



**IMPACT ECONOMIQUE ET ECOLOGIQUE DES HALOGENES :
QUELLES OPPORTUNITES DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS AU CHU DE
GRENOBLE ?**

Mémoire présenté en vue de l'obtention
du Diplôme d'Etat d'Infirmier Anesthésiste

Mémoire présenté en vue de l'obtention
du Grade Master

Sous la direction de :

- Professeur Pierre ALBALADEJO, MAR
- Catherine BRIOT, CDSS – Responsable pédagogique

Présenté par :

- GUERQUIN Lydie
- GUTHINGER Gérard
- ZAFIRIOU Yoann

**Année 2013 – Promotion EIADE 2012-2014
Ecole d'Infirmiers Anesthésistes DE**

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier nos 2 directeurs de mémoire, Mr Pierre ALBALADEJO et Mme Catherine BRIOT, pour leurs conseils, leur patience, leur aide bibliographique et méthodologique et enfin leur confiance dans ce travail de recherche.

Nos remerciements vont également au Centre d'Investigation Clinique de Grenoble, et en particulier à l'équipe de Jean-Luc BOSSON, qui a pris de son temps pour nous apporter des conseils et des réponses au niveau statistiques.

Nous sommes également reconnaissants envers Claire CHAPUIS, avec qui nous avons eu grand plaisir de collaborer, et pour le grand nombre d'éléments qu'elle nous a fourni pour accomplir ce mémoire, pour ses conseils, sa patience, sa disponibilité et ses relectures.

Un grand merci aux équipes d'anesthésies des 3 sites du CHU de Grenoble pour leur accueil, leur collaboration et l'intérêt qu'ils ont porté à notre sujet.

Et enfin, un remerciement à nos conjoints, Amandine, Elodie et Manuel, pour leur soutien, leurs encouragements et leur grande patience pendant toutes ces heures de travail.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	
TABLE DES MATIERES.....	1
LISTE DES ABREVIATIONS.....	3
INTRODUCTION	5
1 MATERIEL ET METHODES	9
1.1 Description de l'étude.....	9
1.2 Population étudiée	9
1.2.1 Critères d'inclusion	9
1.2.2 Critères de non inclusion	10
1.3 Plan d'analyse statistique.....	10
1.3.1 Objectif principal et considérations statistiques.....	10
1.3.2 Objectifs secondaires et considérations statistiques	11
2 RESULTATS.....	13
2.1 Population.....	13
2.2 Comparaison du DGF moyen au CHUG par rapport au DGF standard de 1L/min.....	15
2.3 Impact économique et écologique avec un DGF à 1L/min.....	17
2.3.1 Impact économique :.....	17
2.3.2 Impact écologique :	18
2.4 DGF moyen des respirateurs sur le CHUG	19
3 DISCUSSION	21
CONCLUSION	25

ANNEXES	26
BIBLIOGRAPHIE.....	31
SUMMARY AND KEYWORDS	32
RESUME ET MOTS-CLES.....	33

LISTE DES ABREVIATIONS

AG : Anesthésie Générale

AH : Agent Halogéné

AIOC : Anesthésie Inhalée à Objectif de Concentration

AIVOC : Anesthésie Intra Veineuse à Objectif de Concentration

ALR : Anesthésie Loco Régionale

CDE₂₀ : Equivalent Carbone sur 20 ans

CHUG : Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble

CIRE : Centre Interventionnel Radio Endoscopique

CO : Monoxyde de Carbone

CO₂ : Dioxyde de Carbone

DGF : Débit de Gaz Frais

FeO₂ : Fraction Expirée d'Oxygène

FiO₂ : Fraction Inspirée d'Oxygène

GES : Gaz à Effet de Serre

GWP₂₀ : Global Warming Potential sur 20 ans

HCE : Hôpital Couple Enfant

IC₉₅ : Intervalle de Confiance à 95 %

IRM : Imagerie à Résonance Magnétique

N₂O : Protoxyde d'Azote

PRG : Pouvoir de Réchauffement Global

SEGA : Système d'Evacuation des Gaz Anesthésiques

SFAR : Société Française d'Anesthésie Réanimation

SUV : Sport Utility Vehicle (Véhicule Utilitaire Sport)

TIVA : Total Intra Veinous Anaesthesia (Anesthésie Intra-Veineuse Totale)

VO₂ : Consommation d'Oxygène

INTRODUCTION

En anesthésie, l'utilisation des gaz halogéné est fréquente dans la pratique quotidienne. La majorité des anesthésies générales (AG) reposait en 1996 sur les gaz halogénés, soit pour l'induction, soit, le plus souvent, pour l'entretien et 70 % des anesthésies générales réalisées en France utilisaient au moins un agent inhalé (1).

Les agents halogénés (AH) représentent 15 à 20 % des dépenses au niveau de la pharmacie du pôle d'anesthésie d'un CHU (2). Le montant annuel des AH en 2013 au Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble (CHUG) (2200 lits, 30 261 anesthésies) s'élevait à 280 833 €.

Des données économiques existent par rapport à la réduction du DGF (3). Cependant, celles-ci sont limitées en nombre d'interventions et rien n'est estimé sur le fonctionnement global d'un hôpital.

L'utilisation des AH en anesthésie est donc contrainte par son coût et la pollution induite par leur rejet dans l'atmosphère. C'est pourquoi leur usage en circuit fermé est justifié, c'est à dire à bas Débit de Gaz Frais (DGF) avec réinhalation des gaz expirés après passage par un canister de chaux sodée (4). Leur évacuation se fait par l'intermédiaire d'un Système d'Evacuation des Gaz Anesthésiques (SEGA), appelé « prise SEGA » et ils sont ainsi rejetés vers l'extérieur du bloc opératoire, à savoir dans l'atmosphère (5) .

L'impact environnemental engendré par les gaz anesthésiques (protoxyde d'azote et AH) commence seulement à être pris en compte du fait de leur responsabilité dans la production de Gaz à Effet de Serre (GES) et donc de leurs effets sur le réchauffement climatique (6). On note que parmi les AH les plus couramment utilisés, le desflurane (Suprane®) et le sevoflurane (Sevorane®), une responsabilité plus importante est portée par le desflurane (7). Ces derniers sont parfois associés avec le protoxyde d'azote (N₂O), notamment pour ses effets analgésiques, anti-hyperalgésiques ainsi que son effet deuxième

gaz (potentialisation de l'effet des AH). Cependant, le N₂O accentue les conséquences climatiques puisqu'il est responsable d'une partie de la destruction de la couche d'ozone et favorise l'effet de serre en association avec le dioxyde de carbone (CO₂) (8).

L'impact environnemental n'est donc pas négligeable, d'autant plus que la tendance actuelle vise à réduire nos émissions de GES. A cela s'ajoute un contexte économique défavorable nous poussant à réfléchir sur de nouvelles pratiques moins coûteuses mais tout aussi efficaces.

Plusieurs études menées dans les pays anglo-saxons montrent l'intérêt de la réduction des débits de gaz frais (DGF) en per-opérateur (9). L'utilisation d'un bas DGF (≤ 1 L/min) a plusieurs avantages (10) :

- * Au niveau pulmonaire : amélioration de la dynamique de flux de l'air inhalé, augmentation de la fonction mucociliaire, maintien de la température corporelle et réduction des pertes liquidiennes.
- * Au niveau économique : réduction de la consommation des AH avec une économie significative pouvant atteindre 75%.
- * Au niveau écologique : réduction des GES à travers le surplus de gaz inutilisé et rejeté lors d'une utilisation en circuit ouvert.

A l'heure actuelle, il existe déjà différents moyens de réduction des coûts écologiques et économiques :

- L'Anesthésie Inhalée à Objectif de Concentration (AIOC) utilisant un mode asservi fait partie des récentes technologies associée aux nouvelles stations d'anesthésie. Son objectif est de réduire le temps d'obtention des concentrations cibles des AH, de réduire les fluctuations et les surdosages, et de diminuer les consommations et la pollution. Le principe est un réglage de la concentration expirée cible en circuit fermé

avec une régulation automatique de la fraction délivrée et/ou du DGF pour atteindre la concentration cible et compenser les besoins du patient (11).

