ECOLE D'INFIRMIER(E)S ANESTHESISTES DIPLOME(E)S D'ETAT

ETAT DES LIEUX D'UTILISATION DES AGENTS ANESTHESIQUES HALOGENES AU CHU DE POITIERS

Consommation et économie

Par

Flavien BOCHE

Sous la direction de

Pr Bertrand DEBAENE

Professeur des Universités en anesthésie et réanimation chirurgicale

CHU de Poitiers

Mme Elodie Bregeon

IADE – CHU de Poitiers

Juillet 2022

UE 7 : MEMOIRE PROFESSIONNEL

En vue de l'obtention du diplôme d'Etat d'infirmier anesthésiste

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

Charte anti-plagiat de la Direction régionale et départementale de la jeunesse, des sports et de la cohésion sociale Nouvelle-Aquitaine

La Direction régionale et départementale de la jeunesse, des sports et de la cohésion sociale Nouvelle-Aquitaine délivre sous l'autorité du Préfet de région les diplômes du travail social et des auxiliaires médicaux et sous l'autorité du Ministre chargé des sports les diplômes du sport et de l'animation.
Elle est également garante de la qualité des enseignements délivrés dans les dispositifs de formation préparant à l'obtention de ces diplômes.
C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue que les directives suivantes sont formulées à l'endroit des étudiants et stagiaires en formation.

Article 1 : Tout étudiant et stagiaire s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, l'engagement suivant :

Je soussigné.....Boche Flavien.....

atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DRDJSCS Nouvelle-Aquitaine et de m'y être conformé.

et certifie que le mémoire/dossier présenté étant le fruit de mon travail personnel, il ne pourra être cité sans respect des principes de cette charte

Fait à .....Poitiers..... ***Le***.....4 juillet 2022..... ***Suivi de la signature.***

Article 2 :
« Le plagiat consiste à insérer dans tout travail, écrit ou oral, des formulations, phrases, passages, images en les faisant passer pour siens. Le plagiat est réalisé de la part de l'auteur du travail (devenu le plagiaire) par l'omission de la référence correcte aux textes ou aux idées d'autrui et à leur source »[1].

Article 3 :
Tout étudiant, tout stagiaire s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté(e) ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 4 :
Le plagiaire s'expose aux procédures disciplinaires prévues au règlement intérieur de l'établissement de formation.
En application du Code de l'éducation[2] et du Code pénal[3], il s'expose également aux poursuites et peines pénales que la DRDJSCS Nouvelle-Aquitaine est en droit d'engager. Cette exposition vaut également pour tout complice du délit.

[1] Site Université de Genève http://www.unige.ch/ses/telecharger/unige/directive-PLAGIAT-19092011.pdf
[2] Article L. 331-3 du Code de l'éducation : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics ».
[3] Articles 121-6 et 121-7 du Code pénal.

Remerciements

A Mr Bertrand Debaene, pour ses conseils, ses corrections avisées, son implication et sa disponibilité pour ce travail.

A Elodie Bregeon, merci d'avoir accepté de me suivre tout au long de ce travail. Je te remercie pour ta rigueur, tes conseils et surtout pour le temps consacré qui m'auront permis de mener ce travail à son terme.

A ma famille, merci pour le soutien apporté sur ces deux années pas toujours simples et pour votre bonne humeur au quotidien.

A Quentin et Lydia, qui auront partagé cette expérience avec quelques mois d'écart. Merci pour ce soutien mutuel malgré la distance.

A mes camarades de promotion, avec qui nous aurons partagé de bons moments durant ces deux ans.

A l'équipe pédagogique de l'ERIADE pour l'encadrement durant cette formation.

Table des matières

Lexique .....

I. Introduction 1

II. Rappels pharmacologiques sur les agents anesthésiques halogénés 3

1. Pharmacodynamie 3
2. Pharmacocinétique 3

III. Matériel et méthode 5

1. Type d'étude 5
2. Objectifs de l'étude 5
3. Méthodologie 5

IV. Résultats 7

1. Inclusion 7
2. Résultats du recueil sur le logiciel Diane® 7
3. Résultats du questionnaire 13
4. Données pharmaco-économiques 15

V. Analyse et discussion de l'étude 18

1. Choix de l'agent 18
2. Consommation selon l'AAH 19
3. Débit de gaz frais 20
4. Impact économique 21

VI. Limites et perspectives 23

1. Limites de l'étude 23
2. Perspectives 23

VII. Conclusion 24

Bibliographie 25

Annexes .....

Lexique

AAH : Agent anesthésique Halogéné

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament

ASA : American Society of Anesthesiologists

IMC : Indice de Masse Corporelle

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

DGF : Débit de Gaz Frais

Fi : Fraction Inspirée

GABA : Acide Gamma-AminoButyrique

IADE : Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat

IOT : Intubation Oro-Trachéale

CAM : Concentration Alvéolaire Minimum

NDMA : N-Méthyl D-Aspartate

ORL : Oto-Rhino-Laryngologie

VAS : Voies Aériennes Supérieures

λh : Coefficient de solubilité dans l'huile

λs : Coefficient de solubilité dans le sang

I. Introduction

L'anesthésie inhalée est une technique très répandue pour l'entretien de l'anesthésie générale. Aucune donnée statistique n'a été actualisée depuis 1996. A cette époque, la technique d'anesthésie générale seule représentait 77% de la totalité des anesthésies, dont 70% étaient réalisées par inhalation avec au minimum un agent halogéné [1]. Depuis, le secteur de l'anesthésie a connu de nombreuses évolutions. En effet, les circuits de ventilation avec réinhalation et absorbeur de CO2 n'étaient utilisés que dans 19% des cas en 1996 alors qu'aujourd'hui ils constituent une pratique quasiment exclusive. De plus, la France a vu apparaitre sur son marché de nouveaux agents anesthésiques inhalés tels que le desflurane et le sévoflurane. Ces données laissent à penser que le recours à l'anesthésie générale inhalée, de par son évolution, reste à ce jour une pratique encore prédominante pour l'entretien des anesthésies générales.

A ce jour, de nombreux débats ont lieu sur l'utilisation des agents anesthésiques halogénés notamment sur leur impact environnemental à titre de gaz à effet de serre. L'intérêt majeur de la société actuelle pour l'écologie a en effet amené à remettre certaines pratiques en question, y compris dans le domaine de l'anesthésie. Ainsi, le protoxyde d'azote (N_2O), utilisé encore massivement il y a plusieurs années et identifié comme un polluant majeur et destructeur de la couche d'ozone selon le protocole de Kyoto en 1997 [2], tend aujourd'hui à disparaitre. Plusieurs dizaines d'établissements et blocs opératoires récemment construits sont d'ailleurs dépourvus de N_2O [3]. En ce qui concerne les gaz halogénés présents sur le marché (isoflurane, desflurane et sévoflurane), sans rentrer dans des données complexes de dégradation des gaz dans l'atmosphère, la réduction de leur utilisation pourrait réduire l'impact écologique.

La consommation des halogénés est dépendante du débit de gaz frais utilisé au cours de l'anesthésie. En effet, une étude française de 2008, s'intéressant au mode d'administration des halogénés, a comparé une administration à débit de gaz frais élevé (10l/min) avec une fraction en agent anesthésique halogéné faible par rapport à une administration à débit réduit (1l/min) avec une fraction en AAH maximale. Les résultats ont montré une consommation d'halogénés quatre fois plus faible avec le

débit réduit [4]. On parle de bas débit de gaz frais s'il est inférieur à 1l/min et d'un débit minimal à 0,5l/min [5].

En 2014, un état des lieux fut réalisé par une étudiante IADE au CHU de Poitiers et mettait en évidence une utilisation majeure de l'isoflurane [6]. A ce jour, ce dernier n'est plus utilisé sur le CHU. Un renouvellement des respirateurs a été effectué et les évaporateurs permettant son utilisation ne sont plus disponibles. Les agents anesthésiques halogénés administrés aujourd'hui sont le desflurane, le sévoflurane et le N_2O. Ils représentent la dépense pharmacologique la plus importante du secteur anesthésique du CHU de Poitiers.

