ÉCOLE D'INFIRMIER(E)S ANESTHÉSISTES DIPLOMÉ(E)S D'ETAT

Influence du débit de gaz frais sur la consommation d'agents halogénés en anesthésie

Par

Guillaume BACHET

Sous la direction de

Pr Bertrand DEBAENE

Professeur des Universités en Anesthésie et Réanimation Chirurgicale au CHU de Poitiers

Mme Elodie BREGEON

Infirmière Anesthésiste Diplômée d'État – CHU Poitiers

SEPTEMBRE 2023

UE 7 : MÉMOIRE 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 BACHET Guillaume

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*** 03/07/2023 ***Suivi de la signature.*** BACHET Guillaume



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 Monsieur le professeur Bertrand DEBAENE, merci d'avoir accepté de me suivre, merci pour vos conseils, vos corrections et votre disponibilité dans le cadre de ce travail.

Je vous souhaite une bonne retraite bien méritée.

A Elodie BREGEON, pour ton accompagnement. Merci pour ton suivi et tes corrections qui ont permis de mener à bien ce travail.

Merci infiniment à ma Cindy, qui m'a permis de suivre cette formation dans un contexte très particulier. Tu as mis ta vie et ton développement personnel entre parenthèse pour moi, je t'en suis infiniment reconnaissant.

Merci à mes enfants Elsa et Thomas, ça n'a pas été facile pour vous et ce fut long mais ça y est, je rentre à la maison !

Merci à Elea et Soan de m'avoir adopté comme je suis. Vous n'avez pas toujours eu l'image d'un beau-père zen. J'ai à cœur de vous montrer que notre vie de famille redémarre et que le meilleur reste à venir tous les 6.

Merci à Angelina, Cédric et Emma, pour votre accueil et votre soutien apporté sur ces deux années pas toujours simples.

Merci à mes parents, mes sœurs et leurs conjoints de m'avoir soutenu et encouragé dans cet objectif de longue date. Merci également à Monica pour son aide précieuse.

Merci à la réanimation polyvalente de La Rochelle, ma deuxième famille, qui m'a tant appris.

Merci à toi Marilyne, c'est toi qui m'as donné l'envie de faire un jour cette spécialité.

Enfin, merci aux formateurs de l'Ecole IADE du CHU de POITIERS, à Sandra et à toute la promotion 2021-2023 pour ces deux années.

GLOSSAIRE

AAH :	Agent Anesthésique Halogéné
AINOC :	Anesthésie Inhalée à Objectif de Concentration
CAM :	Concentration Alvéolaire Minimale
CHU :	Centre Hospitalier Universitaire
CO_2 :	Dioxyde de carbone
DGF :	Débit de Gaz Frais
Fav :	Fraction alvéolaire
Fet :	Fraction expiratoire
Forv :	Fraction organe richement vascularisé
GABA :	Acide gamma-aminobutyrique
GF :	Gaz frais
IADE :	Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat
NMDA :	N-méthyl-D-aspartate
N_2O :	Protoxyde d'azote
O_2 :	Dioxygène
SAGF :	Système d'Alimentation en Gaz Frais

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

1. Agents anesthésiques halogénés, pharmacologie et gaz frais : 2
   1.1 Un peu d'histoire : 2
   1.2 Pharmacodynamie des agents halogénés : 3
   1.3 Pharmacocinétique des agents halogénés : 4
   1.4 Gaz frais et administration : 6
   1.5 But de l'étude : 7
2. Méthode : 7
   2.1 Type d'étude : 7
   2.2 Objectifs de l'étude : 9
   2.3 Méthodologie : 9
3. Résultats et analyse : 12
   3.1 Analyse générale des données : 12
   3.2 Analyse quantitative des données : 14
4. Discussion : 18
   4.1 Limites 20
   4.2 Axes de recherches 20

CONCLUSION 22

Bibliographie 23

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Présentation du logiciel GasMan® 8
Figure 2 : Exemples de courbes pour chaque AAH pour un poids de 75 kg 13
Figure 3 : Gain de consommation moyenne sur 3 heures en fonction du poids 15
Figure 4 : Comparatif des gains de consommation des AAH 16

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemples de tableaux de recueil de simulations (litre de vapeur) 11
Tableau 2 : Consommation moyenne d'AAH en litre de vapeur pour l'ensemble des poids sur 3 heures 14
Tableau 3 : Gain de consommation moyenne tous poids confondus en fonction du DGF par rapport au DGF témoin 16

INTRODUCTION

Le recours à l'anesthésie inhalée est une technique courante dans la pratique clinique. L'utilisation de systèmes d'administration de vapeurs anesthésiantes par le biais de gaz vecteur est de plus en plus performante et permet des réglages fins. Mais même si l'emploi de ces agents halogénés est nécessaire pour le maintien d'une anesthésie générale, il se pose la question de l'impact écologique.

En effet, de nombreux débats ont lieu autour de ces produits connus pour avoir un impact non négligeable sur l'environnement par l'effet de serre qu'ils génèrent.

Soucieux de son environnement, le secteur de l'anesthésie cherche à améliorer ses pratiques également dans ce domaine.

Dans une étude, Quénet a démontré que le réglage d'un bas débit de gaz frais (1 l/min) permettait de réduire par quatre la consommation d'halogénés (1). En s'appuyant sur un état des lieux de l'utilisation des agents halogénés au CHU de Poitiers, en 2021, un étudiant IADE du CHU a souligné les pratiques courantes concernant le réglage du débit de gaz frais et l'impact économique qui en découle.

L'objectif de cette étude est d'observer la consommation de ces agents anesthésiants halogénés avec des débits de gaz frais inférieurs à 1 l/min et ainsi faire évoluer les pratiques professionnelles tout en minimisant l'impact écologique et économique.

1. Agents anesthésiques halogénés, pharmacologie et gaz frais :

1.1 Un peu d'histoire :

Le premier agent anesthésiant inhalé connu est le protoxyde d'azote (N_2O). Il est mis en avant à la fin du XVIIIème siècle par Horace WELLS dentiste de formation. Utilisé de façon récréative dans des représentations à des fins humoristiques, c'est accidentellement que sont découvertes ses propriétés analgésiantes (2). Lorsque WELLS présente sa découverte à ses pairs, la démonstration est un échec (3). Mais la preuve sera faite de son utilité et le N_2O reviendra plus tard dans l'utilisation courante en pratique anesthésique.

En 1846 l'éther, agent anesthésiant dispensé sous forme de vapeur, fait son apparition grâce à MORTON. Son utilisation en France date de 1847. Bien que l'éther ne soit pas un agent halogéné proprement dit, ses propriétés émerveillent par ses capacités de rendre un acte chirurgical moins douloureux.