- Les AG sous Anesthésie Intraveineuse Totale (TIVA) et l'Anesthésie Intraveineuse à Objectif de Concentration (AIVOC) permettent d'éviter l'utilisation de gaz anesthésiques.
- Le N₂O, utilisé en tant qu'adjuvant en anesthésie, réduit les coûts des AH. Il présente comme avantage une action analgésique et anti-hyperalgésique mais il a pour inconvénient de polluer les sites opératoires et l'environnement (5). Il contribue à la pollution atmosphérique et a une demi-vie estimée entre 100 et 150 ans. Il est en outre responsable d'une toxicité directe sur les personnels exposés lorsque la valeur limite d'exposition recommandée (25 ppm) n'est pas respectée (12).

Une étude publiée en 2006 posant la question de supprimer ou non le N₂O au bloc opératoire, n'avance pas d'arguments suffisants à son retrait (8). Son maintien est justifié et il est conseillé de suivre les recommandations de bonnes pratiques notamment avec une utilisation en bas DGF afin de limiter les effets indésirables au niveau du patient et du personnel et sur l'environnement (8).

Aucun état des lieux n'a été réalisé sur le réglage réel des DGF lors de l'utilisation des AH. Il a été montré que ce dernier est le facteur sur lequel il est possible d'agir directement. Un réglage standard à 1 L/min permettrait alors de diminuer les coûts et l'impact écologique (3).

Se pose alors la question : « Quels sont les opportunités de réduction de la consommation d'AH sur le CHUG afin de réduire les coûts et l'impact écologique ? ».

L'objectif principal était d'identifier les DGF effectifs sur le CHUG puisque l'hypothèse était que le DGF moyen relevé sur l'ensemble des spécialités du bloc du CHUG était supérieur à un DGF standard de 1 L/min.

Les objectifs secondaires étaient de :

- Montrer une différence de coût de l'anesthésie inhalée avec un DGF standard à 1L/min par rapport au DGF moyen du CHUG afin d'en déduire l'impact économique et écologique.

L'hypothèse était qu'avec un DGF à 1L/mn il était possible de réduire l'impact économique et écologique de l'utilisation d'AH au CHUG.

- Observer une différence de DGF en fonction du type de respirateur utilisé.

L'hypothèse était que le modèle de respirateur modifiait la précision du réglage du DGF du fait de l'existence de différents débitmètres (à réglage manuel par tubes débit-métriques et réglage électronique) (11).

- Connaître la part d'utilisation du N₂O associée à l'anesthésie inhalée au CHUG.

L'hypothèse était que le N₂O était peu utilisé en association avec les AH sur le CHUG.

1 MATERIEL ET METHODES

1.1 Description de l'étude

Réalisation d'une étude prospective, observationnelle, pharmaco-économique et d'impact environnemental, centrée sur la consommation d'AH des blocs opératoires du CHUG et sur les opportunités de réduction des coûts et de l'impact écologique.

Un audit de pratique a été réalisé entre février et mars 2014 (soit 18 jours de relevés) par les 3 étudiants (élèves infirmiers anesthésistes) co-investigateurs de l'étude.

Le relevé des données a été effectué en période d'entretien de l'anesthésie et le critère d'évaluation principal reposait sur le DGF.

Les éléments suivants ont été retenus comme critères d'évaluation secondaires :

- Concentration de l'AH réglée sur la cuve
- Type d'AH utilisé
- Durée standard d'intervention
- Utilisation de N₂O
- Modèle du respirateur

1.2 Population étudiée

1.2.1 Critères d'inclusion

Les trois sites du CHUG ont été audités (Hôpital Nord/Michallon, Hôpital Sud et Hôpital Couple Enfant (HCE)), ce qui représentait 31 à 38 salles de bloc opératoire selon leur ouverture.

Sur l'Hôpital Nord/Michallon, les spécialités des blocs audités étaient : ophtalmologie, neurochirurgie, chirurgie de la main, orthopédie, urologie, cardiaque, digestif, vasculaire, thoracique, ORL, Bloc d'urgence, maxillo-faciale, soit un total de 28 salles.

Sur l'Hôpital Sud, la spécialité du bloc auditée était l'orthopédie, soit 4 salles au total.

Sur l'HCE, les spécialités des blocs audités étaient : pédiatrie et gynécologie, soit au total 6 salles.

Les données ont été relevées uniquement lors d'anesthésies dont l'entretien était réalisé avec AH, desflurane ou sevoflurane, en association ou non avec du N₂O.

1.2.2 Critères de non inclusion

Il a été choisi de ne pas inclure : les Anesthésies Loco-Régionales (ALR) utilisées seules, les TIVA, et les spécialités de bloc qui utilisaient que rarement des AH : Neuroradiologie, Angiographie, Scanner, Imagerie à Résonance Magnétique (IRM), Cathétérisme, Centre Interventionnel Radio-Endoscopique (CIRE), et l'obstétrique.

1.3 Plan d'analyse statistique

1.3.1 Objectif principal et considérations statistiques

A partir des DGF relevés, le DGF moyen de chaque spécialité puis de l'ensemble des sites a été calculé.

A l'aide d'un test de Student, le DGF moyen du CHUG a été comparé au DGF standard de 1L/min. La médiane, l'écart-type, l'Intervalle de Confiance à 95% (IC₉₅) et la p-value (p) ont également été calculés.

1.3.2 Objectifs secondaires et considérations statistiques

1.3.2.1 Objectif secondaire 1

Du point de vue économique :

Le coût de l'anesthésie a été calculé pour chaque intervention audité à partir de la formule de DION (13) (14) (Annexe II) :

Formule de DION = $PFTMC/2412d$

- P = Concentration de l'évaporateur (%)
- F = Débit de gaz frais (L / min)
- T = Temps d'anesthésie (min)
- M = Masse moléculaire de l'halogéné (gr)
- C = Coût de l'halogéné (€/ml)
- d = Densité de l'halogéné (g/ml)
- 2412 étant le volume molaire à 21°C.

Cette formule a été appliquée sur le DGF relevé puis avec un DGF à 1 L/min afin de constater les différences de coûts de l'anesthésie pour une intervention donnée et sur l'ensemble de l'audit.

Il a été ensuite calculé le pourcentage d'économie réalisable selon l'AH utilisé et avec un DGF à 1 L/min.

Le pourcentage d'économie réalisable a été appliqué à la commande annuelle de chaque AH (obtenue auprès de la pharmacie du CHUG) afin d'estimer le nombre de flacons pouvant être économisés.

Pour l'année 2013, 820 flacons de sevoflurane et 2528 flacons de desflurane avaient été commandés.

A partir du nombre de flacons pouvant être économisés, les économies annuelles réalisables ont été déduites.

Du point de vue écologique :

L'Equivalent Carbone sur 20 ans (CDE₂₀) a été calculé via le « Global Warming Potential » (GWP) ou Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) à partir des quantités de flacons de sevoflurane et de desflurane qui pouvaient être économisées sur l'année 2013 au CHUG.

Pour le sevoflurane, le GWP₂₀ = 349 et pour le desflurane, le GWP₂₀ = 3714 (6).

$$CDE_{20} = \text{anes (g/an)} \times \text{anes GWP}_{20}$$

$$\text{anes (g/an)} = [(\text{anes L/an}) / (24 \text{ L/mol})] \times M$$

- anes (gr/an) : Gaz anesthésique (gr/an)
- anes (L/an) : Gaz anesthésique (L/an)
- M : Masse moléculaire (gr/mol)
- GWP₂₀ : Potentiel de réchauffement global à 20 ans pour l'AH concerné.