L'objectif de cette étude était d'observer la manière dont sont administrés les agents halogénés au CHU de Poitiers et de voir si une réduction de leur impact écologique et économique serait envisageable.

II. Rappels pharmacologiques sur les agents anesthésiques halogénés

1. Pharmacodynamie

Les AAH sont des agents volatils visant à entretenir la narcose induite lors de l'anesthésie générale. Leurs sites d'actions ont été précisés dans une étude de 2007 [7]. Cette dernière a conclu que l'inconscience provoquée par les AAH est due à un effet direct sur le cerveau cortical tandis que la suppression du mouvement à un stimuli nociceptif est liée à un ralentissement de l'activité électrique thalamique.

Ils agissent également sur des cibles cellulaires bien identifiées. Ils potentialisent l'effet inhibiteur des récepteurs GABA (principaux récepteurs cérébraux inhibiteurs) et ont une action antagoniste sur les récepteurs NMDA (récepteurs responsables de l'hyper-algésie post-opératoire).

Enfin les halogénés possèdent des effets médullaires, en grande partie impliqués dans l'absence de réponse motrice à la nociception. En bloquant la transmission synaptique des voies somesthésiques et motrices, ils inhibent l'activité neuronale médullaire. Ces effets médullaires sont importants dans la notion de CAM puisqu'elle serait multipliée par 3 ou 4 si les effets des AAH s'appliquaient seulement au cerveau [8].

2. Pharmacocinétique

En ce qui concerne la pharmacocinétique des agents halogénés, elle est conditionnée par deux propriétés distinctes, à savoir le coefficient de solubilité dans l'huile d'olive (λh) et le coefficient de solubilité dans le sang (λs).

Le λh détermine la puissance relative de l'agent halogéné. Plus l'AAH sera soluble dans l'huile plus il sera puissant et la CAM sera faible. Ainsi, selon la loi de Meyer-Overton, la CAM est inversement proportionnelle à la solubilité de l'agent halogéné dans l'huile.

Le λs est le déterminant principal de la pharmacocinétique des AAH. Il permet de déterminer la captation plasmatique et tissulaire de l'agent. Ainsi plus le λs est

faible plus la rapidité d'action de l'AAH sera élevée. En effet, l'équilibre entre la fraction inspirée (Fi) et la fraction alvéolaire (Fa) est plus rapide lors de l'administration de l'AAH à faible λs. Il atteint ainsi plus rapidement sa cible, et de la même manière dans le sens inverse lors de l'élimination à l'arrêt de l'administration. [9]

Tableau 1 : rappels pharmacocinétiques du desflurane et du sévoflurane

	λs	λh	CAM
Desflurane	0,42	18,7	4,6 - 7,25
Sévoflurane	0,68	53,4	1,71 – 2,05

III. Matériel et méthode

1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude monocentrique réalisée au CHU de Poitiers. Elle a été effectuée sur les semaines du 15 au 19 novembre 2021 et du 22 au 23 novembre 2021 de manière rétrospective à l'aide du logiciel Diane® pour un total de 303 interventions.

2. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude était de déterminer si la manière d'administrer les agents halogénés sur le CHU de Poitiers est optimisée afin de limiter leur impact écologique et économique.

Les objectifs secondaires de l'étude étaient :

- Déterminer le choix préférentiel de l'agent halogéné au CHU depuis l'éviction de l'isoflurane.
- Observer si les différentes techniques d'abord des voies aériennes ont un impact sur le choix de l'agent.
- Observer la variation des consommations des AAH en fonction de la durée de l'anesthésie.
- Réaliser un bilan économique des AAH sur l'année 2021 et le mettre en lien avec les données relevées sur la durée d'intervention.
- Réaliser un bilan économique de la chaux sodée sur l'année 2021 et le comparer à celui réaliser sur les AAH.

3. Méthodologie

Tous les patients majeurs ayant eu une anesthésie générale avec un agent inhalé sur les semaines du 15 au 19 novembre 2021 et du 22 au 23 novembre 2021 ont été inclus. Le recueil des données à partir du logiciel Diane® a été réalisé dans les

spécialités chirurgicales suivantes : viscérale, orthopédique, gynécologique, urologique, rachis, endocrinologique, plastique et ophtalmologique.

Les données recueillies sur ces interventions ont été les suivantes : âge ; sexe ; IMC ; classe ASA ; spécialité chirurgicale ; durée d'anesthésie ; IOT/masque laryngé ; AAH utilisé ; consommation totale en AAH ; utilisation de N_2O.

Les spécialités chirurgicales pour lesquelles le choix de l'AAH est déterminé par la spécialité ou ayant recours majoritairement à l'anesthésie intraveineuse ont été exclues. Ainsi la chirurgie pédiatrique, cardiaque, neurochirurgicale et ORL n'ont pas été prise en compte.

Le débit de gaz frais étant impossible à relever sur Diane®, un questionnaire a donc été adressé à l'ensemble de l'équipe IADE. Celui-ci comportait deux questions fermées et une question semi-fermée (cf. annexe 1). Les objectifs de ce questionnaire étaient de déterminer le débit de gaz frais moyen utilisé en période per-opératoire (période d'induction et de réveil exclus), les raisons pour lesquelles il était supérieur à 0,6l/min et enfin si une évolution des pratiques pouvait être envisagée.

Les données pharmaco-économiques des agents halogénés ont été recueillies auprès de la pharmacie du CHU et celles de la chaux sodée utilisée dans les circuits d'anesthésie auprès du magasin central du CHU. En effet, la chaux sodée permettant l'absorption du CO_2 dans un circuit d'anesthésie semi-fermé à fermé, la conséquence d'une diminution du débit de gaz frais va être une saturation plus rapide de la chaux.

En ce qui concerne les tests statistiques, ils ont été nécessaires pour la mise en comparaison des consommations entre le desflurane et le sévoflurane. Le test de Student a été choisi. Ce test statistique est utilisé pour la comparaison de variables quantitatives avec des échantillons $n > 30$. Ainsi des résultats significatifs avec un indice de confiance > 95% ont pu être obtenus.

IV. Résultats

1. Inclusion

Pour la première partie de cette étude, le recueil de données informatiques sur les deux semaines choisies a permis d'inclure un total de 303 interventions.

Pour le questionnaire distribué aux IADE du CHU de Poitiers, 51 questionnaires ont été renseignés pour un taux de réponse de 100%.

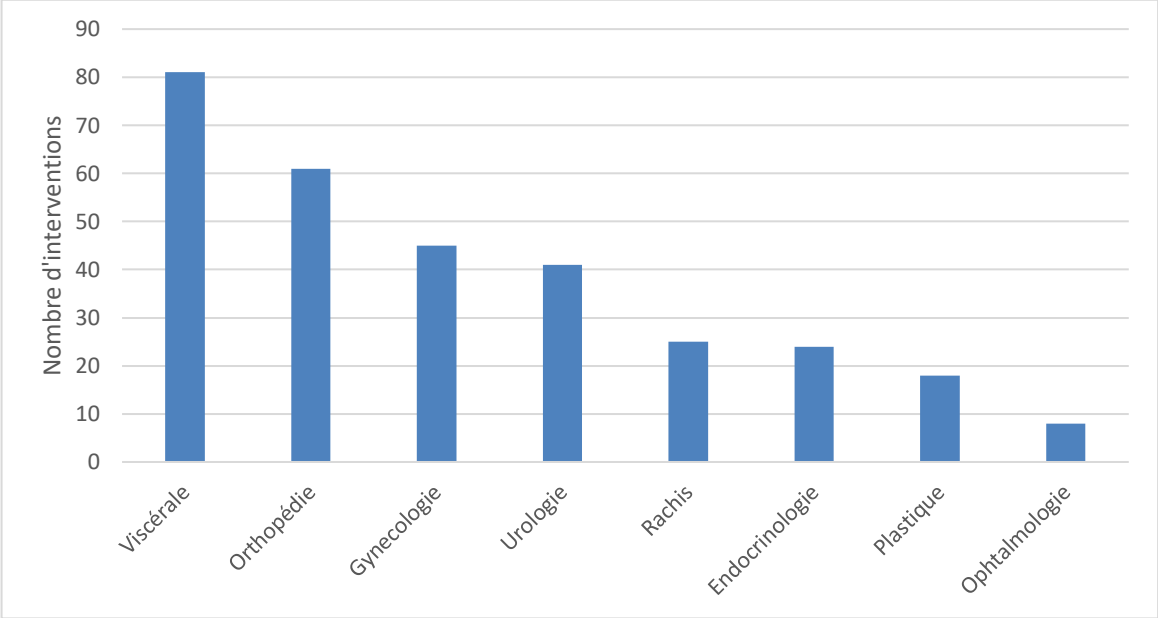
2. Résultats pour le recueil sur le logiciel Diane®