Dans la même année, des recherches sont conduites par le physiologiste Marie-Jean-Pierre FLOURENSE. Il étudie les effets des éthers sur le système nerveux et ainsi met en avant un produit plus performant : l'éther chlorhydrique, plus connu sous le nom de Chloroforme (4). Ce produit de synthèse ouvre ainsi la porte à la quête d'agents anesthésiants volatils plus performants encore.

Vers 1959 apparait la première commercialisation d'un agent anesthésique halogéné avec l'arrivée de l'halothane. Plébiscité, il s'avère néanmoins présenter des répercussions hémodynamiques non négligeables et provoque des complications hépatiques rares, mais graves.

D'autres agents feront leurs apparitions comme notamment l'Isoflurane en 1984, puis en 1990 viendra le Desflurane et enfin en 1996 le Sévoflurane (5).

A ce jour ces trois derniers AAH sont couramment utilisés en pratique anesthésique.

Avec l'avènement du Chloroforme, l'administration du produit volatil s'effectuait par un simple linge appliqué sur le visage du patient sur lequel était maintenu une compresse imbibée du produit. Plus tard, c'est avec à l'aide de linges imbibés et déposés sur des masques faciaux grillagés, que s'effectuera l'inhalation des vapeurs. Il était très difficile de maitriser l'anesthésie avec ces moyens et un dispositif d'inhalation le « Léthéon » fut utilisé (2) pour administrer l'éther.

Arriva ensuite le premier dispositif d'inhalation de vapeurs réalisé par CLOVER en 1862 (6) qui permettait de contrôler la concentration de l'agent volatil avec l'apport de gaz frais. L'évolution des dispositifs d'inhalation était en marche. On vit apparaitre en 1893 la première pièce en T inventée par AYRE et utilisée pour les enfants en ventilation spontanée (7).

C'est en 1954 que MAPLESON y ajoute une valve et un ballon, créant ainsi différents circuits. Ces derniers permettent à l'aide d'un débit relativement important de gaz frais, d'administrer les AAH tout en ne limitant pas la réabsorption du dioxyde de carbone (CO_2) occasionnée par le défaut de valve unidirectionnelle et l'absence d'absorbeur de CO_2 (7) sur les circuits.

De nos jours, les stations modernes d'anesthésie permettent l'administration de vapeurs anesthésiantes par le biais d'un circuit filtre. Ces derniers composés de valves unidirectionnelles et d'absorbeur de CO2, permettent de délivrer les AAH et leur ré-inhalation.

1.2 Pharmacodynamie des agents halogénés :

Les AAH sont couramment utilisés dans la pratique moderne de l'anesthésie. Ce sont ces vapeurs qui vont permettre un effet hypnotique et ainsi instaurer une narcose. Différents sites d'actions permettent cet état.

En 2007, il est démontré que la perte de conscience est liée à un effet direct sur le cortex cérébral (8). Il a été également démontré que les AAH ont une action liée au ralentissement

de l'activité électrique du thalamus, se traduisant ainsi par une absence de réaction lors d'une stimulation nociceptive (8).

Une autre étude (9) a démontré que les AAH se fixaient également au niveau médullaire, inhibant ainsi les réponses motrices à la douleur. Cette notion est importante dans la compréhension de la Concentration Alvéolaire Minimale (CAM) puisque si les AAH ne s'appliquaient qu'au cerveau, cette dernière serait multipliée par 3 ou 4 (10).

Précisons que les effets des AAH sont concentration dépendante et que le moyen de quantifier ces effets cliniques est la CAM. Cette CAM se définit comme étant la concentration alvéolaire minimale nécessaire pour que 50 % des patients n'aient aucune réaction motrice lors de l'incision chirurgicale (11).

Lorsque l'AAH est à l'équilibre, la profondeur de l'anesthésie reflétant la concentration cérébrale peut être mesurée par la fraction alvéolaire expirée de l'agent (observable sur le moniteur de la station d'anesthésie).

Enfin au niveau cellulaire, les AAH agissent sur les récepteurs GABA (récepteurs cérébraux inhibiteurs) en potentialisant leurs effets inhibiteurs. Ils agissent également sur les récepteurs NMDA (récepteurs de l'hyper-algésie) et les canaux potassiques (12).

1.3 Pharmacocinétique des agents halogénés :

Les AAH introduits dans l'organisme via les voies respiratoires, vont tendre à s'équilibrer dans les différents compartiments du corps. MAPLESON en 1960, décrira de façon simplifiée ce phénomène en modélisant les compartiments de l'organisme.

Trois compartiments distincts vont s'équilibrer dans l'ordre suivant :

1. **Le compartiment des organes richement vascularisés (cerveau, cœur, rein, etc.).** Ce compartiment de petite taille est rapidement saturé car très vascularisé et bénéficiant d'un débit sanguin élevé. Il contient entre autres, les organes cibles des AAH.

2. **Le compartiment du groupe muscles-peau**. Ce compartiment plus grand et bénéficiant d'un débit de perfusion plus faible, est moins rapidement saturé.
3. **Le compartiment du groupe des tissus graisseux.** Ce compartiment est de grand volume et faiblement vascularisé.

L'agent inhalé se retrouve dans les alvéoles pulmonaires, site des premiers échanges. La distribution de cet agent est fonction du débit sanguin de l'organe.

Il va se répartir dans les différents compartiments selon un principe d'équilibre des pressions partielles de gaz, déterminé par la concentration de l'agent.

Cette répartition dépend également de la solubilité de l'agent (coefficient de partage).

Le coefficient de partage d'un agent (10) (11) se traduit par sa capacité à être soluble dans le sang (λs) et dans l'huile (λh).

Le λs détermine la rapidité d'action de l'AAH.

La captation plasmatique s'effectue au niveau alvéolaire puis tissulaire.

Plus l'agent est soluble dans le sang et moins la concentration alvéolaire est importante, diminuant ainsi la rapidité d'action du gaz.

Plus le λs de l'agent sera faible et plus rapide sera l'administration.

Ce phénomène est également valable lors de l'arrêt de l'administration avec une réversion plus rapide pour un λs faible.

Le λh détermine la puissance de l'AAH. Les travaux de MEYER et OVERTON ont conduit à déterminer qu'une relation proportionnelle existe entre l'efficacité d'un agent anesthésiant et sa solubilité dans l'huile (11).

Plus l'agent sera liposoluble et plus la CAM sera faible et sera donc puissant.

1.4 Gaz frais et administration :

Actuellement sont utilisés dans les blocs opératoires des Systèmes d'Alimentation en Gaz Frais (SAGF). Ces appareils permettent de délivrer des vapeurs d'AAH ainsi qu'un mélange air/Oxygène (O_2) par le biais d'un circuit filtre (13). Ce mélange air/ O_2 est appelé Gaz Frais (GF) tant qu'il n'a pas été en contact avec les voies aériennes. Il prend l'appellation de gaz vecteur lorsqu'il rentre en contact avec l'AAH au niveau du vaporisateur pour en assurer son transport (14).