Les consommations d'AH sur le CHUG ont été illustrées par l'équivalent kilométrique d'un véhicule utilitaire sport aussi appelé SUV.

1.3.2.2 Objectif secondaire n°2

Les DGF moyens des différents modèles de respirateurs ont été calculés afin de constater les différences en fonction du modèle. Médiane, écart-type et IC₉₅ ont été calculés.

1.3.2.3 Objectif secondaire n°3

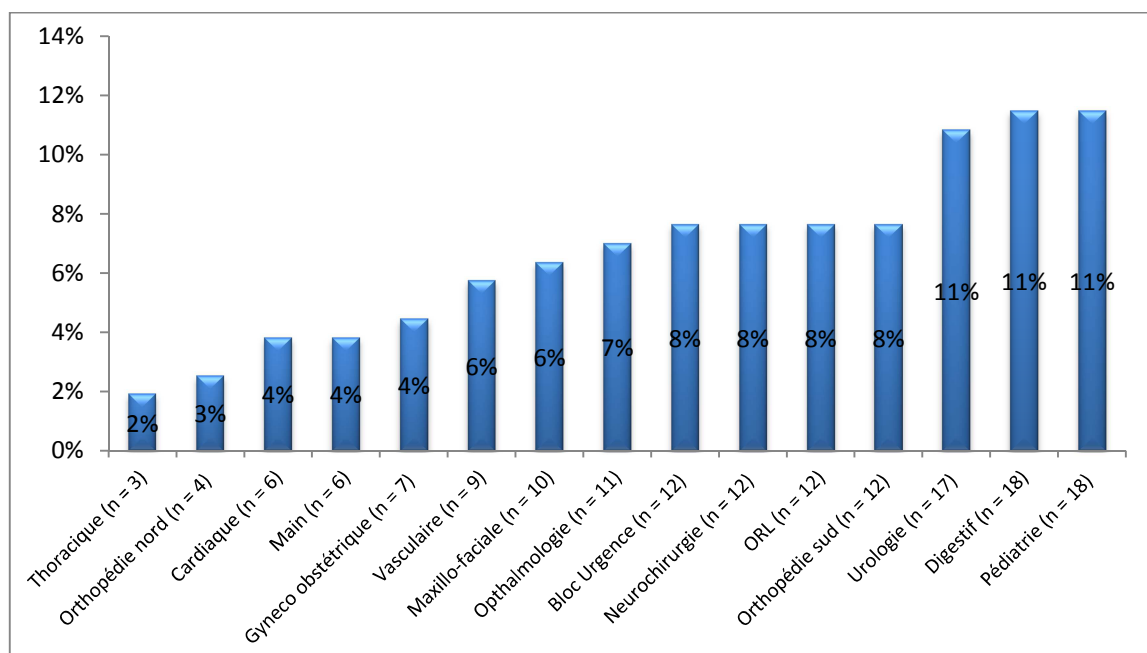
La part d'utilisation de N₂O, exprimée en pourcentage, a été calculée en fonction du nombre d'anesthésies inhalées associées à du N₂O relevé.

2 RESULTATS

2.1 Population

Sur l'ensemble des spécialités auditées du CHUG, 157 relevés ont été effectués sur une période de 18 jours entre février et mars 2014. Les données ont été collectées selon l'activité opératoire des spécialités auditées (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 1 : Part des relevés dans chaque spécialité



71 % de la population paramédicale et 29% de la population médicale étaient représentées dans les salles d'intervention (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

8 stations d'anesthésie ont été identifiées dont les modèles majoritairement retrouvés étaient : Flow I (Maquet®), S/5 Avance (GE Healthcare®) et le Primus (Dräger®), suivi du Zeus (Dräger®), seul modèle qui fonctionnait en mode asservi (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Concernant les gaz anesthésiques utilisés dans les anesthésies inhalées au CHUG, le desflurane détenait une place plus importante (73 %) que le sevoflurane (27 %) et le N₂O y était associé dans 7% de celles-ci (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

La durée moyenne des interventions de l'audit était de 117 ± 94 min (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

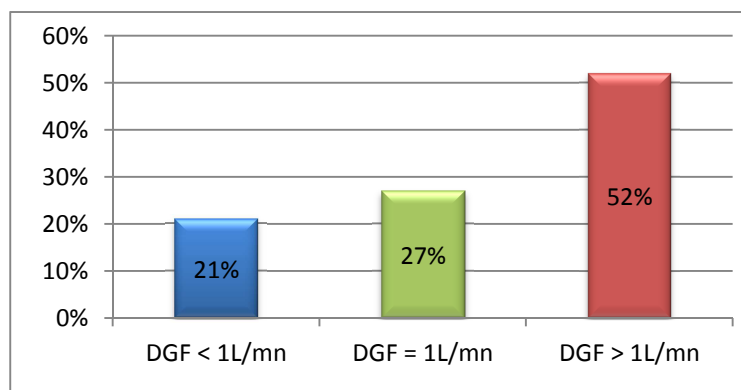
Tableau 1 : Distribution des caractéristiques de l'audit

Caractéristiques	Effectif (n)	Représentativité sur audit (%)
Population paramédicale	169	71
Population médicale	68	29
<u>Spécialités auditées :</u>		
- Thoracique	3	1,9
- Ortho Nord	4	2,5
- Cardiaque	6	3,8
- Chir de la Main	6	3,8
- Gynéco : Obstétrique	7	4,4
- Vasculaire	9	5,7
- Maxillo-faciale	10	6,5
- OPH	11	7
- Bloc d'Urgence	12	7,6
- Neurochir	12	7,6
- ORL	12	7,6
- Ortho Sud	12	7,6
- Urologie	17	10,8
- Digestif	18	11,4
- Pédiatrie	18	11,4
<u>Gaz utilisés :</u>		
- Desflurane	114	72,6
- Sevoflurane	43	27,3
- N ₂ O	11	7
DGF < 1L/min	33	21
DGF = 1L/min	42	26,7
DGF > 1L/min	82	52,2
<u>Respirateurs :</u>		
- Zeus (Dräger®)	21	13
- S/5 Avance (GE HealthCare®)	38	24
- Aysis (GE HealthCare®)	1	0,6
- Flow I (Maquet®)	46	29
- Primus (Dräger®)	36	22
- Cato (Dräger®)	2	1,2
- Julian (Dräger®)	12	7,6
- Felix (Taema®)	1	0,6

2.2 Comparaison du DGF moyen au CHUG par rapport au DGF standard de 1L/min

52% des relevés ont révélés que le DGF était supérieur à 1 L/min, 27% égal à 1 L/min, et 21% inférieur à 1 L/min (Erreur ! Source du renvoi introuvable., Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

Figure 2 : Répartition des DGF au CHUG



Après réalisation d'un test de Student, le DGF moyen du CHUG à $1,24 \pm 0,74$ L/min était significativement différent du DGF standard de 1 L/min ($p < 0,05$). Son Intervalle de Confiance (IC_{95}) était compris entre [1,12 – 1,36]. La médiane [1^{er} quartile – 3^{ème} quartile] était de 1,10 L/min [1 – 1,5] (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