Tableau 2 : Descriptif de la population

Nombre total de patients		303
Sexe n (%)	Homme	140 (46)
	Femme	163 (54)
Age n (%)	18 à 39 ans	57 (19)
	40 à 59 ans	87 (28,5)
	60 à 79 ans	136 (45)
	≥ 80 ans	23 (7,5)
Classe ASA n (%)	1	66 (22)
	2	167 (55)
	3	65 (21,5)
	4	5 (1,5)
IMC n (%)	< 24,9	120 (40)
	25 à 29,9	96 (32)
	30 à 34,9	46 (15)
	35 à 39,9	25 (8)
	> 40	16 (5)

La répartition de la population selon la spécialité chirurgicale des interventions est présentée dans la figure 1.

Figure 1 : Répartition de la population étudiée par type de chirurgie



La chirurgie viscérale et orthopédique sont les plus représentées, soit à elles deux 46,8% des interventions, avec respectivement 26,7% et 20,1%. Viennent ensuite la chirurgie gynécologique et urologique avec 14,8% et 13,5%. Puis la chirurgie du rachis avec 8,2% et endocrinologique avec 7,9% des interventions. Enfin la chirurgie plastique avec 5,9% et la chirurgie ophtalmologique avec 2,6%.

L'AAH administré lors de chaque intervention pour l'entretien de l'anesthésie générale est présenté dans le tableau 3.

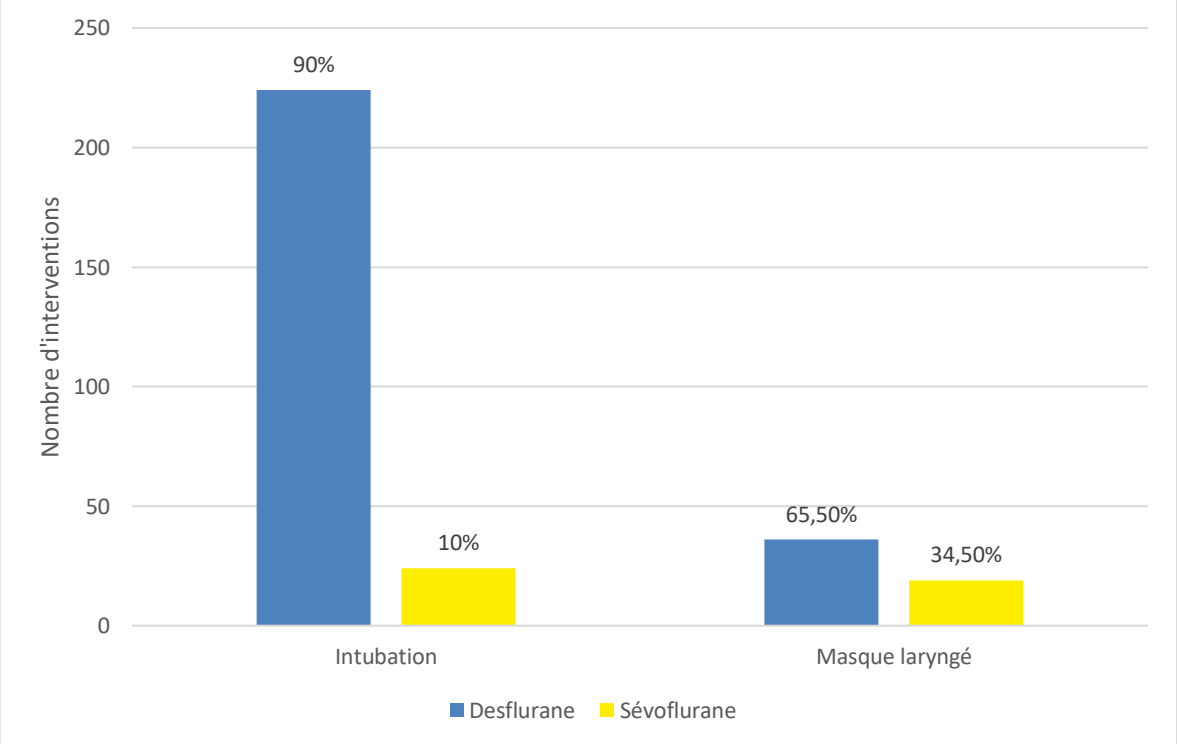
Tableau 3 : Agent inhalé utilisé pour l'entretien de l'anesthésie générale

Agent utilisé	Nombre d'interventions	%
Desflurane	260	86
Sévoflurane	43	14
N_2O associé	11	3,6

Sur les 303 interventions sélectionnées, 86% des anesthésies générales ont été entretenues avec du desflurane contre seulement 14% avec le sévoflurane. L'association du N_2O aux agents halogénés ne représente que 3,6% des anesthésies générales et exclusivement en chirurgie endocrinologique.

Les AAH administrés ont été catégorisés selon le mode d'abord des voies aériennes supérieures. L'administration du desflurane et du sévoflurane a été répartie selon s'il s'agissait d'un abord des VAS par une intubation oro-trachéale ou par un masque laryngé. Cela a permis d'étudier s'il existait une différence dans le choix de l'AAH selon l'abord des VAS.

Figure 2 : AAH administré selon la méthode d'abords des VAS



Lorsqu'une intubation oro-trachéale est réalisée, le desflurane est choisi dans 90% des cas contre 10% pour le sévoflurane. En ce qui concerne l'abord par masque laryngé, les résultats sont plus équilibrés. Même si le desflurane reste prioritaire avec 66%, le choix du sévoflurane est multiplié par trois avec 34% d'utilisation.

Grâce aux données enregistrées sur Diane®, un recueil des consommations de desflurane en millilitre selon la durée de l'anesthésie a été réalisé. Le temps d'anesthésie a été divisé en quatre durées distinctes : inférieur à 60 minutes, de 60 à 90 minutes, de 90 à 120 minutes et enfin supérieur à 120 minutes. Grâce à cette sectorisation temporelle, une consommation de desflurane en ml/min selon chaque durée a pu être réalisée. Pour cela, le temps total des anesthésies réalisées avec du desflurane sur une durée a été divisé par le volume total (ml) consommé sur cette même durée. (Exemple : le total des interventions de moins de 60 min réalisées avec du desflurane représente 1541 minutes pour un volume total consommé de 751,5ml soit une consommation moyenne de 0,49ml/min)

Tableau 4 : Consommation en ml du desflurane selon la durée d'anesthésie

	Nombre d'interventions	Conso moyenne	Ecart type	Médiane	Conso Min	Conso Max	Conso moyenne ml/min (Ecart type)
<60 min	35	21,5	9,3	20,8	1,9	55,2	0,50 (0,22)
60 à 90 min	60	34,1	11,1	32,3	16,6	67,2	0,46 (0,13)
90 à 120 min	41	42,1	14,2	40,4	24,3	107	0,40 (0,12)
>120 min	124	70,2	29,60	63	23,9	192	0,37 (0,10)