Le SAGF est relié à une source en O_2 (≈ 4.5 bars) ainsi qu'une source d'air médical de pression inférieure (≈ 3.5 bars) permettant l'asservissement de l'O_2 sur l'air afin d'éviter tout risque de mélange hypoxémiant.

Le Débit de Gaz Frais (DGF) est réglé à l'aide d'un débitmètre et le vaporisateur dispose de son propre système de variation sur sa cuve.

Le SAGF délivre un DGF en continu dans le circuit filtre. La ventilation par insufflation au patient étant intermittente, l'excès de mélange gazeux vient s'accumuler dans le ballon réservoir lors de l'inspiration, sinon il s'ajoute au volume courant (14).

Le gaz vecteur balaye l'ensemble du circuit filtre. La variation du DGF a une incidence sur l'ouverture du circuit (15) et donc la consommation du mélange gazeux (16).

Si le DGF est égal à la consommation en O_2 du patient, il est considéré comme étant en circuit fermé.

Si le DGF est supérieur à la consommation en O_2 du patient et inférieur à son volume minute, on parle de circuit semi fermé (DGF ± 1 l/min).

Si le DGF est égal au volume minute du patient, on parle de circuit semi ouvert.

1.5 But de l'étude :

Cette étude a pour but d'étudier l'impact que peut avoir la diminution du débit de gaz frais (inférieur à 1 l/min) sur la consommation d'agent anesthésique halogéné, en fonction du poids et de la durée d'anesthésie.

2. Méthode :

2.1 Type d'étude :

Il s'agit d'une étude expérimentale réalisée à l'aide d'un logiciel d'anesthésie GasMan® version 3.1.10. (Figure 1).

Ce logiciel de modélisation permet la simulation de la pharmacocinétique des AAH lors de leur administration.

Cette étude a été effectuée de décembre 2022 à février 2023 et représente l'élaboration de 54 simulations.

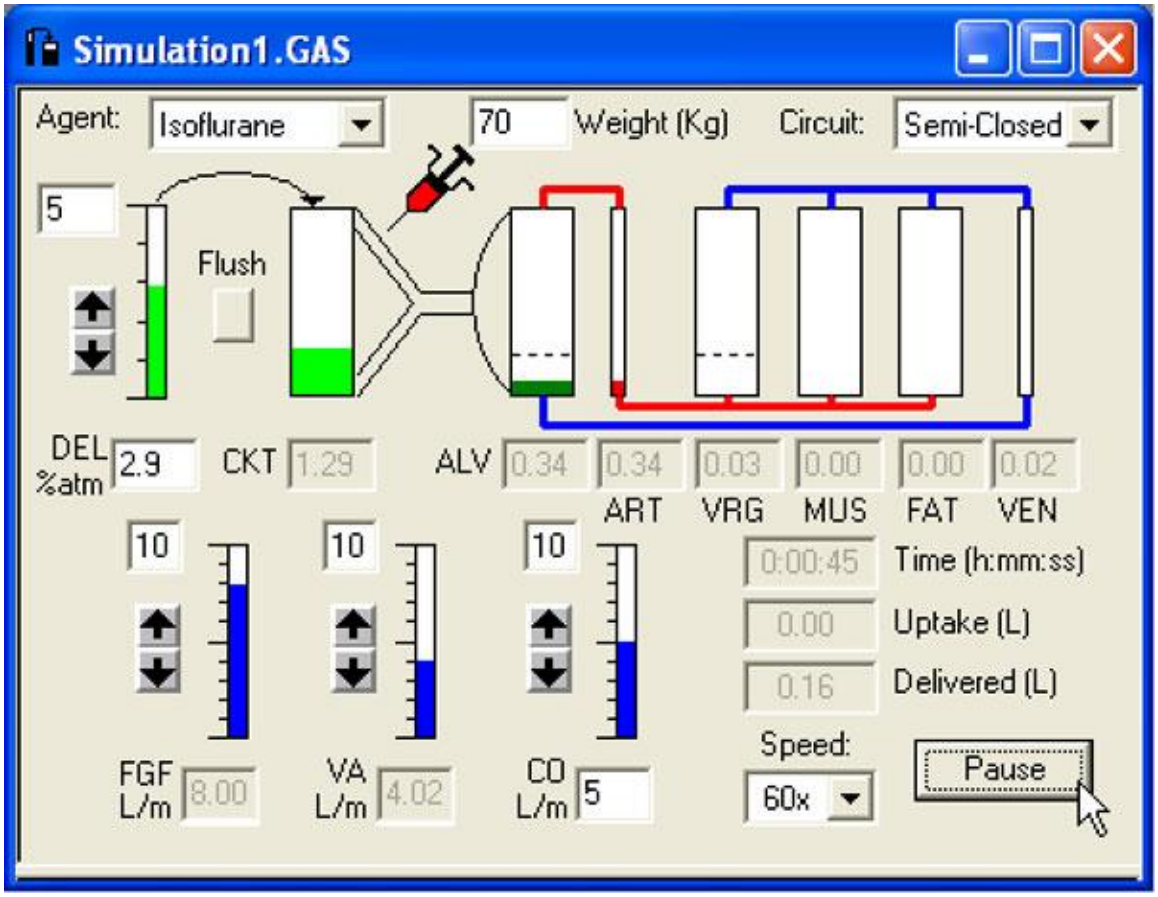


Figure 1 : Présentation du logiciel GasMan®

Le logiciel de simulation se présente ainsi :

Sur la partie supérieure du simulateur se trouve le choix de l'AAH, la détermination du poids du patient ainsi que le type d'ouverture du circuit filtre (ouvert, semi-ouvert ou fermé).

La partie centrale de l'écran représente différents secteurs. Le premier (DEL % atm), représente la fraction délivrée par l'évaporateur en % et pouvant être ajustée. On retrouve ensuite la concentration de cet agent dans le circuit (CKT). Puis la concentration dans les différents compartiments s'équilibre en fonction des coefficients de partage et des pressions partielles : le compartiment alvéolaire (ALV), les organes richement vascularisés (VRG), les muscles (MUS), le tissus adipeux (FAT).

La partie inférieure permet le réglage du débit de gaz frais (FGF), de la ventilation alvéolaire (VA) ainsi que du débit cardiaque (CO). Ces deux derniers paramètres sont ajustés sur le poids par le logiciel et ils n'ont bénéficié d'aucune modification lors de chacune des simulations.

Enfin, le temps de simulation (Time) est ajustable, il est également possible d'observer l'absorption (Uptake) et le volume de vapeur total (Delivered) en litre.

2.2 Objectifs de l'étude :

L'objectif principal de cette étude est de quantifier de façon expérimentale, la consommation d'AAH en fonction du débit de gaz frais afin de faire évoluer les pratiques professionnelles au CHU de POITIERS.

Les objectifs secondaires sont :

- Mesurer expérimentalement l'impact que pourrait avoir la diminution du DGF sur la consommation d'AAH.
- Mettre en évidence le gain économique et écologique que représente la diminution du DGF sur les AAH.