Tableau 2 : DGF moyen, médiane, écart-type et IC₉₅ des différentes spécialités

	Nombre	Durée moyenne d'utilisation d'AH (min)	DGF moyen (L / min)	Médiane (1 ^{er} interquartile – 3 ^{ème} interquartile)	Ecart-type	IC ₉₅	p
Thoracique	3	135	1,63	1,2 (1,15 – 1,90)	0,83	2,06 (-0,45 - 3,71)	0,321
Orthopédie Nord	4	102	1,87	1,75 (1,5 – 2,12)	0,47	0,75 (1,11 – 2,64)	0,035
Cardiaque	6	50	1,15	1,05 (1 – 1,17)	0,23	0,24 (0,90 - 1,39)	0,178
Main	6	125	2,20	1,5 (1,5 – 1,5)	1,86	1,95 (0,24 - 4,15)	0,17
Gynéco	7	101	1,50	1,6 (1,25 – 1,70)	0,37	0,34 (1,15 - 1,85)	0,0013
Vasculaire	9	133	1,61	1,3 (1,2 – 2)	0,70	0,54 (1,07 - 2,15)	0,031
Maxillo-faciale	10	153	1,28	1,1 (1 – 1,42)	0,47	0,34 (0,94 - 1,6)	0,096
OPH	11	77	1,81	1,5 (1,15 – 2,50)	0,85	0,57 (1,21 - 3,29)	0,01
Bloc d'Urgence	12	112	1,21	1,05 (1 – 1,50)	0,25	0,16 (1,05 - 1,37)	0,015
Neurochir	12	169	1,20	1,1 (1 – 1,25)	0,30	0,19 (1,01 - 1,39)	0,038
ORL	12	136	1,26	1,2 (1 – 1,42)	0,29	0,18 (1,07 - 1,45)	0,001
Orthopédie Sud	12	56	1,32	1,05 (1 – 1,20)	0,85	0,54 (0,78 - 1,86)	0,215
Urologie	17	149	0,68	0,9 (0,15 – 1)	0,55	0,28 (0,39 - 0,96)	0,032
Digestif	18	137	0,75	0,23 (0,18 – 1)	0,87	0,43 (0,31- 1,18)	0,240
Pédiatrie	18	98	1,12	1 (0,96 – 1,30)	0,27	0,13 (0,98 - 1,26)	0,074
Ensemble des spécialités	157	117 ± 94 (103 – 132)	1,24	1,10 (1 - 1,50)	0,74	0,11 (1,12 - 1,36)	0,00005

2.3 Impact économique et écologique avec un DGF à 1L/min

2.3.1 Impact économique :

Les économies réalisables ont été prises en compte à partir de la formule de Dion qui a été appliquée sur les données de l'audit (13).

La formule PFTMC/2412d prend en compte les éléments suivants :

- P : concentration réglée sur l'évaporateur (%)
- F : Débit de gaz frais (L/min)
- T : temps d'anesthésie (min)
- M : masse moléculaire de l'halogéné (g)
- C : coût de l'halogéné (€/ml)
- d : densité de l'halogéné (g/ml)
- 2412 : volume molaire à une température de 21°C

Ainsi, avec un DGF à 1 L/min, le pourcentage d'économie réalisable pour le desflurane a été estimé à 27%. Appliqué à la commande annuelle cela aurait pu permettre une réduction des coûts du desflurane à hauteur de 55 090 €/an (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Pour le sevoflurane, le pourcentage d'économie a été estimé à 26%. Cela aurait pu permettre une réduction des coûts du sevoflurane à hauteur de 19 371 €/an (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Avec DGF = 1 L/min, le CHUG aurait donc pu réaliser une économie de 74 461 €/an sur les commandes d'AH (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 3 : Estimation économies réalisables

	Coût desflurane (€)	Coût sevoflurane (€)	Coût total AH (€)
Sur audit :			
DGF réel relevé	1625	284	1909
DGF = 1 L/min	1189	211	1400
Economie réalisable	436 (27 %)	72 (26 %)	509 (27 %)
Sur l'année :			
Commande 2013	205 202	75631	280 833

2.3.2 Impact écologique :

L'estimation de l'impact écologique a été réalisée à partir du nombre de flacons d'AH commandés par le CHUG et transformé en CDE₂₀.

Le CDE₂₀ est déterminé par la formule suivante :

$$CDE_{20} = \text{anes (g/an)} \times \text{anes GWP}_{20}$$

$$\text{anes (g/an)} = [(\text{anes L/an}) / (24 \text{ L/mol})] \times M$$

- anes (gr/an) : Gaz anesthésique (gr/an)
- anes (L/an) : Gaz anesthésique (L/an) épargné
- M : Masse moléculaire (gr/mol)
- GWP₂₀ : Potentiel de réchauffement global à 20 ans pour l'AH concerné.

En appliquant l'estimation de 27% d'économie réalisables sur la commande de desflurane cela aurait permis de réduire de 678 flacons la commande annuelle. Il aurait été ainsi possible de réduire le CDE₂₀ de 4234 kg/an c'est-à-dire ce que rejette un des SUV les plus vendu en France lorsqu'il effectue 29000 km (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

En appliquant l'estimation de 26% d'économie réalisables sur la commande de sevoflurane, cela aurait permis de réduire de 210 flacons la commande annuelle. Il aurait été ainsi possible de réduire le CDE₂₀ de 152 kg/an c'est-à-dire ce que rejette un des SUV les plus vendu en France lorsqu'il effectue 1046km (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 4 : Estimation impact écologique

	Desflurane	Sevoflurane	Total AH
<u>Nb de flacons :</u>			
Commande 2013	2528	820	3348
Economie réalisable	678	210	888
<u>Impact écologique :</u>			
CDE20 (Kg/an)	4234	152	4386
Equivalent en Km d'un SUV*	29 000	1046	30 046

* SUV = Sport Utility Vehicle

2.4 DGF moyen des respirateurs sur le CHUG

Avec un DGF moyen de $0,38 \pm 0,64$ L/min, et une médiane à 0,18 L/min [0,09 – 0,68], le respirateur Dräger Zeus, était le modèle dont le DGF moyen était le plus bas de l'audit ($p < 0,005$) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable., Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le DGF n'était pas réglé manuellement sur ce respirateur puisqu'il fonctionne en mode asservi. Les 3 respirateurs suivants : Flow I (Maquet®), S/5 Avance (GE HealthCare®) et le Primus (Dräger®) avaient un DGF moyen significativement différent de 1 L/min ($p < 0,005$) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable., Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ces derniers quant à eux ont un DGF qui était réglé manuellement.

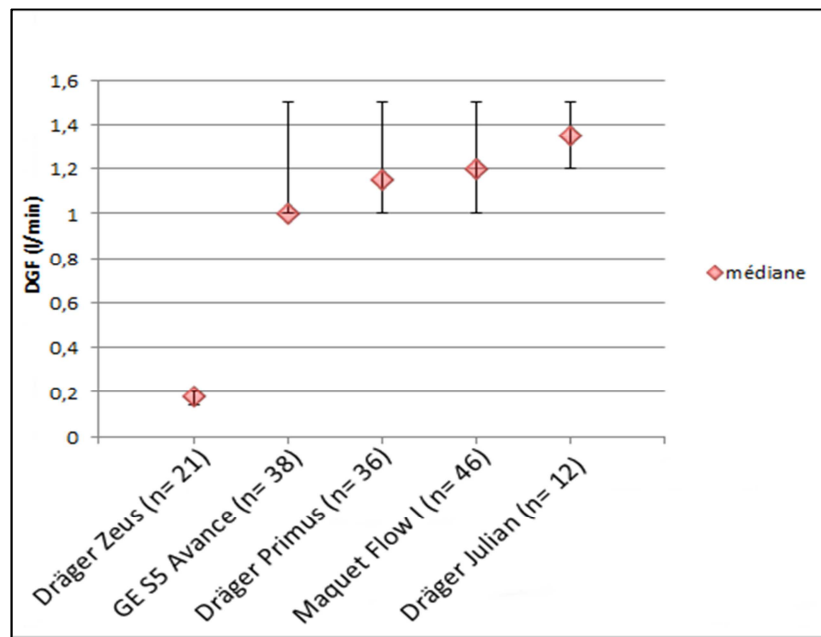


Figure 3 : Médiane et interquartiles selon les relevés de DGF des différents respirateurs

Tableau 5 : DGF moyen, médiane, écart-type et IC₉₅ des différents respirateurs

	Nombre de relevés	DGF moyen (L / min)	Médiane	Ecart-type	IC₉₅	p
Zeus (Dräger®)	21	0,38	0,18	0,64	0,29 (0,09-0,68)	0,0003
S/5 Avance (GE HealthCare®)	38	1,22	1	0,31	0,10 (1,11-1,32)	0,0001
Aysis (GE HealthCare®)	1	0,50	0,50	NA	NA	NA
Flow I (Maquet®)	46	1,37	1,2	0,56	0,16 (1,20-1,54)	0,00006
Primus (Dräger®)	36	1,38	1,15	0,56	0,19 (1,19-1,57)	0,0002
Cato (Dräger®)	2	1,50	1,5	0,70	NA	NA
Julian (Dräger®)	12	1,90	1,35	1,51	0,96 (0,95-2,87)	0,06
Felix (Taema®)	1	2	2	NA	NA	NA
Ensemble des respirateurs	157	1,24	1,10 (1 - 1,50)	0,74	0,11 (1,12-1,36)	0,00005

3 DISCUSSION

L'originalité de cette recherche réside dans la réalisation, au sein des blocs opératoires d'un CHU, d'une estimation non seulement de l'impact économique mais aussi écologique des halogénés lors de la réduction du DGF.