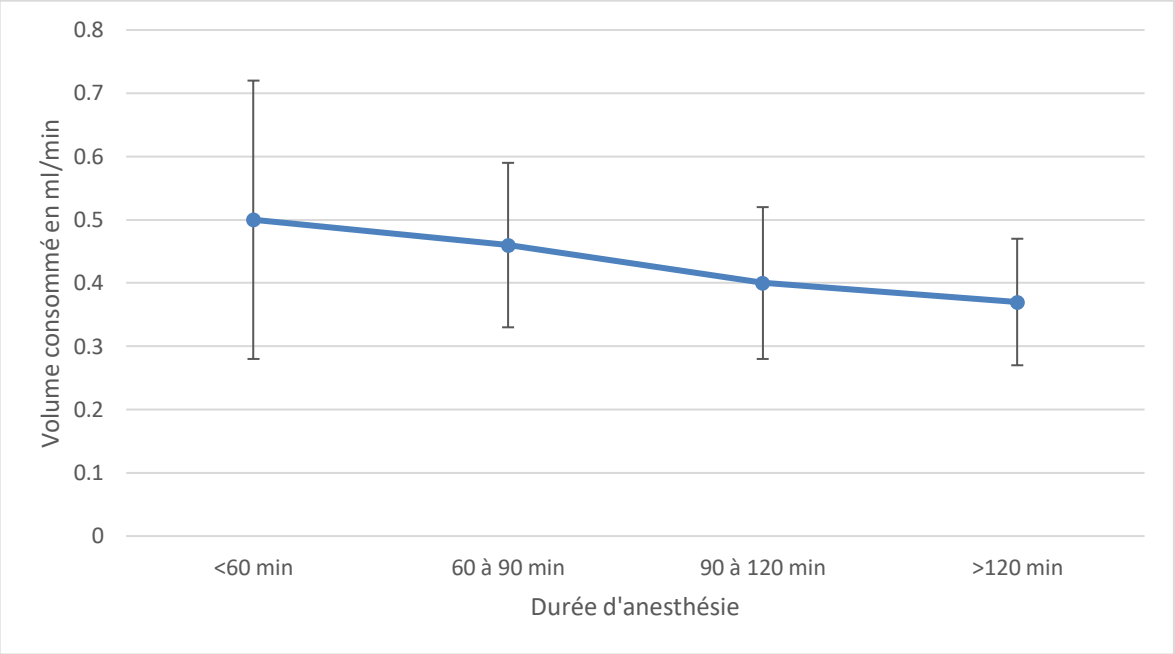
La consommation moyenne de desflurane est de 21,5ml pour les anesthésies d'une durée inférieure à 60 minutes. En ce qui concerne la tranche de 60 à 90 minutes, la consommation moyenne est de 34,1ml. Pour les anesthésies de 90 à 120 minutes, cette dernière est de 42,1ml et enfin pour les anesthésies supérieures à 2 heures la consommation moyenne est de 70,2ml.

Les médianes obtenues correspondent aux moyennes avec un écart de 1,8ml maximum, sauf pour la durée supérieure à 120 minutes où la médiane, moins influencée par les valeurs extrêmes est inférieure de 7,2ml par rapport à la moyenne.

Pour la consommation en ml/min selon chaque durée d'anesthésie, elle est de 0,50ml/min pour les anesthésies d'une durée inférieure à 60 minutes ; 0,46ml/min pour la durée de 60 à 90 minutes ; 0,40ml/min pour les durées de 90 à 120 minutes et de 0,37ml/min pour les anesthésies supérieures à 120 minutes. Soit une évolution de la

consommation inversement proportionnelle à la durée d'anesthésie. Cette évolution est représentée dans le graphique suivant.

Figure 3 : Consommation en ml/min du desflurane selon la durée d'anesthésie



Pour obtenir les données de consommation propres aux anesthésies entretenues par sévoflurane, le même procédé a été réalisé. L'utilisation du sévoflurane étant beaucoup moins représentée, les résultats ont été calculés selon trois durées. Ainsi, les interventions de 60 à 90 minutes et de 90 à 120 minutes ont été regroupées en une seule tranche de 60 à 120 minutes. Trois groupes homogènes en termes de nombre d'interventions ont ainsi pu être obtenus.

Tableau 5 : Consommation en ml du sévoflurane selon la durée d'anesthésie

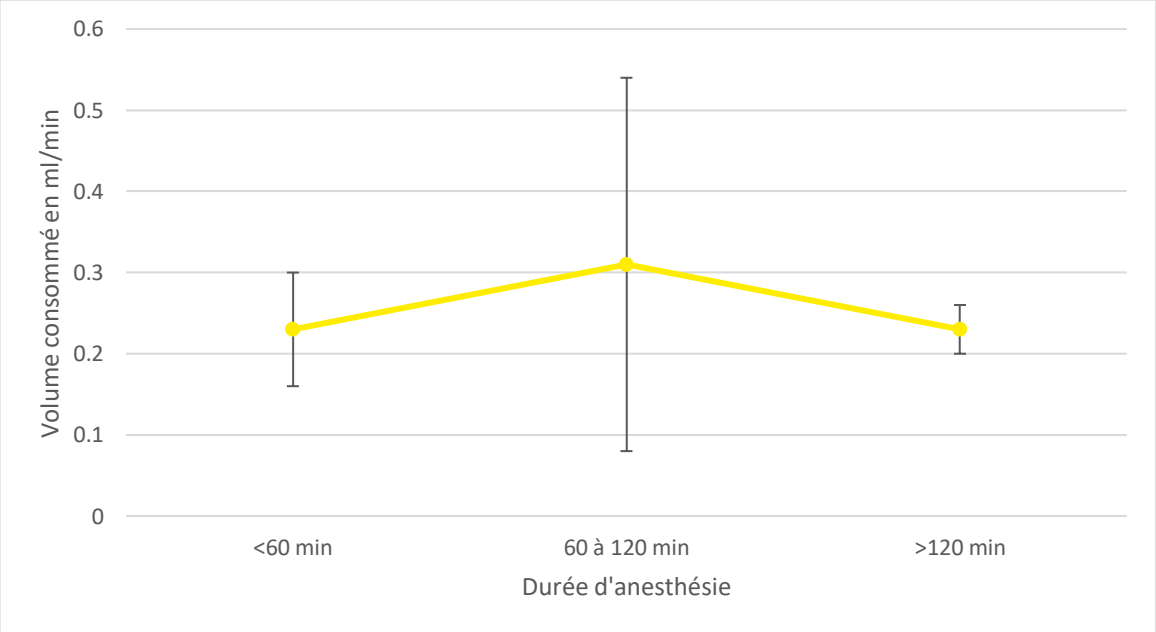
	Nombre d'interventions	Conso moyenne	Ecart type	Médiane	Conso Min	Conso Max	Conso moyenne ml/min (Ecart type)
<60 min	14	9,7	3,5	9	4,6	16,7	0,23 (0,07)
60 à 120 min	15	24,8	15,8	20	11,4	75,9	0,31 (0,23)
>120 min	14	45,4	13,60	44	28,7	78,3	0,23 (0,03)

Les résultats du tableau 5 mettent en évidence une consommation moyenne de 9,7ml de sévoflurane pour les anesthésies de moins de 60 minutes. Pour la durée de 60 à 120 minutes, la consommation moyenne est de 24,8ml et cette dernière s'élève à 45,4ml pour les anesthésies d'une durée supérieure à 2 heures.

La médiane est plutôt bien corrélée à la moyenne pour les anesthésies inférieures à 60 minutes et supérieures à 120 minutes, mais un écart de 4,8ml entre la moyenne et la médiane pour la durée de 60 à 120 minutes est constaté.

Quant à la consommation en ml/min, elle est de 0,23ml/min lorsque la durée d'anesthésie ne dépasse pas 1 heure. Elle augmente ensuite à 0,31ml/min pour la tranche de 60 à 120 minutes. Il est important de noter que l'écart type pour la durée d'anesthésie de 60 à 120 minutes est considérable puisqu'il est de 0,23. La consommation diminue de nouveau à 0,23ml/min quand l'anesthésie générale dépasse les 120 minutes. Tout comme pour le desflurane, cette évolution de la consommation en ml/min en fonction du temps d'anesthésie est représenté dans le graphique suivant.