2.3 Méthodologie :

Afin de pouvoir observer l'influence du DGF sur la consommation des AAH, l'étude a été effectuée avec le simulateur d'anesthésie GasMan®.

Ce logiciel a permis de procéder à l'élaboration de protocoles reproductibles en reprenant les caractéristiques communément retrouvées au CHU de POITIERS.

Ce logiciel permettant de choisir différents agents anesthésiques. Il a été retenu pour l'étude, le Desflurane (CAM théorique à Fet 6 %), le Sévoflurane (CAM théorique à Fet 2 %) et l'Isoflurane (CAM théorique à Fet 1 %).

En s'appuyant sur les résultats du travail (17) de M. BOCHE qui ont montré qu'une majorité des IADEs du CHU de POITIERS réglait principalement le DGF à 1 l/min. Ce débit est choisi comme DGF de référence (DGF témoin).

L'étude porte sur la consommation d'AAH avec des DGF inférieurs à 1 l/min. Ainsi, il sera analysé la consommation pour un DGF de 0,5 l/min puisque ce dernier est le plus bas possible avec les SAGF utilisés au CHU de POITIERS.

L'étude portera également sur un DGF de 0,8 l/min (débit médian de cette fourchette étudiée).

Cette étude analysera également l'impact de la diminution du DGF pour des patients de poids différents (50, 70, 75, 90, 100 et 150 kg), afin d'observer la relation entre poids et consommation d'AAH.

L'étude observera l'évolution de cette consommation dans le temps. Des relevés de la consommation en litre de vapeur seront effectués toutes les 30 minutes sur une durée d'intervention de 3 heures (Tableau 1).

Pour chaque AAH analysé et pour un poids donné, 3 DGF sont étudiés, le DGF témoin (1 l/min), puis pour un DGF de 0,8 l/min et enfin pour un DGF de 0,5 l/min.

Cela représente 18 analyses par AAH soit un total de 54 simulations.

Tableau 1 : Exemples de tableaux de recueil de simulations (litre de vapeur)

Desflurane poids de patient 75 kg						
	30 min	**60 min**	**90 min**	**120 min**	**150 min**	**180 min**
1 l/min	1,08	3,63	6,04	8,44	10,69	12,94
0,8 l/min	0,92	3,08	5,12	7,04	8,84	10,64
0,5 l/min	0,66	2,24	3,74	5,16	6,52	7,79

Sévoflurane poids de patient 75 kg						
	30 min	**60 min**	**90 min**	**120 min**	**150 min**	**180 min**
1 l/min	1,13	2,27	3,35	4,37	5,33	6,23
0,8 l/min	1,07	2,08	2,99	3,86	4,67	5,44
0,5 l/min	1	1,78	2,47	3,13	3,76	4,33

Isoflurane poids de patient 75 kg						
	30 min	**60 min**	**90 min**	**120 min**	**150 min**	**180 min**
1 l/min	0,46	1,3	2,05	2,75	3,41	4,01
0,8 l/min	0,42	1,17	1,86	2,49	3,04	3,57
0,5 l/min	0,32	0,92	1,49	2,01	2,49	2,94

Protocole :

Les 54 expériences ont donc été établies selon un protocole identique, qui est le suivant :

Le choix de l'AAH est sélectionné ainsi que le poids de patient étudié. Le circuit filtre est renseigné comme étant fermé.

Puis il est procédé à l'ouverture de la cuve d'AAH avec une valeur de la CAM supérieure de 50 % à celle théorique (cf. supra).

Le DGF initial est réglé à 2 l/min jusqu'à atteinte de la CAM.

Une fois l'équilibre de la concentration alvéolaire (Fav) et de la concentration dans les organes richement vascularisés (Forv) atteint, nous admettons ce temps (T0) comme l'objectif de CAM de l'AAH étudié.

A T0, le DGF est diminué selon le débit étudié et il restera à cette même valeur tout au long de l'expérience.

Tout au long de la simulation, l'ouverture de la cuve (% atm) sera ajustée de façon que la Forv soit toujours égale à l'objectif à la CAM théorique de l'AAH étudié.

A partir de T0, il est relevé la consommation en litre de vapeur d'AAH à T+ 30 min, T+60 min, etc. jusqu'à T+180 min.

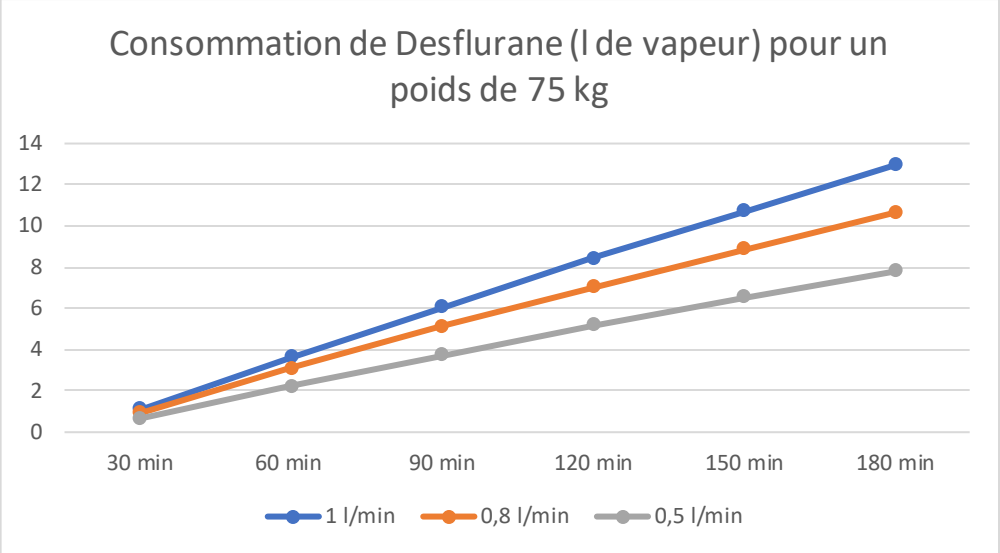
3. Résultats et analyse :

