réalité », Annales Françaises d'Anesthésie Réanimation (2000) ; 20 : 70-6, Elsevier Masson.
13. Nartz Emilie, Catteau Christine, « Maladies endocriniennes et diabète, quels coûts pour la population réunionnaise ? », Rapport final, Centre d'investigation clinique et d'épidémiologie clinique de La Réunion, octobre 2006.
14. Ripart J., Conte B., « L'anesthésie au xénon », Oxymag n° 103 novembre/décembre 2008, Elsevier Masson.

15. Ripart J., Debureau S., Conte B., « *Le xénon : Indications en 2010, un peu d'histoire...* », disponible sur www.jepu.net, février 2010, pages 51-7.
16. Ripart J., Debureau S., Cuvillon P., « *L'anesthésie au xénon : quand le mythe devient réalité* », disponible sur www.jarp.fr, anesthésie, congrès 2009.
17. Servin S., Picard F., « *Avenir du protoxyde d'azote ? Abandon ? Remplacement ?* », Jepu 2007, livre II, 21/02/2007, pages 17-23, disponible sur www.jepu.net.
18. Slavov V., Terosiet B., Dhonneur G., « *Protoxyde d'azote : un produit toxique ou un allié sous contrôle ?* », Jepu 2009,08389, 24/02/2009, pages 203 à 212, disponible sur www.jepu.net.
19. Tourtier J.-P. Libert N., Borne M., Sauvageon X., Diraison Y., Mion G., « *Introduction du xénon en anesthésie : avantages et inconvénients* », Le Praticien en anesthésie réanimation (2009) ; 13 : 309-11, Elsevier Masson.
20. Verbeke L., Delhay O., Vallet B., « *Xénon : un gaz du futur ?* », Jepu 2009-08389, pages 195-2, disponible sur www.jepu.net.

- Sites internet

21. Air Liquide, « *Air Liquide lance LenoXe* », disponible sur www.airliquide.com.
22. Air Liquide, « *Première anesthésie française au LENOXe™ au C.H.U. de Nîmes* », disponible sur airliquide.com.
23. H.A.S., « *Commission de la transparence* », 1^{er} octobre 2008, disponible sur has-sante.fr.
24. Observatoire Régional de la Santé, « *Les maladies cardiovasculaires à La Réunion* », décembre 2009, disponible sur www.ors-reunion.org.
25. Taema Felix Dual, « *Concours Technologies médicales innovantes 2008* », disponible sur www.taema.com.
26. http://www.inra.fr/la_science_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique/comprendre_les_mecanismes/l_effet_de_serre_amplifie_par_les_activites_humaines.

- T.I.P.

27. Moulin V., « *Protoxyde d'azote : où en est-on à La Réunion ?* », promotion 2004-2006.

Annexes

Annexe 1

- Tableau comparatif des gaz rares

Gaz Nobles	Symboles Chimiques	Masses Molaires (g/mol)	Teneur en parts par millions (ppm)	Masse Volumique (g/L)	Numéro Atomique
Hélium	He	4,0026	5,24	0,178	2
Néon	Ne	20,180	18,18	0,9	10
Argon	Ar	39,948	9300	1,78	18
Krypton	Kr	83,80	1,14	3,73	36
Xénon	Xe	131,29	0,087	5,9	54
Radon	Rn	222,0176	6×10^{-14}	9,73	86

- Propriétés physicochimiques du xénon

Etat à 20°	gazeux
Point de fusion	- 112°C
Point d'ébullition	- 108°C
Température critique	16,6°C
Pression critique	59 bar
Densité à l'état gazeux (15°C, 1 bar)	5,1 kg/m ³
Pression de vapeur à 15°C	58 bar

- Coefficients de solubilité sang/gaz, tissus/gaz et huile/gaz

	Halothane	Enflurane	Isoflurane	Sevoflurane	Desflurane	N ₂ O	Xénon
Sang	2,44	1,99	1,34	0,69	0,58	0,47	0,14
Tissu vasc.	3,5	2,3	2,1	1,1	0,6	0,45	0,15
Foie	5,2	3,03	2,97	1,43	0,8	0,45	0,15
Muscles	3,76	2,47	2,09	1,08	0,62	0,4	0,15
Graisse	137,1	95,3	70,5	40,6	15,3	1,1	1,3
Tissus peu vasc.	3,8	2,5	2,1	1,3	0,8	0,44	0,15
Huile	224	91	91	47	18,7	1,4	1,8

Annexe 2

Questionnaire

Etudiante Infirmière Anesthésiste à l'I.R.I.A.D.E. du C.H.R. de Saint-Pierre, j'aimerais avoir votre avis afin de préparer mon Travail d'Intérêt Professionnel qui portera sur « L'anesthésie au xénon à La Réunion ».