Figure 4 : Consommation en ml/min du sévoflurane selon la durée d'anesthésie

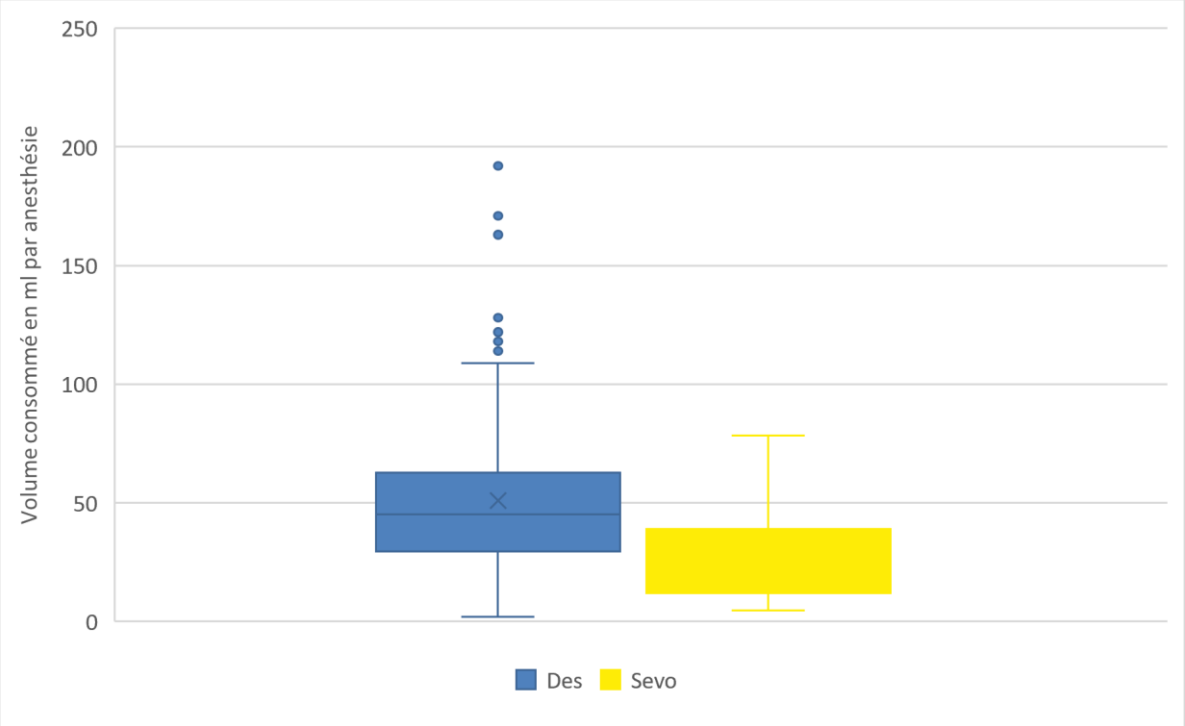


Pour finaliser notre étude sur les consommations des AAH, nous avons mis en comparaison les consommations en ml de toutes les interventions recueillies en identifiant l'agent halogéné utilisé.

Figure 5 : Consommation comparée en ml par intervention du desflurane et du sévoflurane

n=303	Desflurane (n=260)	Sévoflurane (n=43)
Moyenne (écart-type)	50,9 (29,4)	26,6 (19)
Médiane [Q25 ; 75]	45,2 [29,7 ; 62,8]	20,3 [12,1 ; 38,8]

Test de Student : p <0,001

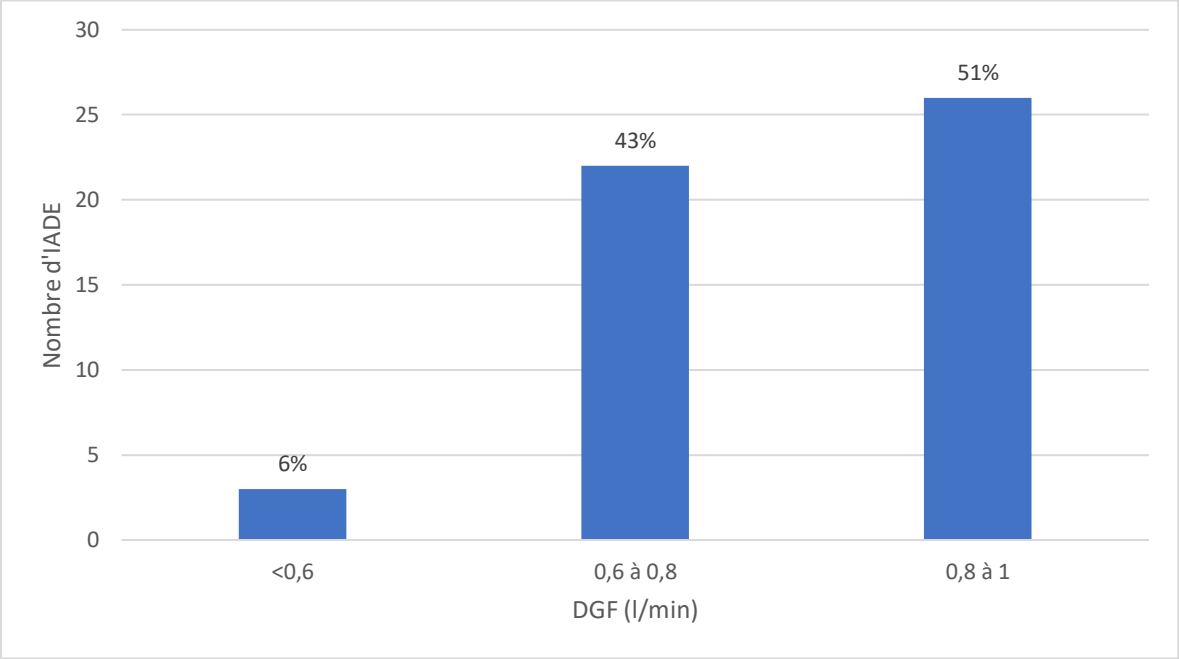


Le sévoflurane présente des volumes consommés significativement inférieurs à ceux du desflurane. En effet, qu'il s'agisse de la moyenne ou de la médiane, les consommations de desflurane représentent le double de celles du sévoflurane.

3. Résultats du questionnaire

Pour le questionnaire distribué aux IADE évoluant au sein du CHU de Poitiers, 51 questionnaires ont été recueillis. Aucun de ces derniers n'a été exclu. Le débit de gaz frais utilisé couramment par les IADE en per-procédure a pu être analysé (figure 6).

Figure 6 : Débit de gaz frais utilisé par les IADE du CHU de Poitiers



Après l'analyse des questionnaires, 51% des IADE soit 26 d'entre eux déclarent utiliser un débit de gaz frais entre 0,8 et 1l/min en per-opératoire. Vingt-deux IADE, soit 43% de ces derniers, répondent utiliser un débit de gaz frais compris entre 0,6 et 0,8l/min. Enfin seulement trois IADE sur les 51 interrogés, représentant un taux de réponse de 6%, affirment utiliser un débit inférieur à 0,6l/min. Il est important de noter qu'aucun des infirmiers anesthésistes du CHU n'a déclaré utiliser un débit de gaz frais supérieur à 1l/min.

La seconde question portait sur les raisons mises en avant par les IADE pour ne pas diminuer d'avantage le débit de gaz frais et ainsi faire décroitre la consommation en AAH.

Tableau 5 : Raisons évoquées pour ne pas diminuer d'avantage le débit de gaz frais

Raisons de ne pas diminuer le DGF	%
Habitude de travail	47,1%
Saturation chaux trop rapide	15,7%
Pour ne pas monter la FiO2	13,7%
Modification cinétique AAH	9,8%
Utilise déjà DGF ≤0,6l/min	5,9%
Sécurité en cas de fuite	3,9%
Humidité dans le circuit	3,9%

Les raisons évoquées pour ne pas diminuer d'avantage le débit de gaz frais sont liées à des habitudes de travail pour 47,1% des IADE. Ces dernières représentent donc la part la plus importante des raisons pour ne pas diminuer le DGF. La seconde raison mise en avant est la saturation trop rapide de la chaux avec 15,7% des réponses. 13,7% des IADE ne souhaitent quant à eux pas diminuer le DGF pour ne pas avoir à augmenter la FiO2 sur le respirateur. 9,8% évoquent une modification dans la cinétique des AAH en cas de réduction supplémentaire du débit. Enfin, 3,9% déclarent ne pas baisser d'avantage le DFG pour des raisons de sécurité en cas de fuite. Il en est de même pour l'humidité accumulée dans le circuit.