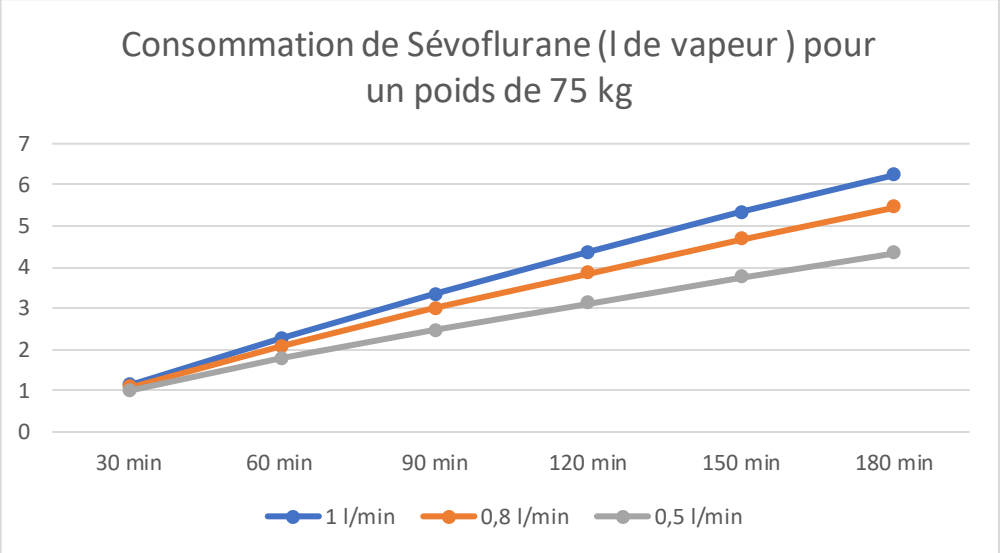
3.1 Analyse générale des données :

Pour chaque AAH et pour chaque poids, l'analyse visuelle de la courbe de consommation en litre de vapeur pour un DGF de 1l/min, montre que la consommation est croissante et régulière sur la période de 3 heures.

Il est observé également, que pour les DGF de 0,8 et 0,5 l/min, les courbes suivent les mêmes caractéristiques mais sont inférieures à celles du DGF témoin comme il est observable sur la figure 2.

Cette observation permet d'établir qu'il y a un gain de consommation pour des DGF inférieurs à 1 l/min.





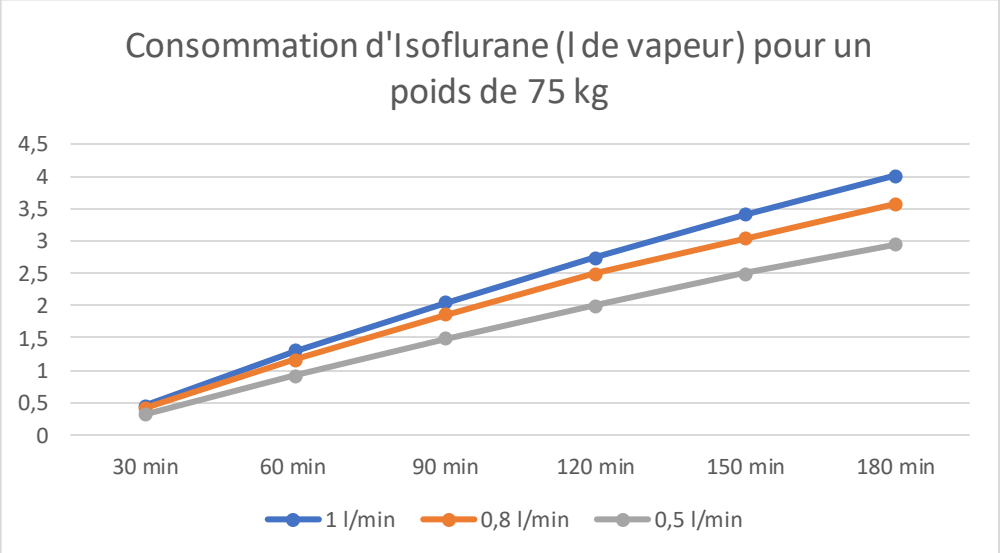


Figure 2 : Exemples de courbes pour chaque AAH pour un poids de 75 kg

Notons qu'en fonction de l'agent halogéné, les courbes évoluent avec des pentes différentes, ce qui témoigne d'un volume délivré total plus important selon l'AAH comme observé dans le tableau 2.

Tableau 2 : Consommation moyenne d'AAH en litre de vapeur pour l'ensemble des poids sur 3 heures

	Desflurane	Sévoflurane	Isoflurane
1 l/min	13,23	6,08	4,17
0,8 l/min	11,12	5,32	3,73
0,5 l/min	8,07	4,12	3,03

3.2 Analyse quantitative des données :

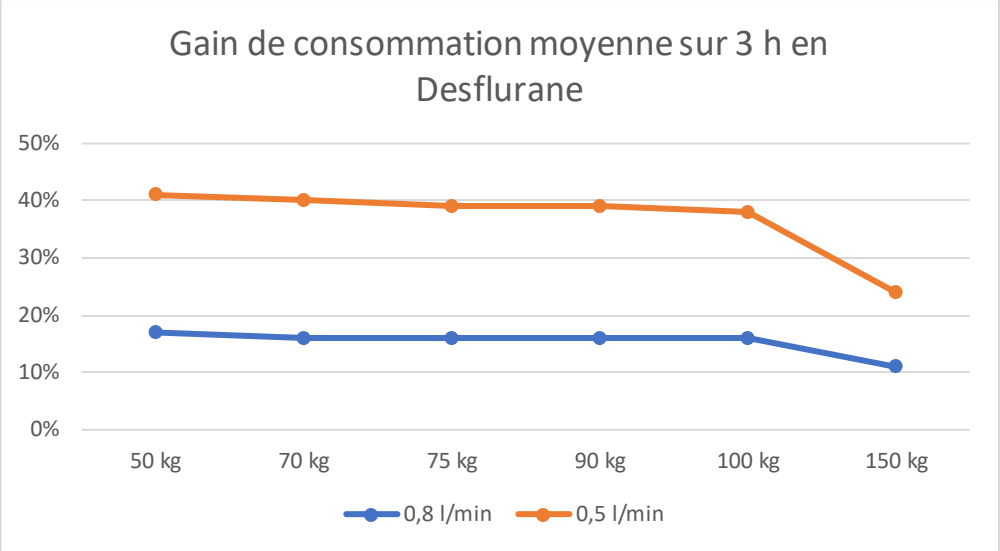
En prenant la consommation du DGF témoin comme référence, le pourcentage de gain de consommation pour les DGF de 0,8 l/min et 0,5 l/min a été calculé.

