

**UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE - LILLE 2  
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG**

**THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN MEDECINE**

**IMPACT MEDICOECONOMIQUE DU MODULE ET CONTROL®  
D'ASSERVISSEMENT DE L'ADMINISTRATION DES HALOGENES DU  
RESPIRATEUR AISYS® (GE)**

**Présentée et soutenue publiquement le 08 février 2013  
Au Pôle Recherche de la Faculté**

**Par Elsie DIEU**

**Jury :**

**Président :**

**Monsieur le Professeur Benoît VALLET**

**Assesseurs :**

**Monsieur le Professeur Benoît TAVERNIER**

**Monsieur le Professeur Gilles LEBUFFE**

**Directeur de thèse :**

**Monsieur le Docteur Grégoire ANDRIEU**

# TABLE DES MATIERES:

INTRODUCTION.....	6
MATERIELS ET METHODE.....	10
1. Matériels .....	10
2. Objectifs .....	13
3. Méthodes .....	13
3.1 : recueil et analyse des données.....	13
3.2 : analyse statistique .....	17
RESULTATS.....	18
1. Caractéristiques démographiques de la population .....	18
2. Protocoles anesthésiques .....	20
3. Interventions réalisées .....	21
4. Anesthésiques intraveineux.....	22
5. Anesthésiques locorégionaux.....	24
6. Equilibre hémodynamique.....	24
7. Gaz anesthésiques .....	28
7.1 : comparaison des consommations horaires de gaz anesthésiques dans les groupes desflurane.....	28
7.2 : comparaison des consommations horaires de gaz anesthésiques dans les groupes sevoflurane.....	28
8. Délai d'extubation.....	29
DISCUSSION .....	30
1. Economie en halogénés .....	30
2. Economie en air et oxygène.....	32
3. Influence sur les agents anesthésiques intraveineux.....	34
4. Influence sur la diurèse.....	34
5. Impact hémodynamique.....	35
6. Influence sur le délai d'extubation.....	36
7. Charge de travail.....	37
8. Impact de la durée d'intervention .....	38
9. Intérêt direct pour le patient .....	39
10. Attentes environnementales.....	40
11. Attentes économiques.....	40
CONCLUSION.....	42
BIBLIOGRAPHIE.....	43
ANNEXE.....	47

## **INTRODUCTION :**

Le recours aux gaz anesthésiques inhalés dont les gaz halogénés concernerait 70% des anesthésies générales [1]. Les principaux agents halogénés actuellement utilisés en France sont le desflurane et le sévoflurane, administrés par voie inhalatoire lors de l'induction et l'entretien de l'anesthésie. L'évaporation sous forme de gaz de ces agents, disponibles sous forme liquide, nécessite des évaporateurs, reliés au circuit maintenu fermé, avec réinhalation, afin de diminuer la pollution et le surcoût dus à la perte de l'halogéné employé.

L'emploi du desflurane ou du sévoflurane n'est pas indifférent. Le sévoflurane sera employé chez l'enfant pour l'induction inhalatoire, chez l'asthmatique, chez le patient atteint de bronchopathie chronique en raison de sa propriété bronchodilatatrice. Le desflurane, induisant des délais de réveil moins longs en raison de sa faible liposolubilité, sera préféré lors des interventions longues, de la chirurgie bariatrique ou de la chirurgie ambulatoire.

Les effets secondaires liés à l'utilisation des agents halogénés, cardiovasculaires et cérébraux sont connus : la pression artérielle moyenne, le baroréflexe et l'inotropisme sont diminués de façon dose dépendante, la pression intracrânienne, par vasodilatation cérébrale, est augmentée.

Les halogénés augmentent le risque de nausées et vomissements post opératoires, et sont des agents impliqués dans la survenue d'épisodes d'hyperthermie maligne.

La pollution qu'entraînent les agents halogénés à débit de gaz élevé ne semble pas négligeable. Les gaz halogénés auraient une responsabilité dans la destruction de la couche d'ozone [2], ainsi que dans le réchauffement climatique à hauteur de 0.03% en 1999 [3]. Leur contribution pourrait s'accroître en raison de l'absence de limitation de leur utilisation après les accords de Montréal [4]. En effet, la 23<sup>ème</sup> réunion des Parties au protocole de Montréal qui s'est déroulée le 25 novembre 2011 à Bali n'a pas permis de trouver d'accord visant l'interdiction progressive des hydrofluorocarbones. Leur production majeure au Brésil, en Inde et en Chine a constitué un obstacle à l'aboutissement d'un consensus.