L'audit a montré qu'un peu plus de 50 % des relevés de DGF étaient supérieurs à 1L/min avec un DGF moyen à $1,24 \pm 0,74$ L/min.

La formule de DION, utilisée dans le calcul des coûts de l'anesthésie inhalée a, quant à elle, montré que le CHUG aurait pu réaliser une économie annuelle de 74 461 € si le DGF avait été réduit à 1 L/min. Soit l'amortissement, en moins d'un an, d'un respirateur de dernière génération tel que le Zeus (Dräger®).

Au niveau écologique, les résultats montrent qu'avec un DGF à 1 L/min, il aurait été possible de réduire le CDE₂₀ de 4387 kg/an soit 30 000 km parcourus avec un SUV (véhicule type 4 X 4). L'utilisation majoritaire du desflurane au CHUG, qui a un PRG₂₀ de 91% supérieur à celui du sevoflurane, renforce cet impact environnemental. Néanmoins, les résultats de l'utilisation du N₂O sont encourageants (anesthésique le plus polluant et impactant au niveau de la couche d'ozone), puisqu'il n'est associé à l'anesthésie inhalée que dans 7% des relevés au CHUG.

Au niveau des respirateurs, seulement 13% des relevés provenaient d'un modèle fonctionnant en mode asservi (Tableau 1). Il est intéressant de se pencher sur le DGF moyen de ce type de respirateur puisqu'il est de $0,38 \pm 0,64$ L/min (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les autres relevés de DGF effectués sur des respirateurs fonctionnant avec des réglages manuels montrent que le DGF était supérieur à 1 L/min ($p < 0,005$) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Le test de Student a montré que le DGF moyen du CHUG était significativement différent du DGF standard de 1L/min (IC₉₅ [1,12 – 1,36], $p < 0,005$). La médiane indique que 50% des valeurs se situent au-dessus de 1,10 L/min. Cependant, la distribution des différents DGF ne suivait pas une loi normale. Les résultats sont donc à interpréter avec prudence car ils ne permettent pas de remplir l'ensemble des conditions d'application du test.

Les coûts de l'anesthésie inhalée ont possiblement été sous-estimés avec l'utilisation de la formule de DION (14). Si on reprend cette formule : $PFTMC/2412d$ (13), le dénominateur 2412 correspond au volume molaire à une température de 21°C. Or, toutes les salles d'intervention ne sont pas réglées à cette température et le volume molaire pourrait donc varier.

Le pourcentage d'économie réalisable sur le sevoflurane est probablement à revoir à la baisse. En effet, 60% des commandes annuelles sur le CHUG sont effectuées par la pédiatrie. Or, l'audit s'est déroulé en phase d'entretien de l'anesthésie. La phase d'induction où la plus grande consommation de sevoflurane est réalisée n'a donc pas été prise en compte.

L'utilisation principale du desflurane au CHUG nous amène à revoir ses critères de choix et reconsidérer ceux du sevoflurane afin de limiter l'impact environnemental dont il est responsable. Quant au N₂O, seule la période d'entretien de l'anesthésie a été auditée. Les 7% qui ont été relevés ne tiennent donc pas compte de son utilisation seule.

Lors de l'audit, il est à noter que de nouveaux respirateurs de dernière génération, tel que le Zeus (Dräger®), venaient d'être mis en circulation. Probablement que son fonctionnement en mode asservi a eu des répercussions sur le DGF moyen du CHUG. Avec un DGF moyen de 0,38 L/min, ce modèle de respirateur montre qu'il serait possible de renforcer les objectifs de réductions tant économiques qu'écologiques puisqu'il s'avère plus bas que le DGF standard à 1 L/min ; cela maximiserait alors nos objectifs.

Les inquiétudes sur la consommation de chaux sodée sur ce type de respirateur ne seraient pas fondées puisqu'il n'entraînerait pas de surconsommation (15).

Par ailleurs, quatre facteurs limitant la réduction du DGF sont à prendre en compte :

- Le « syndrome du lundi matin » (11):

La dégradation des AH par la chaux sodée peut conduire à une production de monoxyde de carbone (CO) suite au dessèchement de la chaux après avoir maintenu un DGF continu et prolongé sur un circuit déconnecté du patient. Cette réaction est plus marquée avec la chaux barytée (non utilisée en France) et avec le desflurane. On peut se demander si ce risque est toujours d'actualité avec les respirateurs de dernière génération qui associe un débitmètre à réglage électronique et des alarmes de déconnexion empêchant le maintien d'un DGF avec un circuit déconnecté du patient. En effet, seuls les anciens modèles fonctionnant avec un débitmètre à réglage manuel dissocié des alarmes pourraient être source d'erreurs.

- La consommation en oxygène du patient (VO_2) :

Un réglage des alarmes de la Fraction Expirée d'Oxygène (FeO_2) et de la Fraction Inspirée d'Oxygène (FiO_2) doit permettre d'être alerté d'une insuffisance d'apport d' O_2 au patient et ainsi adapter manuellement FiO_2 et DGF. Le respirateur Zeus (Dräger®) calcule la VO_2 du patient et adapte ainsi le DGF et la FiO_2 en fonction de la cible réglée.

- La formation de composé A :

Sa toxicité a été démontrée uniquement avec le sevoflurane et surtout avec de la chaux barytée sur des études faites exclusivement sur le rat. La méthode d'élimination étant différente entre l'homme et le rat, il n'existe pas de conclusion formelle à l'heure actuelle pour contre-indiquer l'utilisation de sevoflurane (16).

- Les fuites sur le circuit du respirateur :

La réalisation de test de façon journalière permet de quantifier les fuites présentes sur le circuit et ainsi d'adapter le DGF afin de compenser celles-ci.

Une solution innovante existe déjà au Canada et sera bientôt commercialisée aux Etats Unis (17). Elle permet de capturer les gaz anesthésiques dans une boîte filtrante, le Deltasorb®, et empêcher ainsi leur évacuation dans l'atmosphère (5) (18). Les gaz capturés peuvent être traités et purifiés selon les normes médicales permettant ainsi leur réutilisation sous forme générique (19).

Après contact avec la société de distribution, son introduction en Europe n'est pas encore d'actualité mais reste une opportunité intéressante du point du vue écologique par rapport au rejet des gaz anesthésiques dans l'atmosphère.

CONCLUSION

Le réglage d'un DGF supérieur à 1 L/min a montré l'impact majeur tant au niveau économique qu'écologique. Sa réduction constitue une des opportunités les plus réalisables à l'heure actuelle, sans investissement nécessaire.

Cependant à ce jour, la production de CO reste un facteur limitant dans la réduction du DGF. L'évaluation des risques potentiels avec les respirateurs actuels pourrait permettre d'optimiser de façon plus importante le DGF et ainsi réduire d'autant l'impact écologique et économique.