Dans la troisième et dernière question du questionnaire, il a été demandé aux IADE s'ils seraient prêts à modifier leur manière d'utiliser les AAH afin de réduire l'impact écologique et économique de ces derniers. Sur les 51 personnes interrogées, 100% y sont favorables.

4. Données pharmaco-économiques

Les agents halogénés représentent la dépense pharmacologique la plus importante du secteur anesthésique du CHU de Poitiers. Les coûts induits par ces derniers sur l'année 2021 sont représentés dans le tableau suivant selon les chiffres transmis par la pharmacie du CHU.

Tableau 6 : Coût des agents halogénés pour le CHU de Poitiers sur l'année 2021

Agent	Prix unitaire	Prix au ml	Consommation 2021	Prix total
SEVOFLURANE Solution inhalée flacon 250ml	77,00€	0,31€	591 sorties	45 507€
DESFLURANE Solution inhalée flacon 240ml	79,72€	0,33€	1806 sorties	143 974,32€

Des deux agents utilisés sur le CHU, aucun ne se démarque par son prix unitaire. Ces prix restent élevés et à eux seuls, les agents anesthésiques halogénés représentent un budget annuel d'environ 190 000€ pour le CHU de Poitiers.

Les consommations médianes en ml d'AAH par anesthésie, explicitées dans la figure 5, ont été mises en relation avec le prix au ml de chaque agent halogéné. Un coût médian par anesthésie a ainsi pu être calculé selon l'AAH utilisé.

Tableau 7 : Coût médian pour une anesthésie selon le type d'agent halogéné

Agent	Prix au ml	Consommation médiane pour une anesthésie	Coût médian pour une anesthésie
SEVOFLURANE	0,31€	20,3 ml	6,30€
DESFLURANE	0,33€	45,2 ml	14,90€

Malgré une faible différence de prix au ml, du fait de leurs différences pharmacologique, l'écart économique médian entre les deux agents pour une seule anesthésie est de 8,60€ en faveur du sévoflurane.

La technologie et la pharmacologie moderne permettent l'utilisation d'un circuit de plus en plus fermé tout en maintenant la sécurité du patient. Cette fermeture du circuit entraine une recirculation du CO_2 expiré qui va être absorbé par la chaux sodée du circuit d'anesthésie afin d'éviter toute réinhalation. Ainsi, plus le circuit est fermé, plus le CO_2 recirculant augmente et plus la chaux sodée va se saturer rapidement. Un bilan économique de la chaux sodée sur l'année 2021 a été réalisé.

Tableau 8 : Coût de la chaux sodée au CHU de Poitiers en 2021

	Prix unitaire	Consommés sur 2021	Coût sur 2021
Absorbant CO_2 non caustique Bidon 5l	5,73€	2120	12 148€

Le budget destiné à la chaux sodée sur le CHU est de 12 148€/an.

V. Analyse et discussion de l'étude

1. Choix de l'agent

Cette étude avait pour but de réaliser un état des lieux sur l'utilisation des agents halogénés au CHU Poitiers. Le desflurane est de loin l'agent le plus utilisé avec une utilisation de l'ordre de 86% des interventions contre seulement 14% pour le sévoflurane. Si l'on compare avec l'état des lieux réalisé en 2014 sur le CHU de Poitiers [6] où l'isoflurane faisait encore partie des AAH disponibles et représentait alors 55% des anesthésies, le desflurane représentait 41% des anesthésies par AAH, soit un usage multiplié par deux entre 2014 et 2021. Le sévoflurane représentait lui seulement 4% de l'usage sur le CHU, ce dernier a donc triplé lors des 7 dernières années.

Le choix préférentiel du desflurane peut s'expliquer par les propriétés pharmacocinétiques différentes du sévoflurane, notamment en ce qui concerne le délai de réveil. La solubilité plus faible du desflurane permet une récupération plus précoce après une anesthésie. Plusieurs études démontrent un délai de récupération deux fois plus rapide pour le desflurane avec un temps médian d'extubation de 5 minutes contre 9 minutes avec le sévoflurane [10] [11].

Pour le protoxyde d'azote, aucune donnée propre au CHU de Poitiers ne permet d'évaluer si la tendance de son utilisation a évolué lors des dernières années. Une utilisation à seulement 3,6% lors de cette étude sera retenue. De plus son utilisation actuelle au bloc opératoire ne se limite qu'à une seule spécialité, à savoir la chirurgie endocrinienne. Les salles les plus récentes sont mêmes dépourvues d'alimentation en N_2O. Le CHU s'inscrit donc dans la dynamique française des dernières années qui vise à supprimer le protoxyde d'azote des blocs opératoires pour des raisons écologiques [12]. Ce dernier est identifié comme un gaz à effet de serre responsable de la destruction de la couche d'ozone, avec une demi-vie d'élimination évaluée approximativement à 120 ans [13].

En ce qui concerne l'AAH utilisé selon l'abord des voies aériennes (figure 2), les résultats obtenus mettent clairement en évidence un choix privilégié à 90% pour le desflurane. Ces résultats reflètent les statistiques générales sur le choix de l'AAH au CHU de Poitiers. Seulement, pour les abords des voies aériennes par masque laryngé le choix de l'AAH est plus équilibré avec un usage du sévoflurane à 34,5% contre seulement 10% pour les IOT. Cette tendance s'explique par les propriétés pharmacocinétiques des AAH. Le desflurane n'est en aucun cas contre-indiqué pour l'entretien anesthésique avec un masque laryngé, il est plus irritant pour les vois aériennes supérieures que le sévoflurane. L'ANSM met d'ailleurs en évidence une fréquence ≥ 1/100 de pharyngite dans les effets indésirables du desflurane [14]. L'abord des voies aériennes par masque laryngé occasionnant des fuites plus fréquentes qu'avec une IOT, il est logique que le choix du desflurane soit plus discuté par les professionnels.

2. Consommation selon l'AHH

La figure 3 met en évidence une consommation en ml/min du desflurane inversement proportionnelle à la durée d'anesthésie. Une fois que l'équilibre entre la fraction inspirée et la fraction alvéolaire en AAH est obtenu, la quasi-totalité du desflurane inspiré va également être expiré. Ceci va entrainer une recirculation plus importante du desflurane dans le circuit et donc une consommation moins importante de ce dernier pour entretenir l'anesthésie.

Pour le sévoflurane, même si sa cinétique est différente, son mode d'administration est identique à celui du desflurane. La figure 4, représentant l'évolution de la consommation en ml/min du sévoflurane selon le temps d'anesthésie, devrait donc avoir un aspect similaire à la figure 3 représentant celle du desflurane. Seulement les résultats de notre étude mettent en évidence une augmentation de la consommation entre les anesthésies de moins de 60 minutes et celles de 60 à 120 minutes. Puis elle va diminuer au-delà des 120 minutes d'anesthésie. L'explication de cette variation vient de la faible quantité d'anesthésies relevées avec sévoflurane. Le manque de puissance du recueil sur le sévoflurane est mis en avant par un écart type très élevé pour la durée

d'anesthésie de 60 à 120 minutes. Les résultats sur l'évolution de la consommation du sévoflurane en fonction de la durée d'anesthésie sont donc non signicatifs.

La mise en relation des consommations en ml de chaque agent (figure 5) met en évidence une consommation deux fois supérieure du desflurane par rapport au sévoflurane. Ces résultats découlent des propriétés pharmacologiques des deux AAH. Le desflurane ayant une solubilité dans l'huile plus faible, sa concentration alvéolaire pour obtenir les effets de narcose désirés devra être plus élevée. Le desflurane étant moins puissant, il en sera consommé davantage pour un effet similaire.

3. Débit de gaz frais

Quel que soit l'agent halogéné plus de débit de gaz frais réglé sur le respirateur sera faible plus la consommation de gaz sera réduite. Bien qu'il n'existe en France aucune recommandation officielle sur le débit de gaz frais à adopter en per-opératoire, la réduction de ce dernier à <1l/min comporte plusieurs avantages [15]. En effet, la préservation de la température et de l'humidité à l'intérieur du circuit, ainsi que la diminution de consommation des AAH entrainent des conséquences économiques et écologiques directes. Elles sont les trois grandes raisons de réaliser de l'anesthésie à débit réduit.