Des systèmes automatisés de délivrance en halogénés ont été développés. Leur principe repose sur l'asservissement de l'administration des agents volatils à partir de leur fraction téléexpiratoire. L'intérêt de ces systèmes est de s'affranchir des facteurs modulant la Concentration Alvéolaire Minimale (CAM) et de se baser sur une valeur directement mesurée.

Une étude réalisée en 2008 par Quénet et collaborateurs, à Henri Mondor [5] chez 60 patients montrait que la fraction téléexpiratoire cible était atteinte plus rapidement par l'utilisation d'un surdosage en fraction délivrée d'halogénés malgré un bas débit de gaz frais. La consommation en

desflurane et en sévoflurane était significativement réduite en bas débit de gaz frais, par moindre gaspillage à la phase initiale de l'administration de l'halogéné. Cette épargne en agents volatils concernait tout particulièrement les patients ayant une intervention de longue durée. Il était calculé qu'à haut débit de gaz frais, 87 à 95 % de la dose délivrée était rejetée dans l'atmosphère. Néanmoins, cette technique de surdosage en fraction délivrée induirait 28% d'instabilité hémodynamique et induirait des délais de réveil et d'extubation plus longs.

En 2009, Lortat-Jacob et collaborateurs [6] témoignaient d'un bénéfice clinique et économique à l'utilisation d'un mode asservi de délivrance du desflurane sur le respirateur Zeus® de Dräger®. Ils ne retrouvaient pas de différence en termes d'impact hémodynamique, de retard de réveil ou d'extubation. En revanche, le mode asservi permettait une économie en oxygène et en desflurane, ainsi qu'en temps du fait d'une diminution du nombre nécessaire d'ajustements manuels de la fraction délivrée et du débit de gaz frais.

Le but de notre travail, mené au moyen de quatre groupes d'une trentaine de patients chacun, était de comparer les consommations d'halogénés avec ou sans mode asservi, pour le desflurane et le sévoflurane, de comparer les besoins peropératoires en agents anesthésiques intraveineux ou locorégionaux, et de quantifier les variations hémodynamiques et la nécessité de recours au remplissage vasculaire ou aux vasopresseurs, en

utilisant le module Et Control® , dont le respirateur Aisys® de General Electric® est équipé de manière optionnelle.

## MATERIELS ET METHODE :

### 1. Matériel :

Le but de notre étude était d'évaluer l'impact médicoéconomique du module d'asservissement des halogénés appelé « Et control® ». Ce petit module d'analyse des gaz frais (*figure 1*) analysait en continu les gaz expirés par le patient, en phase téléexpiratoire, ainsi que les gaz émis par le respirateur, et ainsi régulaient leur administration.

Il s'agissait d'un module d'asservissement de la délivrance en halogénés et en oxygène à leur fraction téléexpiratoire cible respective. Commercialisé par la compagnie General Electric Healthcare®, il est adapté, en option, au respirateur de type Aisys®. Il recourt à un évaporateur électronique.

Si le mode asservi était le mode choisi pour la totalité de l'intervention, celui-ci devait être sélectionné avant toute administration de gaz, par la commande « FeT cible » située à côté de l'écran de monitoring de la ventilation (*figure 2*). Le poids et l'âge du patient devaient également être renseignés. Ainsi y apparaissent la FeT O<sub>2</sub> cible, la FeT AH (Agent halogéné) cible ainsi que le débit minimal de gaz frais (*figure 3*).

**Figure 1 : module d'analyse des gaz**



**Figure 2 : Aisys et commande FeT cible**



**Fet Cible**

La régulation de l'administration des halogénés fait appel à un algorithme à logique variable comparant la valeur cible expirée de l'agent et la valeur



mesurée, en intégrant la fréquence respiratoire, la capnie et la ventilation minute. Cet algorithme entraîne ouverture et fermeture de valves d'entrée et de sortie d'halogénés au niveau du module.

Les fractions délivrées et le débit de gaz frais sont alors ajustés automatiquement afin d'obtenir les fractions téléexpirées cibles.

Le module permettrait donc d'ajuster l'administration de gaz au métabolisme du patient et protègerait du risque d'une hypoxémie inaperçue.