ANNEXES

Annexe I : Grille d'observation de l'audit

OBSERVATEUR :	DATE ET HEURE :	SPECIALITE DU BLOC :									
<u>Type d'intervention :</u>	<u>Durée d'intervention :</u>										
<u>Opérateur :</u>											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>FONCTION :</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> MAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> IADE</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> DESAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> EIADE</td> </tr> </table>			FONCTION :	<input type="checkbox"/> MAR	<input type="checkbox"/> IADE	<input type="checkbox"/> DESAR	<input type="checkbox"/> EIADE				
FONCTION :											
<input type="checkbox"/> MAR											
<input type="checkbox"/> IADE											
<input type="checkbox"/> DESAR											
<input type="checkbox"/> EIADE											
<u>Stations d'Anesthésie :</u>											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">MODELE DU RESPIRATEUR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Dräger Julian</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Dräger Cato</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Dräger Primus</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> GE Healthcare S5 Avance</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> GE Healthcare Aysis</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Taema Felix</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Maquet Flow I</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Dräger Zeus</td> </tr> </table>			MODELE DU RESPIRATEUR	<input type="checkbox"/> Dräger Julian	<input type="checkbox"/> Dräger Cato	<input type="checkbox"/> Dräger Primus	<input type="checkbox"/> GE Healthcare S5 Avance	<input type="checkbox"/> GE Healthcare Aysis	<input type="checkbox"/> Taema Felix	<input type="checkbox"/> Maquet Flow I	<input type="checkbox"/> Dräger Zeus
MODELE DU RESPIRATEUR											
<input type="checkbox"/> Dräger Julian											
<input type="checkbox"/> Dräger Cato											
<input type="checkbox"/> Dräger Primus											
<input type="checkbox"/> GE Healthcare S5 Avance											
<input type="checkbox"/> GE Healthcare Aysis											
<input type="checkbox"/> Taema Felix											
<input type="checkbox"/> Maquet Flow I											
<input type="checkbox"/> Dräger Zeus											
<u>TIVA</u> : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		<u>Association N₂O</u> : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non									
<u>Gaz utilisé + Concentration :</u>											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">HALOGENE UTILISE :</td> <td style="text-align: center;">CONCENTRATION RELEVÉE SUR CUVE :</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> SEVORANE</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> DESFLURANE</td> <td></td> </tr> </table>		HALOGENE UTILISE :	CONCENTRATION RELEVÉE SUR CUVE :	<input type="checkbox"/> SEVORANE		<input type="checkbox"/> DESFLURANE					
HALOGENE UTILISE :	CONCENTRATION RELEVÉE SUR CUVE :										
<input type="checkbox"/> SEVORANE											
<input type="checkbox"/> DESFLURANE											
<u>Débit de gaz frais :</u>											
<input type="checkbox"/> < 1L/mn :											
<input type="checkbox"/> = 1L/mn :											
<input type="checkbox"/> > 1L/mn :											

Correspondence

The cost of anaesthetic vapours

To the Editor:

Increasingly, we find ourselves having to justify the cost of our anaesthetic drugs. Although it is easy to obtain the cost of a vial of fentanyl or propofol the cost of inhalation anaesthetics is more elusive. Herein is provided a formula to calculate these costs.

The cost in dollars is $\frac{PFTMC}{2412 d}$

where M, C, and d are agent specific and are defined:

		Halothane	Enflurane	Isoflurane
Molecular weight (g)	M	197.4	184.4	184.4
Cost (\$ · ml ⁻¹)	C	0.069	0.5	0.86
Density (g · ml ⁻¹)	d	1.87	1.52	1.50

The three other variables are the vaporizer concentration, (%) P, the fresh gas flow, F (L · min⁻¹), and the duration of anaesthesia, T (min). The formula can be simplified to:

Cost (\$) = PFT/331 for halothane at \$ 17.25/200 ml
 = PFT/39 for enflurane at \$126.00/250 ml
 = PFT/23 for isoflurane at \$ 86.00/100 ml

Example: a 45 min anaesthetic, with 0.75% enflurane and oxygen and nitrous oxide at 2 and 4 L · min⁻¹ costs 0.75 × 6 × 45/39 = \$5.19.

This calculation assumes the gases are delivered from the machine at an atmospheric density corresponding to 21° C and explains the factor 2412 in the formula. At 0° C, the number 2240 would be used, corresponding to the molar volume of a gas of 22.4 L.

Peter Dion MD PhD FRCP
 St. Catharines General Hospital
 Ontario.

Spinal catheter does not reduce post-dural puncture headache after Caesarean section

To the Editor:

The purpose of the following study was to determine whether the incidence of PDPH after Caesarean section could be reduced by keeping a 28G spinal catheter in place for 24 hr. In 32 patients a 22G needle (Quincke, Beckton-Dickinson) was introduced between the L₃-L₄ or L₄-L₅ vertebrae. A 28G spinal polyurethane catheter (Preferred Medical Products, Toronto, Canada) was introduced two to three cm into the subarachnoid space through the needle, after which the needle was removed and local anaesthetics were injected in increasing amounts to reach a sufficient level of anaesthesia. The patients were randomly assigned to have the catheter removed immediately after surgery (Group 1), or 24 hr later (Group 2). The measured variables are reported in the Table. Statistical analyses were done using the Student t test and the ANOVA for parametric data and the Chi-Square test and Mann Whitney test were used for the non-parametric values. Statistical significance was defined at a P ≤ 0.05.

Twenty four hr catheterization of the subarachnoid space did not reduce the incidence of headache associated with spinal anaesthesia in pregnant patients. Our data do not confirm previous data and do not support the hypothesis that the local inflammatory reaction of the dura caused by the catheter, with oedema and fibrinous exudate, will seal the hole when the catheter is removed.¹ If spinal catheters produce inflammation in humans as they do in

TABLE

	Group 1 No. 17 catheter removed directly after surgery	Group 2 No. 15 catheter removed 24 hr later
Mean age	29 ± 0.8	32 ± 1.4
Mean weight (kg)	76 ± 5.5	79 ± 7.7
Total anaesthetic (ml)	1.9 ± 0.5	2.3 ± 0.2
Patient with previous c/s	17 (65%)	12/15 (80%)
Post-spinal headache	6/17 (35.2%)	6/15 (40%)
Mean duration of PDPH (hr)	46 ± 7	57 ± 9
Blood patch (no. of patients)	5	3

Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics

where Anes = anesthetic drug (desflurane, isoflurane, or sevoflurane); 1 MAC = 6% for desflurane, 1.2% for isoflurane, and 2% for sevoflurane; molecular mass = 168 for desflurane, 184.5 for isoflurane, and 200 for sevoflurane.

The total mass of each inhaled anesthetic was then multiplied by its calculated GWP₂₀ to provide a weighted comparison between individual anesthetics and various FGF rates:

$$\text{Anes (g/h)} \times \text{Anes GWP}_{20} = \text{Anes CDE}_{20} \text{ (g/h)}$$

For sevoflurane, calculations were limited to 2 L FGF because there is controversy concerning impact on renal function at lower flows.¹⁴ The CDE₂₀ of sevoflurane at 2 L FGF was then used as a reference. Comparison to a second inhaled anesthetic at several different FGF rates was expressed as a ratio (relative CDE₂₀).

Similar calculations for CDE₂₀ and CDE₁₀₀ were performed for each of the 3 inhaled anesthetics, assuming 60% N₂O/40% oxygen (O₂) mixture in the FGF. The percent anesthetic delivered of desflurane, isoflurane, and sevoflurane was reduced by 60% to preserve the total of approximately 1 MAC of delivered anesthetic gases (N₂O + volatile anesthetic). For N₂O, a molecular mass of 44 was used, and a GWP₂₀ of 289.¹⁵ These calculations assumed no degradation or metabolism, delivered amount of anesthetic to approximate 1 MAC for a 20- to 40-year-old adult at steady-state conditions, temperature of 20°C, similar patient variables, 1 hour of anesthetic delivery, and 2 L of FGF. The CDE₂₀ values, with and without N₂O, were compared for each inhaled anesthetic and expressed as a ratio.