Les résultats du questionnaire distribué aux IADE vont dans ce sens, puisqu'aucun d'entre eux ne déclarent utiliser en per-opératoire un débit de gaz frais > à 1l/min. Cependant, la pharmacocinétique des agents inhalés de troisième génération (desflurane et sévoflurane), ainsi que le développement technologique des respirateurs modernes ont permis la réalisation d'anesthésies à débit minimal (DGF = 0,5l/min) tout en maintenant la sécurité du patient [5] [15]. Le CHU dispose de ces respirateurs modernes avec les Dräger Perseus A500.

Suite au questionnaire, la moitié des IADE utilisent un débit de gaz frais entre 0,8l/min et 1l/min (figure 6). Sans forcément atteindre un objectif d'utilisation de débit minimal, une marge sur la réduction du débit de gaz frais reste encore largement

exploitable. Si la part majoritaire d'IADE utilisant un débit situé entre 0,80 et 1l/min (51% des réponses), amenait sa pratique à évoluer vers un débit courant entre 0,6 et 0,8l/min, les économies en termes de consommation d'AAH seraient considérables à l'échelle du CHU. Au-delà de l'économie financière, l'impact écologique, peu importe le gaz utilisé, serait réel, simplement par le fait de la diminution de rejet d'AAH dans l'atmosphère.

Cette marge de manœuvre sur la réduction globale du débit de gaz frais est d'autant plus exploitable car 47% des IADE interrogés déclarent ne pas diminuer d'avantage leur débit par simple habitude de travail (tableau 5). Le fait que 100% d'entre eux répondent favorablement au fait d'être prêts à modifier leur pratique dans un soucis écologique et économique vient encore renforcer cette idée. Une évolution des pratiques vers une réduction de la consommation des AAH est donc envisageable sur le CHU.

4. Impact économique

Du fait de leurs propriétés pharmacocinétiques, la consommation de desflurane sera supérieure à celle du sévoflurane pour une même anesthésie. Même si leurs prix respectifs sont très proches, la consommation élevée du desflurane va avoir un impact économique non négligeable.

L'économie médiane entre une anesthésie au sévoflurane et au desflurane est de 8,60€ en faveur du sévoflurane. Sur les 303 anesthésies relevées lors de notre intervention, 260 d'entre-elles ont été réalisées avec du desflurane. Or, en se basant sur les chiffres médians obtenus, une économie de 2 236€ aurait pu être réalisée si toute les anesthésies avaient été réalisées avec du sévoflurane, et ce seulement sur les dix jours de recueil sélectionnés.

Pour ce qui est de la chaux sodée (tableau 8), le coût de 12 148€ annuel qu'elle représente pour le CHU est dérisoire si on le compare au budget de 190 000€ des AAH. Sur le plan économique la question ne se pose donc pas, la fermeture des circuits représente un réel bénéfice économique. Cependant, sur le plan écologique, contrairement aux effets néfastes des AAH qui sont décrits [2] [16], l'élimination de

la chaux sodée manque de données. Elle est identifiée comme une substance chimique toxique qui doit être « dissoute ou mélangée avec un solvant combustible et brûlée dans un incinérateur chimique équipé d'un système de post-combustion et d'épuration » [17] [18] mais aucune donnée n'est disponible sur la pollution liée à cette incinération.

VI. Limites et perspectives

1. Limites de l'étude

La première limite de cette étude relève du nombre relativement faible d'anesthésies réalisées avec du sévoflurane. Malgré les 303 interventions relevées, le faible pourcentage d'utilisation du sévoflurane n'a permis l'analyse que de 43 dossiers. Du fait de ce manque de puissance, les statistiques réalisées sur le sévoflurane n'ont permis d'obtenir que des résultats indicatifs mais non significatifs. Une étendue plus importante pourrait amener à une variation de ces derniers.

Les données de débit de gaz frais via le logiciel Diane® n'ont pas pu être récupérées (absence d'enregistrement de cette donnée dans le logiciel). Le passage par un questionnaire a donc été nécessaire pour collecter ces données. Même si ce dernier a permis de dégager une tendance de la pratique actuelle, des données enregistrées informatiquement auraient permis d'obtenir des résultats beaucoup plus précis.

Les résultats économiques sont simplement indicatifs et se basent sur des écarts économiques de consommations médianes entre les deux agents, et ce seulement sur les deux semaines étudiées. Une étude réalisée sur un temps plus long avec une inclusion de plus d'interventions permettrait d'affiner ces résultats.

2. Perspectives

Durant ce travail, la manière d'administrer les agents halogénés sur le CHU de Poitiers a été étudiée. Les volumes et les coûts conséquents que représente leur consommation a été mise en avant. Cependant, une marge de manœuvre existe sur la réduction du débit de gaz frais, cette consommation pourrait donc être diminuée sans conséquence. Il serait intéressant d'évaluer le réel impact sur les consommations de la diminution du débit de gaz frais. Par exemple de chiffrer l'économie réelle entre un débit de 0,8l/min et un débit de 0,6l/min.

VII. Conclusion

Cette étude a permis de réaliser un état des lieux de l'utilisation des halogénés sur le CHU de Poitiers depuis l'éviction de l'isoflurane qui était alors l'agent le plus employé. Une utilisation majoritaire du desflurane a pu être observée. L'administration de protoxyde d'azote sur le CHU suit lui la tendance actuelle de son éviction des blocs opératoires.

Bien que restant minoritaire, l'utilisation du sévoflurane est bien supérieure lorsque l'abord des voies aériennes est réalisé avec un masque laryngé.

Du fait de leurs propriétés pharmacocinétiques, pour une même anesthésie, le volume de desflurane nécessaire est deux fois supérieur à celui du sévoflurane. Ainsi économiquement, malgré un prix d'achat très proche en ml, une anesthésie réalisée avec du desflurane coûte deux fois plus chère qu'avec le sévoflurane.

Sur le plan écologique, quel que soit l'agent utilisé, le fait de moins consommer reste le meilleur argument. Nous avons pu observer qu'une marge de manœuvre sur la consommation reste encore réalisable en diminuant d'avantage le débit de gaz frais. Les respirateurs Dräger Perseus A500 dont dispose le CHU permettant l'utilisation d'un débit minimal de 0,5l/min, une évolution des pratiques pourrait donc être réalisée dans ce sens.

Bibliographie

[1] Lanexaire MC, Auroy Y, Péquignot F, Jougla E, Lienhart A. Organisation et techniques de l'anesthésie. Ann Fr Anesth Réanim 1998; 17 : 1317-23.

[2] Chapuis C, Guerquin L, Albaladejo P. Les médicaments utilisés en anesthésie sont-ils vraiment des polluants majeurs? MAPAR 2016 : 505-10.

[3] Pauchard J. Green anesthesia, éco responsabilité en anesthésie. Journées d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale d'Aquitaine, Bordeaux, 2018.

[4] Quénet E, Weil G, Billard V. Optimisation de l'administration des agents anesthésiques inhalés : débit de gaz frais ou fraction délivrée ? Ann Fr Anesth Réanim 2008; 27 : 900-8.

[5] Drägerwerk AG & Co. Avantages cliniques de l'anesthésie à bas débit et à débit minimal. [En ligne]. Available: https://www.draeger.com/Library/Content/low-and-minimalflow-210x260-whitepaper-9104544-fr.pdf. [Accès le 28.03.2022].

[6] Quintana J. Etat des lieux de l'utilisation des agents anesthésiques halogénés au CHU de Poitiers, 2014.

[7] Velly L, Rey M, Bruder F, Gouvistos F et al. Differential dynamic of action on cortical and subcortical structures of anesthetic agents. Anesthesiology 2007; 107 : 200-12.

[8] Debaene B. Le point sur les médicaments de l'anesthésie : les halogénés, 2014.

[9] Debaene B. Pharmacologie comparée des agents anesthésiques halogénés, 2012.

[10] Heavner J, Kaye A, Lin B, King T. Recovery of elderly patients from two or more hours of desflurane or sevoflurane anaesthesia. Br J Anaesth 2003; 91 : 502-6.