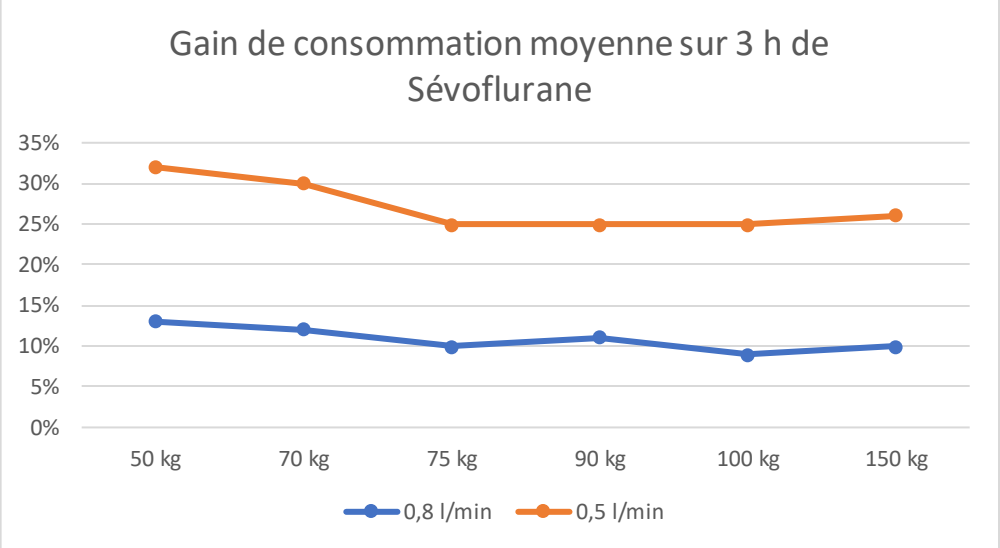
- Première observation :

Sur l'ensemble des 54 simulations, il est observé que pour chaque AAH, pour un DGF étudié, l'analyse quantitative montre que le gain de consommation ne présente pas de variation notable tout au long des 3 heures d'intervention.

- Deuxième observation :

En fonction du poids, le gain de consommation d'AAH a tendance à diminuer. Les décroissances de gain ne sont pas identiques en fonction de l'agent halogéné étudié. Ces décroissances sont faibles et progressives comme observées sur les courbes de la figure 3.





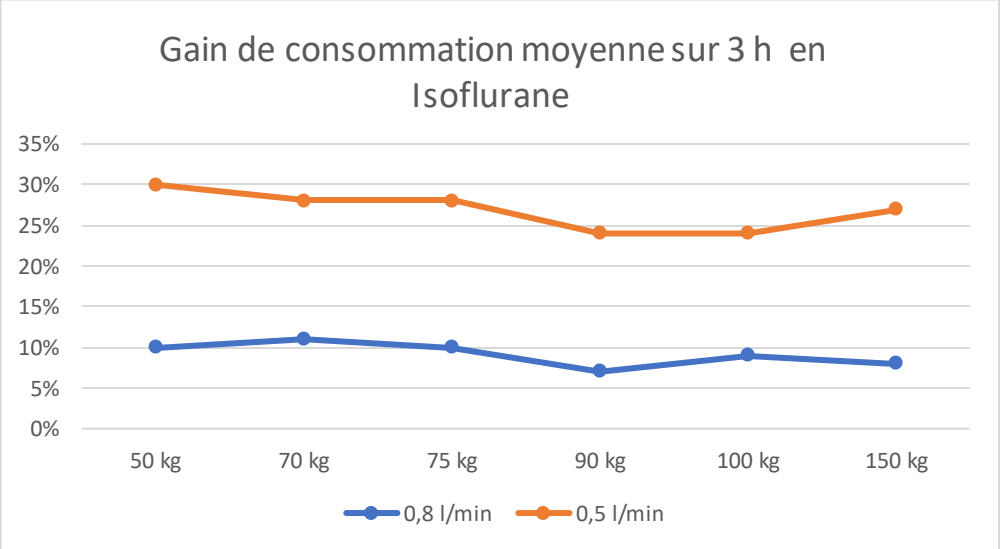


Figure 3 : Gain de consommation moyenne sur 3 heures en fonction du poids

· Troisième observation :

Il a été mesuré le gain moyen des AAH tous poids confondus en fonction du DGF. Les gains ont été mesurés (Tableau 3). Il est observable que les gains de consommation s'étendent de 9 à 15 % pour un DGF de 0,8 l/min et sont plus importants pour un DGF de 0,5 l/min avec un des gains allant de 27 à 37 %.

Tableau 3 : Gain de consommation moyenne tous poids confondus en fonction du DGF par rapport au DGF témoin

	Desflurane (n=18)	Sévoflurane (n=18)	Isoflurane (n=18)
0,8 l/min	15 %	11 %	9 %
0,5 l/min	37 %	27 %	27 %

Une comparaison à l'aide d'un graphique permet d'observer l'AAH démontrant le gain d'économie le plus important, permettant de faire une synthèse de ces observations (Figure 4).

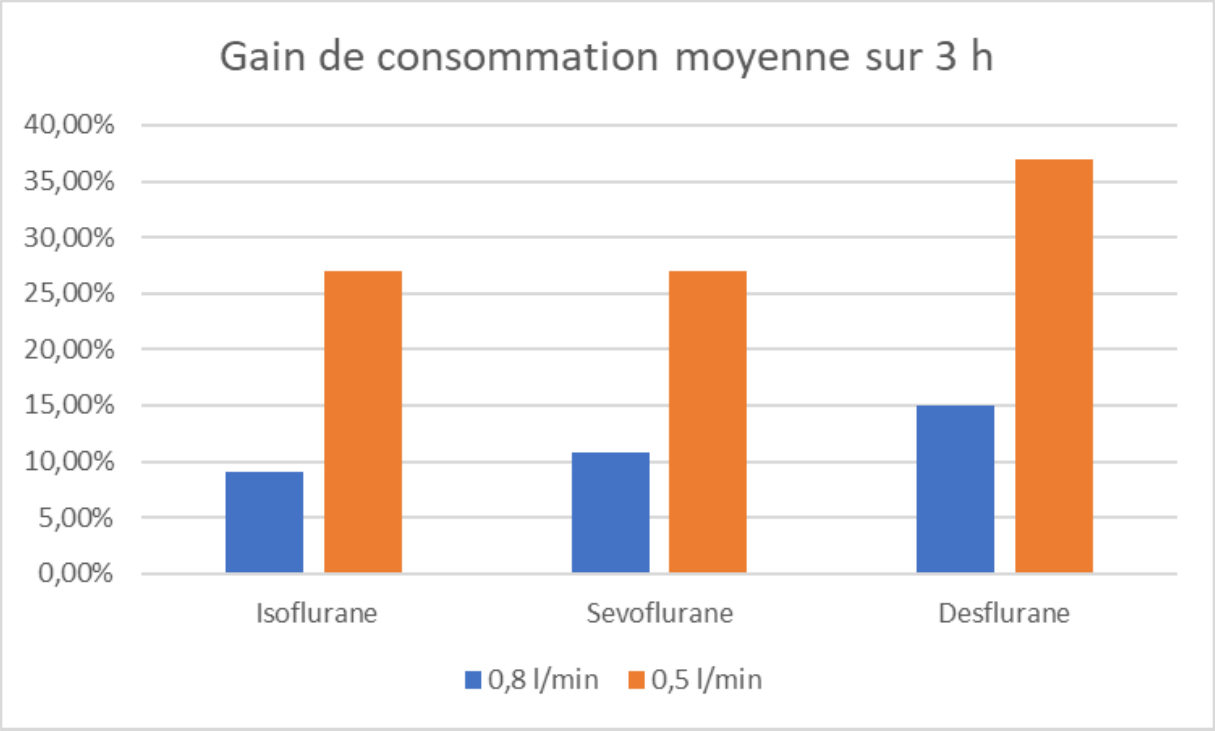


Figure 4 : Comparatif des gains de consommation des AAH

Observations :

- Pour chaque AAH, le gain de consommation est plus important pour un DGF de 0,5 l/min
- Le Desflurane présente le gain de consommation moyenne le plus important pour un DGF à 0,5 l/min.