**Figure 3 : affichage continu des fractions expirées et débits de gaz frais**



## **2. Objectifs :**

L'objectif principal de cette étude était de comparer les consommations en halogénés, desflurane et sévoflurane, en utilisant ou non le mode asservi, de connaître et de comparer le gain obtenu entre les deux gaz, et de réaliser une analyse médicoéconomique.

Les objectifs secondaires étaient d'évaluer les effets secondaires connus, notamment hémodynamiques, la nécessité de recourir à davantage d'autres drogues anesthésiques et d'évaluer la rapidité de réveil entre les groupes.

## **3. Méthode :**

Les données peropératoires de 127 patients, de score ASA 1 à 3, d'âge compris entre 15 et 87 ans, et composés de 67 femmes et de 60 hommes, ont été recueillies de manière consécutive, entre juin 2010 et mai 2011, au sein de 2 salles d'interventions chirurgicales du service de chirurgie viscérale de l'hôpital Claude Huriez du Centre Hospitalier Régional et Universitaire de Lille. Quatre groupes ont été analysés : un groupe desflurane témoin constitué de 32 patients, un groupe desflurane asservi (Et control®) constitué de 29 patients, un groupe sévoflurane témoin constitué 30 patients, enfin un groupe sévoflurane asservi (Et control®) constitué de 36 patients.

Les deux blocs opératoires accueillait les mêmes types d'interventions chirurgicales, de patients, et de personnel médical et paramédical de bloc opératoire.

Il s'agissait d'une étude pilote qui ne permettait pas le calcul du nombre de patients.

Les patients nécessitant une anesthésie générale avec une intubation ont été inclus.

Les seuls critères d'exclusion étaient l'absence d'intubation oro-trachéale et la contre-indication aux halogénés.

La prémédication n'a pas été imposée et pouvait contenir benzodiazépines, antihistaminiques ou gabapentine.

Seule la première salle était équipée d'un respirateur disposant d'un module d'asservissement des halogénés et de l'oxygène à la fraction expirée cible.

Le respirateur équipé de ce mode pouvait être utilisé en mode classique, c'est-à-dire en réglant les fractions inspiratoires en oxygène et halogénés, ou en mode « Et control® », c'est-à-dire à objectif de fraction téléexpiratoire en gaz anesthésiques. Le médecin ne déterminait alors plus la fraction inspirée en halogénés et en oxygène mais la fraction expirée en phase téléexpiratoire, monitorée en continu.

Les 127 patients ont bénéficié d'une anesthésie générale avec induction par voie intraveineuse. Le monitoring peropératoire comprenait le monitoring cardiotensionnel, oxymétrique et de curarisation NMT, la capnographie ainsi que l'analyse des fractions inspirées et expirées de gaz anesthésiques. Le monitoring de la profondeur de l'anesthésie et la durée de la préoxygénation n'étaient pas imposés par le protocole.

L'utilisation du protoxyde d'azote n'était pas souhaitée.

Avant utilisation du respirateur, l'âge et le poids étaient enr

### **3.1. Recueil et analyse des données :**

En post opératoire et grâce au système d'informatisation des données per opératoires Diane®, les données anesthésiques telles que la Concentration Alvéolaire Minimale, les doses de morphiniques (sufentanil ou alfentanil), de propofol, de kétamine, de clonidine, d'anesthésiques locaux (ropivacaïne, lidocaïne, mépivacaïne), la réalisation d'une rachianalgésie par morphine ou d'une anesthésie péridurale, ont été recueillies.

De même, les données oxymétriques comprenant la fraction inspirée en oxygène moyenne délivrée, la saturation pulsée en oxygène lors de l'arrivée, de l'induction, de l'incision, de la chute de la pièce opératoire et de l'extubation ont été relevées.

Les paramètres hémodynamiques recueillis étaient la fréquence cardiaque, la pression artérielle systolique, la pression artérielle diastolique lors de l'arrivée, de l'induction, de l'incision, de la chute de pièce opératoire et de l'extubation, les besoins en remplissage macromoléculaire et en éphédrine.

La diurèse a été quantifiée à chaque fois qu'une sonde urinaire était posée. Aucun sondage vésical n'a été réalisé dans ce seul but.

La pression artérielle était monitorée avec une période maximale de 5 minutes. Un épisode hypertensif ou hypotensif était défini respectivement par une élévation ou une diminution de la pression artérielle moyenne de 30% par rapport à la pression artérielle lors de l'installation du patient au bloc opératoire.