[11] Mahmoud N, Rose D, Laurence A. Desflurane or sevoflurane for gynaecological day-case anaesthesia with spontaneous respiration? Anaesthesia 2001; 56 : 171-4.

[12] Le Guen M. Le protoxyde d'azote : présent, futur. MAPAR 2017 : 25-31.

[13] Ishizawa Y. General Anesthetic Gases and the Global Environment. Anesth Analg 2011 Jan; 112 : 213-17.

[14] ANSM. Base de données publiques des médicaments - Desflurane, 12 05 2021. [En ligne]. Available: https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr /affichageDoc.php?specid=63931930&typedoc=R. [Accès le 17.05.2022].

[15] Brattwall M, Warren-Stomberg M, Hesselvik F, Jakobsson J. Theory and practice of minimal fresh gas flow anesthesia. Can J Anaesth 2012; 59(8) : 785-97.

[16] Guerquin L, Guthinger G, Zafiriou Y. Impact économique et écologique des halogénés : quelles opportunités de réduction des consommations au CHU de Grenoble? Grenoble, 2014.

[17] Sordalab, Chaux sodée - Fiche de données de sécurité, 03.11.2017.

[18] Avantor, Fiche de données de sécurité, 10.03.2022.

Annexe 1 : Questionnaire distribué aux IADE du CHU de Poitiers

Dans le cadre de mon mémoire portant sur la consommation des agents anesthésiques halogénés : réduire l'impact écologique et économique au CHU de Poitiers. Je souhaiterai recueillir par le biais de ce questionnaire votre manière habituelle d'utiliser les halogénés. Ce questionnaire s'adresse à tous les IADE du CHU et restera totalement anonyme.

Je vous remercie d'avance pour le temps que vous y accorderez et pour votre aide.

Flavien BOCHE (EIADE)

Question 1 : Quel Débit de Gaz Frais (DGF) courant utilisez-vous en période per-opératoire (période d'induction et de réveil exclu) ?

- ☐ < 0,6l/min
- ☐ 0,6l/min à 0,8l/min
- ☐ 0,8l/min à 1l/min
- ☐ 1l/min à 1,2l/min
- ☐ > 1,2l/min

Question 2 : Si vous utilisez un DGF > 0,6l/min, pour quelles raisons ne diminuez-vous pas d'avantage votre débit ?

- ☐ Pour ne pas monter la FiO2
- ☐ Saturation de la chaux sodée trop rapide
- ☐ Par simple habitude de travail
- ☐ Autre : ……

Question 3 : Sans entrer dans un débat de choix de l'agent desflurane vs sévoflurane, seriez-vous prêt à modifier votre manière d'utiliser ces derniers si cela permettait de réduire l'impact écologique et économique des agents halogénés au sein du CHU de Poitiers ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Annexe 2 : Avis d'inscription au registre des traitements des activités du CHU de Poitiers

CHU Poitiers	Délégué à la protection des données
	AVIS D'INSCRIPTION AU REGISTRE DES TRAITEMENTS DES ACTIVITES

J'ai le plaisir de vous confirmer l'inscription au registre des traitements du CHU de Poitiers àcompter de ce jour :

10 juin 2022

Des traitements suivants :

ETAT DES LIEUX D'UTILISATION DES AGENTS ANESTHESIQUES HALOGENES AU CHU DE POITIERS.

Il est inscrit sur le registre des activités de traitement, dans le domaine :

ECOLE

Avec le numéro d'inscription :

CHU86-ECOL-R2022-06-04

Cordialement,

Pierre Taveau

DPO CHU Poitiers et GHT86

UE 7 - MEMOIRE PROFESSIONNEL

En vue de l'obtention du diplôme d'Etat d'infirmier anesthésiste

2020-2022

ETAT DES LIEUX D'UTILISATION DES AGENTS ANESTHESIQUES HALOGENES AU CHU DE POITIERS : CONSOMMATION ET ECONOMIE

Introduction :

Le contexte écologique et économique amène à optimiser les coûts et la pollution liée à l'activité anesthésique. L'objectif de cette étude était de déterminer si la manière d'administrer les agents halogénés au CHU de Poitiers était optimisée afin de limiter leur impact écologique et économique.

Matériel et méthodes :

Réalisation d'un relevé de 303 anesthésies générales avec des agents halogénés réalisées pendant deux semaines consécutives. Ce relevé a permis d'identifier les agents utilisés et leur consommation suivant différentes durées d'anesthésies ainsi que le mode d'abord des voies aériennes.
Distribution d'un questionnaire aux infirmiers anesthésistes pour étudier le débit de gaz frais utilisé en cours d'intervention.
Réalisation d'un bilan économique des halogénés et de la chaux sodée grâce aux données transmises par la pharmacie.

Résultats :

Sur les 303 interventions relevées le desflurane était utilisé dans 86% des cas. Une diminution progressive de la consommation en ml/min suivant le temps d'anesthésie a pu être observée pour le desflurane. Pour le sévoflurane, le manque de puissance du recueil de donné n'a pas permis d'obtenir des résultats significatifs. La consommation médiane [Q25 ; 75] de desflurane était de 45,2ml [29,7 ; 62,8] par anesthésie. Le sévoflurane était utilisé dans 14% des anesthésies pour une consommation médiane de 20,3ml [12,1 ; 38,8] par anesthésie. Cinquante et un pourcent des IADE interrogés déclaraient utiliser un débit de gaz frais supérieur à 0,8ml/min au cours de l'intervention. Sur l'étendue des interventions relevées, le coût médian pour une seule anesthésie est supérieur de 8,60€ avec le Desflurane par rapport au sévoflurane.

Conclusion :

Sur le plan écologique, il existe encore une marge de manœuvre en termes d'utilisation du débit de gaz frais qui permettrait de poursuivre la diminution des consommations en agents halogénés. L'utilisation massive du desflurane quant à elle entraine un réel surcoût.

Mots clés : desflurane, sévoflurane, halogénés, débit de gaz frais, consommation, écologie, économie

Auteur : Flavien BOCHE
Directeur de mémoire : Pr. Bertrand DEBAENE

Ecole d'Infirmier(e)s Anesthésistes Diplômé(e)s d'Etat

PROFESSIONAL DISSERTATION

To obtain the National Diploma in Anaesthetic Nursing

2020-2022

INVENTORY OF THE USE OF HALOGENATED ANAESTHETIC AGENTS AT POITIERS HOSPITAL : CONSUMPTION AND ECONOMY

Background :

The ecological and economic context leads to optimise the costs and the pollution linked to anaesthetic activity. The aim of this study was to determine whether the way halogenated agents are used at the University Hospital of Poitiers can limit their ecological and economic impacts.

Material and methods:

A survey of 303 general anaesthesias with halogenated agents was carried out during two consecutive weeks. This survey made it possible to identify the agents used and their consumption according to different anaesthesia durations as well as the airway approach.
Distribution of a questionnaire to anaesthetic nurses to study the fresh gas flow used during the procedure.
Production an economic assessment of halogened and soda lime with the data transmitted by the pharmacy.

Results:

Of the 303 interventions recorded, desflurane was used in 86% of cases. A progressive decrease in consumption in ml/min according to the time of anaesthesia could be observed for desflurane. For the sevoflurane, the lack of power of the data collection did not allow significant results to be obtained. The median consumption [Q25; 75] of desflurane was 45.2ml [29.7; 62.8] per anaesthesia. Sevoflurane was used in 14% of anaesthetics with a median consumption of 20.3ml [12.1; 38.8] per anaesthesia. Fifty-one percent of the nurse anaesthitits surveyed reported using a fresh gas flow rate greater than 0.8ml/min during the procedure. Across the range of procedures analysed, the median cost for a single anaesthetic was €8.60 higher with Desflurane compared with sevoflurane.

Conclusion:

From an ecological point of view, there is still room for manoeuvre in terms of the use of fresh gas flow, which would allow a further reduction in the consumption of halogenated agents. The massive use of desflurane leads to a real additional cost.

Keywords : desflurane, sevoflurane, halogen, fresh gas flow, consumption, ecology, economy

Author : Flavien BOCHE

Supervisor : Pr. Bertrand DEBAENE