4. Discussion :

Cette étude a permis de faire une évaluation quantitative de la consommation d'AAH et d'en apprécier l'impact que représente la diminution du DGF lors d'une anesthésie d'une durée de 3 heures en fonction du poids. Trois résultats ressortent de cette étude :

1. L'impact du DGF sur la consommation d'AAH,
2. L'impact de la diminution de DGF sur la consommation d'AAH en fonction de la durée d'anesthésie,
3. L'influence du poids sur la consommation d'AAH dans le temps.

<u>L'impact du débit de gaz frais sur la consommation d'AAH</u> :

Les résultats de l'analyse ont montré qu'en diminuant le DGF de 1 l/min à 0,5 l/min, le gain de consommation total d'AAH peut aller jusqu'à 37 % pour 3 heures de simulation.

Le gaz vecteur qui transporte les vapeurs anesthésiques étant fonction du DGF, il en résulte une diminution de la consommation des AAH. Le circuit étant fermé, les besoins en AAH sont diminués grâce à la ré-inhalation de ceux-ci.

Le gain de consommation le plus important retrouvé pour les 3 AAH étudiés est attribué au Desflurane avec une économie de 37 %. D'après une étude (17) datant de la fin d'année 2021, le Desflurane représente 86 % d'utilisation dans les blocs opératoires du CHU de POITIERS. Donc théoriquement, la modification des pratiques professionnelles consistant à diminuer le DGF, permettrait un gain de consommation d'AAH en pratique clinique.

Bien qu'il n'existe pas de recommandation concernant le réglage de débit de gaz frais, BRATTWALL dans son étude (18) démontre l'intérêt qu'il y a d'utiliser un DGF inférieur à 1 L/min.

Il est intéressant de rappeler qu'en réduisant le débit de gaz frais cela permet le maintien d'un taux d'humidité et une stabilité de la température de l'air inspiré réduisant ainsi les risques de complications respiratoires pour le patient.

<u>L'impact de la diminution du DGF sur la consommation d'AAH en fonction de la durée d'anesthésie</u>

Lors de cette étude, il a également été mis en évidence que plus le DGF est faible et moins la durée de l'anesthésie a d'impact sur la consommation.

En effet en abaissant le DGF sur une période de 3 heures, le volume d'AAH s'en retrouve diminué.

A l'image du Desflurane qui a un coefficient de partage λs faible, la quantité de gaz capté au niveau tissulaire est faible mais la rapidité des échanges reste constante même sur un temps d'anesthésie de 3 heures. Ceci est renforcé par le fait que le circuit est fermé et qu'avec un DGF bas, les besoins en renouvellement d'AAH diminuent ce qui permet d'en réduire la consommation.

<u>L'influence du poids sur la consommation dans le temps</u>

L'étude a permis également de mettre en avant que le poids du patient a un impact modéré sur la consommation d'AAH. Pour un DGF bas et une durée d'anesthésie longue, le gain de consommation d'AAH tend à diminuer avec l'augmentation du poids.

En effet ceci peut s'expliquer dans le fait que la quantité de gaz capté au niveau tissulaire est faible, particulièrement au niveau du compartiment adipeux car ce dernier est

très faiblement vascularisé. Même si le volume de ce compartiment est important, le stockage de l'AAH est faible malgré des durées d'anesthésie longues.

4.1 Limites

Les limites de cette étude sont principalement liées au fait que ce travail de recherche est effectué sur la base d'un outil de simulation.

Bien que la modélisation de la pharmacocinétique d'un agent halogéné soit intéressante pour notre étude, il n'en reste pas moins que les effets pharmacodynamiques ne sont pas pris en compte. En effet, les AAH ont des effets hémodynamiques qui impliquent des variations dans l'administration de ces derniers et qui entraînent des répercussions sur la consommation.

Une autre limite de ce logiciel se trouve dans l'absence des différentes pathologies que peuvent présenter les patients (cardio-vasculaires, pulmonaires, etc.). Elles ne sont pas prises en compte dans ce simulateur. Seul le débit cardiaque ainsi que la ventilation alvéolaire sont indexés sur le poids, mais ne subissent aucune variation lors de la séquence de simulation.

Cette étude est théorique mais elle permet néanmoins de donner une orientation de tendance et de projection de consommation.

4.2 Axes de recherches

Afin de pouvoir vérifier les tendances observées dans cette étude, il pourrait être intéressant de faire une étude comparative.

En effet, en s'appuyant sur les données observées à l'aide du simulateur GasMan®, il pourrait être étudié *in vivo* le gain de consommation d'AAH avec des débits de gaz frais à 0,8 l/min et 0,5 l/min. Cette nouvelle étude s'inscrirait dans la suite de ce travail et

permettrait de mettre en avant la consommation d'halogénés avec les variations induites par le patient.

Une autre étude pourrait être également envisagée. Elle s'intéresserait à la consommation en AAH des SAGF qui sont utilisés en mode AINOC. Ces modèles utilisent des débits de gaz frais inférieurs à 0,5 l/min. Ce travail pourrait être intéressant dans l'optique d'une étude comparative de SAGF.

CONCLUSION

Le recours à un logiciel de modélisation d'anesthésie a permis de mettre en avant l'intérêt théorique de réduire les débits de gaz frais inférieurs à 1 l/min.

Le gain de consommation d'agent anesthésique est avéré et il est probable que l'impact écologique et économique en sera de même.

Cette étude a également permis d'observer l'impact que pouvait avoir le poids et le temps sur la consommation et d'en apprécier les faibles répercussions.

Enfin, ce travail est une base théorique qui peut permettre la réflexion sur les pratiques professionnelles en termes de réglage de débit de gaz frais et permettre d'optimiser l'administration des agents halogénés aux patients.

Bibliographie

1. Quénet E, Weil G, Billard V. Optimisation de l'administration des agents anesthésiques inhalés : débit de gaz frais ou fraction délivrée ? Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation. 2008 ; 27(11) : 900-8.

2. Histoire de l'anesthésie - Société Française des Infirmier(e)s Anesthésistes [Internet]. https://sofia.medicalistes.fr/spip/spip.php?article49

3. Seconde Guerre mondiale - Histoire de la médecine - Xavier Riaud - Horace Wells (1815-1848) et l'anesthésie au protoxyde d'azote. http://www.histoire-medecine.fr/seconde-guerre-mondiale-horacewells-1815-1848-et-anesthesie-au-protoxyde-azote.php

4. Cousin M. Le cent cinquantenaire du chloroforme. Un agent anesthésique plus merveilleux et terrible encore que l'éther. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation. 1997 ;16(8) :1037-44.