Les interventions chirurgicales étaient variées et comprenaient des oesophagectomies, des gastrectomies totales ou partielles, des

duodéno pancréatectomies céphaliques ou spléno pancréatectomies caudales, des hépatectomies, des prostatectomies radicales, des chirurgies de l'endométriose, des colectomies, des chirurgies pariétales, des cholécystectomies, des rétablissements de continuité, des laparotomies exploratrices, des chirurgies de reflux et du diverticule de Zencker ainsi que des thyroïdectomies.

La durée de l'administration des gaz a été définie comme le temps, exprimé en minutes, séparant la préoxygénation de l'extubation.

Un questionnaire vierge (*annexe 1*) était à remplir par l'anesthésiste-réanimateur ou l'infirmier anesthésiste en charge de l'intervention. Les rubriques à compléter comprenaient le nom, le prénom, la date de naissance, le poids, la taille, l'indice de masse corporelle du patient, ainsi que la date, l'intitulé et la durée de l'intervention chirurgicale. A la fin de l'administration des gaz anesthésiques, la consommation en gaz halogénés, en air et en oxygène, pouvait être relevée et devait être renseignée, ainsi que la durée d'administration des gaz. Enfin, l'utilisation du mode asservi ou classique devait être précisé.

Aucun élément de la prise en charge n'était modifié. Ainsi, l'étude n'a engendré aucun conflit éthique et la consultation du CPPRB n'a pas été demandée.

Nous avons cherché à objectiver l'influence de l'utilisation du module Et control® d'asservissement des gaz anesthésiques sur la fonction hémodynamique des patients en période per opératoire, sur le recours aux

autres drogues anesthésiques et à évaluer l'économie en gaz anesthésiques à l'échelle d'une salle de bloc opératoire.

Les gaz anesthésiques concernés étaient le desflurane, le sévoflurane, l'air et l'oxygène.

### **3.2. Analyse statistique :**

Les variables quantitatives ont été décrites par la médiane et l'étendue interquartile (EIQ). Leur comparaison par groupe a été réalisée par un test non paramétrique de Mann-Whitney, la population ne suivant pas une loi normale d'après le test de Shapiro-Wilk.

Les variables qualitatives ont été décrites par leur pourcentage et comparées à l'aide d'un test de Fisher exact.

L'analyse descriptive a été réalisée sur l'ensemble des patients inclus entre le 1<sup>er</sup> juin 2010 et le 1<sup>er</sup> mai 2011.

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistical Analysis Support System (SAS version 9.1).

Une valeur  $p$  inférieure ou égale à 0.05 était considérée comme statistiquement significative.

## RESULTATS :

### 1. Caractéristiques démographiques de la population :

Les 127 patients ont été repartis selon 4 groupes. (tableau1).

Parmi les 127 patients, 67 étaient des femmes et 60 étaient des hommes.

Leur âge variait de 15 à 87 ans avec une médiane à 57 ans [EIQ : 47 ; 66].

La taille médiane était de 168 cm [EIQ : 160 ; 173], le poids médian était de 72 kilogrammes [EIQ : 59 ; 86] et l'indice de masse corporelle médian de 25.3 kilogrammes/m<sup>2</sup> [EIQ : 21.5 ; 31.2].

**Tableau 1 : répartition des patients dans les 4 groupes.**

	Desflurane	Desflurane	Sévoflurane	Sévoflurane
<b>Et/Témoin</b>	Et control®	Témoin	Et control®	Témoin
<b>Nombre</b>	29	32	36	30

Aucune différence significative en termes de sexe, d'âge, de poids, de taille ou d'indice de masse corporelle n'a été établie entre les groupes bénéficiant du module asservi et les groupes témoins. (Tableaux 2 et 3).

**Tableau 2 : Comparaison des caractéristiques démographiques des patients dans les groupes desflurane.**

<b>Desflurane</b>	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
<b>Age (ans ; EIQ)</b>	56 [38 ; 65]	55.5 [:48 ; 65]	0.86
<b>Sexe (H/F)</b>	12/17	13/19	0.95
<b>Poids (kg ; EIQ)</b>	73 [62 ; 86]	76 [63.5 ; 86]	0.65
<b>Taille (cm ; EIQ)</b>	170 [160 ; 173]	165 [160 ; 173]	0.32
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup> ; EIQ)</b>	24.9 [22.7 ; 30.8]	26.7 [:21.4 ; 33.05]	0.53