RESULTS

Infrared spectra of the anesthetics are reported and illustrated in the online supplemental material (<http://links.lww.com/AA/A150>). Spectra results and estimated atmospheric lifetimes of the anesthetics were then used to calculate the GWP₂₀ of the inhaled anesthetics. Table 1 provides the tropospheric lifetime and GWP₂₀ values for sevoflurane, isoflurane, and desflurane. Sevoflurane has the shortest lifetime (1.2 years) and lowest GWP₂₀; isoflurane is intermediate (3.6 years) and desflurane has the longest lifetime (10 years) and highest GWP₂₀. GWPs for other time horizons may be found in the online supplemental material (<http://links.lww.com/AA/A150>).

The GWP₂₀ of each anesthetic was then applied to clinical anesthetic use. Table 2 compares the quantities of 1 MAC each of desflurane, isoflurane, and sevoflurane released into the atmosphere per hour of delivery, and weights each result by the GWP₂₀. The resulting CDE₂₀ values allow comparison of the global warming impact of each gas. For equivalent FGF at 2 L/min, isoflurane results in the lowest amount of anesthetic used in grams per hour and desflurane results in the highest because of potency differences. However, for equivalent FGF, when weighted by GWP and expressed as CDE₂₀, sevoflurane results in the lowest CDE₂₀, isoflurane results in twice the sevoflurane CDE₂₀, and desflurane in 26.8 times the sevoflurane CDE₂₀. Desflurane has approximately 26 and 13 times the global warming impact of sevoflurane and isoflurane, respectively, when all are used at 2 L FGF.

Table 1. Tropospheric Lifetime and 20-Year Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics

Compound	Lifetime (y)	GWP ₂₀
Carbon dioxide ¹⁵		1
Sevoflurane	1.2	349
Isoflurane	3.6	1401
Desflurane	10	3714
Nitrous oxide ¹⁵	114	289

GWP₂₀ = 20-year global warming potential.

Table 2. Comparison of Global Warming Impact of Frequently Used Inhaled Anesthetics per MAC-Hour of Use at Various Fresh Gas Flows

FGF (L/min)	Grams/hour	GWP ₂₀	CDE ₂₀ (g/h)	Ratio CDE ₂₀
2% sevoflurane				
2	20.0	349	6980	1
1.2% isoflurane				
0.5	2.8	1401	3881	0.6
1	5.5	1401	7762	1.1
2	11.1	1401	15,551	2.2
6% desflurane				
0.5	12.6	3714	46,796	6.7
1	25.2	3714	93,593	13.4
2	50.4	3714	187,186	26.8

MAC = minimal alveolar concentration; GWP₂₀ = 20-year global warming potential; CDE₂₀ = 20-year carbon dioxide equivalent.

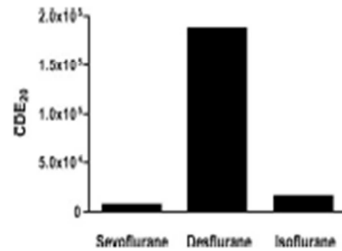



Figure 1. Relative global warming impact of 1 MAC-hour of 3 inhaled anesthetics at 2 L fresh gas flow. CDE₂₀ = 20-year carbon dioxide equivalent (in grams).

Table 2 also compares the CDE₂₀ values at 1.0 and 0.5 L/min FGF, because isoflurane¹⁶ and desflurane may often be used at lower flows. Compared with sevoflurane at 2 L/min, isoflurane has an approximately equivalent CDE₂₀ at 1 L/min. When desflurane at 1.0 and 0.5 L/min is compared with sevoflurane at 2 L/min, the CDE₂₀ of desflurane is still 13.4 and 6.7 times higher, respectively. These results illustrate that isoflurane, used at very low flows, has the least global warming impact of the 3 gases, but does not differ much from sevoflurane. Desflurane, at any flow, has a greater global warming impact than either sevoflurane or isoflurane.

The total CDE₂₀ difference between the anesthetics for 1 MAC-hour and equivalent FGF is illustrated in Figure 1, again showing that desflurane has a much greater impact than sevoflurane or isoflurane. Because these relationships are linear, this same relative difference will exist at higher flows (as may be used at the beginning of a case to establish a level of anesthesia) or longer periods of use.

Annexe IV : Nombre d'anesthésies au CHUG en 2013

 **Act ANES 016 Activite Anesthesie Etablissement**

Dernier rafraichissement de la base Infocentre : le 15/02/2014 à 02:32

Cumul sur l'année 2013 (du 1 janvier au 31 décembre)

Nombre d'anesthésies	2012			2013			Evolution 2012-2013	
	Total	Dont ACHA	% ACHA	Total	Dont ACHA	% ACHA	Total	ACHA
Blocs opératoires								
Total Etablissement	30004	5347	17,821%	30261	6128	20,25%	0,857%	14,606%
P09 : POLE COUPLE ENFANT	9339	2067	22,13 %	10011	2398	23,95 %	7,20 %	16,01 %
MT20 : GESTION DES BLOCS HCE	9339	2067	22,13 %	10011	2398	23,95 %	7,20 %	16,01 %
4500 - BLOC CHIR PEDIATRIQUE	3063	1004	32,78 %	3528	1186	33,62 %	15,18 %	18,13 %
4510 - BLOC CHIR GYNECOLOGIE HCE	3665	1063	29,00 %	3861	1212	31,39 %	5,35 %	14,02 %
4519 - BLOC OBSTETRICAL HCE	2611	0	0,00 %	2622	0	0,00 %	0,42 %	0,00 %
UM37 : OBSTETRIQUE NORD	0	0	0,00 %	0	0	0,00 %	0,00 %	0,00 %
9761 - BLOC OBSTETRICAL HCE	0	0	0,00 %	0	0	0,00 %	0,00 %	0,00 %
P11 : POLE LOCO REEDUC PHYSIO	3836	739	19,26 %	3692	808	21,89 %	-3,75 %	9,34 %
GR76 : ORTHOPEDIE TRAUMATOLOGIE	3836	739	19,26 %	3692	808	21,89 %	-3,75 %	9,34 %
4039 - BLOC ORTHOPEDIE SUD	3836	739	19,26 %	3692	808	21,89 %	-3,75 %	9,34 %
P18 : POLE GESTION BLOCS	16829	2541	15,10 %	16558	2922	17,65 %	-1,61 %	14,99 %
MT15 : BLOCS OPERATOIRES	16829	2541	15,10 %	16558	2922	17,65 %	-1,61 %	14,99 %
2320 - BLOC CHIR DIGEST URGENCE	1370	278	20,29 %	977	190	19,45 %	-28,69 %	-31,65 %
3931 - BLOC CHIR PLASTIQUE MAIN	1397	758	54,26 %	1452	872	60,06 %	3,94 %	15,04 %
3935 - BLOC CHIRURGIE CARDIAQUE	1674	1	0,06 %	1677	1	0,06 %	0,18 %	0,00 %
3962 - BLOC OPHTALMOLOGIE	1820	628	34,51 %	2071	913	44,08 %	13,79 %	45,38 %
3979 - BLOC ORL	1169	232	19,85 %	769	223	29,00 %	-34,22 %	-3,88 %
3994 - BLOC CHIR MAXILLO FACIALE	1283	382	29,77 %	1164	291	25,00 %	-9,28 %	-23,82 %
4006 - BLOC UROLOGIE	1228	72	5,86 %	1367	147	10,75 %	11,32 %	104,17 %
4029 - BLOC ORTHOPEDIE	678	91	13,42 %	671	129	19,23 %	-1,03 %	41,76 %
4048 - BLOC NEURO-CHIRURGIE	1066	1	0,09 %	1058	2	0,19 %	-0,75 %	100,00 %
4666 - BLOC VASCULAIRE THORACIQU	1911	96	5,02 %	1834	151	8,23 %	-4,03 %	57,29 %
4683 - BLOC DES URGENCES	3233	2	0,06 %	3515	3	0,09 %	8,72 %	50,00 %
9764 - BLOC TRAUMATO SUD	0	0	0,00 %	3	0	0,00 %		0,00 %