5. Terrell RC, Warner DS. The invention and development of enflurane, isoflurane, Sévoflurane, and desflurane. Anesthesiology. 2008 ;108(3) : 531-3.

6. Appareils et méthodes d'anesthésie de J T Clover (1825-1882) - CHAR [Internet]. https://char-fr.net/Appareils-et-methodes-d-anesthesie.html

7. Circuits d'anesthésie [Internet]. http://amar-constantine.e-monsite.com/pages/programme-1ere-annee/techniques-d-anesthesie-methode-et-techniques-en-anesthesie-reanimation/circuits-d-anesthesie.html

8. Velly LJ, Rey MF, Bruder NJ, Gouvitsos FA, Witjas T, Regis JM, et al. differential dynamic of action on cortical and subcortical structures of anesthetic agents during induction of anesthesia. Anesthesiology. 2007 ;107(2) :202-12.

9. Rampil IJ. Anesthetic potency is not altered after hypothermic spinal cord transection in rats. Anesthesiology.1994 ;80(3) :606-10.

10. Debaene B. Le point sur les médicaments de l'anesthésie : les halogénés. 2014 ;

11. Odin I, Nathan N. Anesthésiques halogénés. EMC - Anesthésie-Réanimation. 2005 ; 2(2):79-113.

12. Ellinor P T. Mechanisms of actions of inhaled anesthetics. New England Journal of Medicine. 2003 ;349(9) :909-10.

13. Eghiaian A, Bazin J, Bourgain J, Combes X, Jaber S, Michelet P, et al. Socle de connaissances sur les respirateurs (réanimation et urgences) et les machines d'anesthésie. SFAR. 2015, 60.

14. Otteni JC, Ancellin J, Cazalaà JB, Feiss P. Appareil d'anesthésie : systèmes d'alimentation en gaz frais. I. Systèmes mécaniques avec rotamètres et vaporisateurs calibrés. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation.1999 ;18(9) : 956-75.

15. circuit_filtre.pdf [Internet]. https://www.jlar.com/enseignement/circuit_filtre.pdf

16. Masson E. Impact économique et écologique d'une réduction du débit gaz frais sur la consommation d'halogénés [Internet]. EM-Consulte. https://www.em-consulte.com/article/920661/ impact-economique-et-ecologique-d-une-reduction-du-debit-de-gaz-frais-sur-la-consommation-d'halogénés.

17. Boche F. Etat des lieux d'utilisation des agents anesthésiques halogénés au CHU de POITIERS. 2022. 26

18. Brattwall M, Warrén-Stomberg M, Hesselvik F, Jakobsson J. Brief review : theory and practice of minimal fresh gas flow anesthesia. Can J Anaesth. 2012 ;59(8) :785-97.

ÉCOLE D'INFIRMIER(E)S ANESTHÉSISTES DIPLOMÉ(E)S D'ETAT

UE 7 - MÉMOIRE PROFESSIONNEL
En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat d'Infirmier Anesthésiste
2021-2023

Influence du débit de gaz frais sur la consommation d'agents halogénés en anesthésie

L'emploi des agents anesthésiques halogénés (AAH) est nécessaire pour le maintien d'une anesthésie générale, mais n'est pas dénué d'impact écologique et économique. Le débit de gaz frais (DGF) permettant le flux de vapeurs anesthésique est réglé majoritairement à 1 l/min au CHU de Poitiers alors qu'il est possible de le diminuer. La consommation d'agents halogénés pourrait-elle être optimisée en diminuant ce débit de gaz frais à 0,8l/min ou 0,5 l/min ?

OBJECTIF DE L'ÉTUDE : L'objectif de cette étude est de quantifier de façon expérimentale, la consommation d'AAH en fonction du DGF afin de faire évoluer les pratiques professionnelles au CHU de Poitiers.

METHODOLOGIE : Afin de pouvoir observer l'influence du DGF sur la consommation des AAH, l'étude a été effectuée avec le simulateur d'anesthésie GasMan®. Ces simulations ont observé sur un temps de 3 heures et pour des poids de 50 kg à 150 kg, l'influence que pouvait avoir un DGF à 0,8l/min ainsi qu'à 0,5 l/min sur la consommation d'AAH.

RESULTATS : Cette étude a mis en évidence que la diminution d'un DGF inférieur à 1 l/min, permet de diminuer la consommation d'AAH sur une période de 3 heures. Elle a également permis d'observer que plus le DGF est faible et moins la durée de l'anesthésie à d'impact sur la consommation. Enfin le poids a un impact modéré sur la consommation des AAH.

CONCLUSION : En diminuant le débit de gaz frais à des valeurs inferieures à 1 l/min, la consommation en AAH est moindre. Une évolution des pratiques professionnelles est attendue permettant de diminuer l'impact écologique et économique.

Mots clés :
Agent anesthésique halogéné, débit de gaz frais, consommation

Auteur : Guillaume BACHET

Directeur de mémoire : Pr Bertrand DEBAENE

SCHOOL OF STATE-CERTIFIED ANAESTHETIST NURSES

UE 7 PROFESSIONAL THESIS
For the National Diploma of Anaesthetist Nurse
2021-2023

Influence of fresh gas flow on the consumption of halogenated agents in anaesthesia

The use of halogenated anaesthetic agents (HAA) is necessary to maintain general anaesthesia, but is not without ecological and economic impact. The fresh gas flow rate (FGFR) used for anaesthetic vapour flow is mainly set at 1 l/min at Poitiers University Hospital, although it is possible to reduce it. Could the consumption of halogenated agents be optimised by reducing this fresh gas flow rate to 0.8 l/min or 0.5 l/min ?

OBJECTIVE OF THE STUDY : The aim of this study is to quantify, on an experimental basis, the consumption of HAA as a function of the FGFR in order to improve professional practices at Poitiers University Hospital.

METHODOLOGY : In order to observe the influence of FGFR on HAA consumption, the study was carried out using the GasMan® anaesthesia simulator. Over a period of 3 hours and for weights ranging from 50 kg to 150 kg, these simulations observed the influence that a FGFR of 0.8 l/min and 0.5 l/min could have on HAA consumption.

RESULTS : This study showed that reducing the FGFR to less than 1 l/min reduced HAA consumption over a 3-hour period. It also showed that the lower the FGFR, the less impact the duration of anaesthesia had on consumption. Finally, weight had a moderate impact on HAA consumption.

CONCLUSION : By reducing the fresh gas flow rate to less than 1 l/min, HAA consumption is reduced. Changes in professional practices are expected to reduce the ecological and economic impact.

Keywords :
Halogenated anaesthetic agent, fresh gas flow, consumption

Autor : Guillaume BACHET

Supervisor : Pr Bertrand DEBAENE