**Tableau 3 : Comparaison des caractéristiques démographiques des patients dans les groupes sévoflurane.**

<b>Sévoflurane</b>	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
<b>Age (ans ; EIQ)</b>	58.5 [46.5 ; 66]	64.5 [48 ; 67]	0.52
<b>Sexe (H/F)</b>	20/16	15/15	0.65
<b>Poids (kg ; EIQ)</b>	71 [56 ; 85]	73.5 [57 ; 85]	0.91
<b>Taille (cm ; EIQ)</b>	168.5 [163.5 ; 175]	168 [160 ; 172]	0.31
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup> ; EIQ)</b>	24.7 [20.5 ; 30.8]	25 [22.3;24.5]	0.97



## **2. Protocoles anesthésiques :**

La totalité des 127 patients bénéficiait d'une anesthésie générale permettant des interventions chirurgicales programmées pour 124 d'entre elles et en urgence pour les 3 dernières. En complément, 12 analgésies péridurales et 21 rachianalgésies à la morphine ont été réalisées.

Les interventions chirurgicales ont duré de 44 à 680 minutes. La durée médiane d'intervention était de 180 minutes [EIQ : 105 ; 274] pour l'ensemble des interventions, 181 minutes [EIQ : 120 ; 259] pour celles réalisées sous desflurane et 172.5 minutes [EIQ : 102 ; 275] pour celles réalisées sous sévoflurane. Aucune différence significative n'a été établie entre les durées des interventions réalisées sous sévoflurane et celles réalisées sous desflurane ( $p=0.9861$ ). Les durées médianes d'intervention de chacun des 4 groupes sont présentées au sein des tableaux 4 et 5, où il est observée une durée d'intervention significativement plus longue chez les patients sous desflurane administré par Et control®.

**Tableau 4 : Médiane des durées des interventions réalisées sous desflurane avec ou sans Et Control®.**

<b>Desflurane</b>	<b>Et Control® (n=29)</b>	<b>Témoin (n=32)</b>	<b>p</b>
<b>Durée d'intervention (min ; EIQ)</b>	240 [167 ; 360]	121 [94.0 ; 207]	<b>&lt;0.001</b>

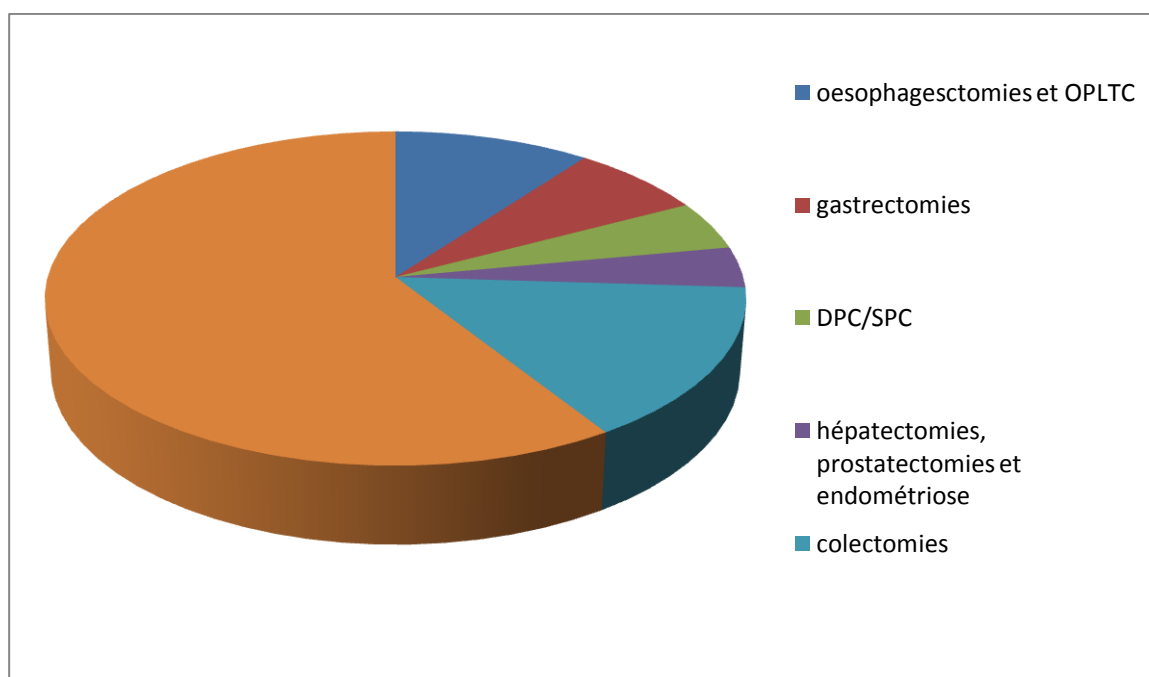
**Tableau 5 : Médiane des durées des interventions réalisées sous sévoflurane avec ou sans Et Control®.**