Annexe V : Consommation des AH au CHUG en 2013

		2013		pu
		Quant	Valeur	
SEVORANE 250ML SOL	0032380	820	75 631,02	92,23 €
SUPRANE 362G/240ML SOL PR INH	0032250	2528	205 202,18	81,17 €
Somme :			280 833,20	

BIBLIOGRAPHIE

1. Debaene B. *Applications cliniques de la pharmacologie des agents anesthésiques inhalés*. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. 2002. p.13 – 124.
2. Feiss P. *Coût de l'anesthésie*. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. 1996 ; p.151 – 9.
3. Odin I, Feiss P. *Low flow and economics of inhalational anaesthesia*. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. 2005 Sep ; 19(3): p.399–413.
4. Hönemann C, Hagemann O, Doll D. *Inhalational anaesthesia with low fresh gas flow*. Indian J Anaesth; 2013; 57: p.345–50.
5. Colavolpe J-C, François N. *Exposition professionnelle au protoxyde d'azote et aux vapeurs anesthésiques. Conséquences pour la santé et l'environnement*. Prévention. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. 2006; 36(402): p.1 – 15.
6. Ryan SM, Nielsen CJ. *Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics: Application to Clinical Use*. Anesth Analg. 2010 Jun; 111: p. 92–8.
7. Ryan S, Sherman J. *Sustainable Anesthesia*. Anesth Analg. 2012 May; 114(5): p.921–3.
8. P. Richebé, Pfeiff R, Simonnet G, Janvier G. *Faut-il supprimer le protoxyde d'azote au bloc opératoire ?*. Elsevier Masson. 2006; p.133 – 155.
9. Feldman JM. *Managing Fresh Gas Flow to Reduce Environmental Contamination*. Anesth Analg. 2012 May; 114(5): p.1093–101.
10. Baxter AD. *Low and minimal flow inhalational anaesthesia*. Can J Anaesth J Can Anesth. 1997; p.643–53.
11. Beaulieu P, Nathan-Denizot N, Feiss P. *Appareils d'anesthésie*. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. 2013 Jul; 10(3): p.1 – 26.
12. Shine KP. *Climate effect of inhaled anaesthetics*. Br J Anaesth. 2010 Nov 16; 105(6): p.731–3.
13. Dion P. *The cost of anaesthetic vapours*. Can J Anaesth J Can Anesth. 1992 Jul; 39(6): p.633.
14. Trikha A, Sinha R, Borle A, Singh P. *Measurement of consumption of sevoflurane for short pediatric anesthetic procedures : Comparison between Dion's method and Dräger algorithm*. J Anaesthesiol Clin Pharmacol. 2013; 29: p.516 – 520.
15. Laveau T, Recchia C, Carry P-Y, Piriou V. *Étude comparative de consommation en chaux sodée selon les respirateurs*. Ann Fr Anesth Réanimation. 2013 Sep; 32: A415.
16. Nathan-Denizot N. *Toxicité des halogénés*. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. 2009; p.53–69.
17. Nouveau partenariat avec Blue-Zone pour une administration plus écologique et plus propre de l'anesthésie | Spacelabs Healthcare Spacelabs Healthcare [En ligne]. <http://www.spacelabshealthcare.com/fr/nouveau-partenariat-avec-blue-zone-pour-une-administration-plus-ecologique-et-plus-propre-de-lanesthesie#.U67ul152xLI>. Consulté le : 29 mars 2014.
18. Deltasorb® - Anesthetic Collection Service [En ligne]. <http://www.bluezone.ca/>. Consulté le : 25 septembre 2013.
19. SDTC_Blue-Zone Technologies [En ligne]. http://www.sdtc.ca/uploads/documents/fr/histoiresdereussite/SDTC_Blue-Zone%20Technologies%20Ltd_Fr_WEB_V2_160210.pdf. Consulté le : 29 mars 2014.

SUMMARY AND KEYWORDS

Background :

The present economic and ecological trends lead us to try to optimize the costs and to decrease the pollution engendered by our anesthesia activity without losing in efficiency. By identifying the mean Fresh Gas Flow (FGF) at Grenoble Hospital, we will estimate the costs and the ecological impact in order to reduce gas consumption during maintenance.

Material and Methods :

We carried out a practice audit during maintenance. The observations were made for 2 months in 38 operating rooms. The main objective based on the difference between the mean FGF and a standard FGF at 1L/min (Test of Student). The FGF was compared between the different type of respirator. DION's formula was used in order to have the economic potential savings and the ecological savings was expressed in equivalent carbon with the Global Warming Potential for Grenoble Hospital.

Results :

In 157 observations, the mean FGF was 1,24L/min \pm 0,74. With DION's formula, the estimated savings, were 27 % for desflurane and 26 % for sevoflurane wether 74400€/year. The CDE20 estimated for sevoflurane was 152 kg/year and for desflurane of 4234 kg/year wether 4300 kg of equivalent carbon. 8 respirators were identified, Zeus (Dräger) was the most efficient with a mean FGF at 0,38 L/min due to a target control anesthesia.

Conclusion :

With a standard FGF at 1L/min and last generation respirators both major economic and ecological impacts were demonstrated. FGF lowering is limited by carbon monoxide production therefore assessing risks with actual respirators could help optimize economic and ecological impact.

Key words : Anesthetic gas, Fresh Gas Flow, economic, ecological, saving.

RESUME ET MOTS-CLES

Introduction :

Le contexte économique et écologique nous amène à optimiser les coûts et réduire la pollution liée à notre activité en anesthésie. Les objectifs de cette étude étaient d'identifier les débits de gaz frais (DGF) moyens au CHU de Grenoble, d'estimer les coûts et l'impact écologique et la possibilité de les réduire lors de l'utilisation des gaz halogénés.

Matériel et Méthodes :

Réalisation d'un audit de pratique, en période d'entretien de l'anesthésie dans 38 blocs opératoires. Le critère de jugement principal reposait sur la différence entre le DGF moyen du CHUG et un DGF standard de 1L/min (Test de Student). La formule de DION a été utilisée dans le calcul des économies réalisables pour le CHUG. Les DGF ont été comparés selon le modèle de respirateur. L'épargne écologique s'est appuyée sur la quantité de gaz pouvant être annuellement économisée et a été exprimée en équivalent carbone (CDE20) via le « Global Warming Potential » (GWP20).

Résultats :

Sur 157 observations, le DGF moyen était de 1,24 L/min \pm 0,74, médiane à 1,10 L/min. Les économies réalisables, étaient de 27% pour le desflurane et 26% pour le sevoflurane soit 74400 €/an. Le CDE₂₀ estimé pour le sevoflurane était de 152 kg/an et pour le desflurane de 4234 kg/an soit 30 000km en SUV. Huit respirateurs ont été identifiés dont le Zeus (Dräger®) fonctionnant en mode asservi avec un DGF moyen le plus bas du CHUG à 0,38 L/min ($p = 0,0003$).

Conclusion :

L'association d'un DGF standard à 1L/min et l'utilisation de respirateurs de dernière génération travaillant en mode asservi a montré l'impact majeur tant au niveau économique qu'écologique. La production de CO étant un facteur limitant la réduction du DGF, il paraîtrait donc intéressant d'évaluer les risques potentiels avec les respirateurs actuels, afin d'optimiser l'impact économique et écologique.

Mots clés : Halogénés, Débit de gaz frais, impact économique, impact écologique, économie.