Je vous remercie de remplir ce questionnaire et de le remettre dans « l'enveloppe retour » déposée auprès de votre cadre, avant le 28 février 2011.

Nathalie MARTIN

1- Vous êtes : M.A.R. I.A.D.E.

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

< 5ans 5-10 ans > 10 ans

3- Avez-vous eu des informations sur le xénon ? Oui Non

Si oui, de quel type ?

4- Connaissez-vous les avantages et inconvénients du xénon ? Oui Non

L'avez-vous déjà (vu) utilisé ? Si oui, où ?

5- Parmi les avantages du xénon, quels seraient ceux qui pourraient justifier son utilisation à La Réunion ? Numérotez-les par ordre de priorité.

- | | | | |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| - absence d'hyperthermie maligne | <input type="checkbox"/> | - stabilité hémodynamique | <input type="checkbox"/> |
| - absence d'effet tératogène | <input type="checkbox"/> | - action analgésique | <input type="checkbox"/> |
| - action anesthésique | <input type="checkbox"/> | - cinétique rapide | <input type="checkbox"/> |
| - absence de toxicité environnementale | <input type="checkbox"/> | | |

Pourquoi ?

Dans quelles indications ?

- | | | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| - chirurgie cardiovasculaire | <input type="checkbox"/> | - neurochirurgie | <input type="checkbox"/> |
| - chirurgie vasculaire | <input type="checkbox"/> | - autres : | <input type="checkbox"/> |

6- Seriez-vous prêt à l'utiliser ? Oui Non

Pourquoi ?

7- Quels sont les gaz anesthésiques que vous utilisez le plus souvent ?
Numérotez-les du plus au moins utilisé.

- isoflurane - protoxyde d'azote
- desflurane - sevoflurane

Pour quelle(s) raison(s) ? (pour celui utilisé le plus souvent)
Numérotez-les par ordre de priorité.

- cinétique rapide - stabilité hémodynamique
- induction au masque - hypotension contrôlée
- autres :

8- Utilisez-vous le protoxyde d'azote (s'il est disponible dans votre service) ?

Rarement Souvent Toujours

Pourquoi ?

9- Selon vous, quelles sont les raisons motivant l'arrêt de l'utilisation du protoxyde d'azote dans certains blocs opératoires ?

- coût - protection de l'environnement
- effets indésirables - risques professionnels
- autres :

Qu'en pensez-vous ?

10- Votre établissement est-il équipé d'un système anti-pollution ? Oui Non

De quel type ?

Table des matières

Remerciements

Abréviations

◇ Introduction	page 1
◇ Cadre théorique	
<u>I - Le xénon</u>	page 2
I.1 - Historique	page 2
I.2 - Propriétés physicochimiques	page 3
I.3 - Mécanisme d'action	page 4
I.4 - Effets pharmacologiques	page 5
I.5 - Toxicité et effets environnementaux	page 9
I.6 - Utilisation clinique, indications et contre-indications	page 9
<u>II - Les agents halogénés</u>	page 10
<u>III - Utilisation du protoxyde d'azote à La Réunion</u>	page 11
<u>IV - Incidence des pathologies cardiovasculaires à La Réunion</u>	page 13
<u>V - Synthèse problématisée</u>	page 14

◇ Exploration du terrain

I - <u>Méthodologie suivie</u>	page 16
I.1 - Choix de l'outil et du public	page 16
I.2 - Présentation de la méthode	page 17
I.3 - Limites	page 17
II - <u>Analyse des données</u>	page 18
II.1 - Connaissances sur le xénon	page 21
II.2 - Pratiques anesthésiques et utilisation du xénon	page 22
II.3 - Analyse globale	page 26

◇ Conclusion

page 28

◇ Bibliographie

◇ Annexes

L'anesthésie au xénon est pratiquée en Russie et au Japon depuis plus de vingt ans. Ce gaz qualifié d' « anesthésique idéal » est utilisé actuellement en France dans le cadre de projets de recherche.

Ce Travail d'Intérêt Professionnel a pour objectif de réfléchir à l'intérêt de l'utilisation du xénon aujourd'hui et notamment à La Réunion.