Sévoflurane	Et Control® (n=36)	Témoin (n=30)	p
Durée d'intervention (min ; EIQ)	164.5 [95.5 ; 279]	183.5 [130 ; 275]	0.80

### **3. Interventions réalisées :**

Les interventions chirurgicales étaient réparties en chirurgies œsophagiennes, gastriques, pancréatiques, hépatiques, urologiques, coliques et autres dont 75 cholécystectomies, rétablissements de continuité et laparotomies exploratrices, chirurgie du reflux et du diverticule de Zenker, et thyroïdectomies. ( *figure 1*).

**Figure 1 : Répartition selon la chirurgie**



#### 4. Anesthésiques intraveineux :

Le morphinique utilisé était le sufentanil pour 125 patients et l'alfentanil pour 2 patients. La consommation de sufentanil dans le groupe bénéficiant d'une anesthésie par desflurane sous Et control® était supérieure ( $p=0.04$ ). Il n'y avait pas de différence de doses de sufentanil administré entre les 2 groupes bénéficiant ou non de Et control® sous sévoflurane. ( $p=0.61$ ). (Tableau 6).

**Tableau 6 : médianes des doses de sufentanil dans les 4 groupes en microgrammes.**

Sufentanil ( $\mu\text{g}$ ; EIQ)	Et control®	Témoin	p
Desflurane (n=61)	40 [35 ; 50]	30 [25 ; 50]	<b>0.04</b>
Sévoflurane (n=66)	40 [30 ; 65]	40 [30 ; 55]	0.61

Le propofol, faisant partie du protocole anesthésique de la totalité des patients inclus, a été administré à une posologie variant de 70 à 400 mg, uniquement lors de l'induction, le relais hypnotique étant assuré par les gaz halogénés. La dose de propofol administrée au groupe sévoflurane et Et control® était significativement plus élevée que la dose administrée au groupe classique ( $p=0.03$ ). Chez les patients sous desflurane, aucune différence n'était observée ( $p=0.59$ ). (Tableau 7).

**Tableau 7 : médianes des doses de propofol dans les 4 groupes en milligrammes.**

<b>Propofol (mg ; EIQ)</b>	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
Desflurane (n=61)	180 [140 ; 200]	155 [145 ; 200]	0.59
Sévoflurane (n=66)	160 [140 ; 200]	135 [100 ; 160]	<b>0.03</b>

Dans un but anti hyperalgésique, 93 patients ont reçu de la kétamine, 32 de la lidocaïne, et 22 de la clonidine. Pour chacun de ces agents, aucune différence significative n'était observée sous influence de Et control®. (Tableau 8).

**Tableau 8 : médianes des doses de kétamine, de lidocaïne et de clonidine dans les 4 groupes en milligrammes.**

	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
<b>Kétamine (mg ; EIQ)</b>			
Desflurane (n=61)	50 [30 ; 57]	43.75 [0 ; 50]	0.12
Sévoflurane (n=66)	30 [0 ; 60]	45 [0 ; 64.8]	0.49
	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
<b>Lidocaïne (mg ; EIQ)</b>			
Desflurane (n=61)	0 [0 ; 0]	0 [0 ; 0]	0.40
Sevoflurane (n=66)	0 [0 ; 0]	0 [0 ; 80]	0,31
	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
<b>Clonidine (µg ; EIQ)</b>			
Desflurane (n=61)	0 [0 ; 150]	0 [0 ; 0]	0.22
Sevoflurane (n=66)	0 [0 ; 0]	0 [0 ; 0]	0.30

## 5. Anesthésiques locorégionaux :

Le recours aux anesthésiques locaux a concerné 45 patients. 42 ont reçu de la ropivacaïne avec des posologies allant de 40 à 230 mg, par voie péridurale principalement, et 2 ont reçu de la mépivacaïne avec des doses allant de 15 à 150 mg au cours de TAP blocs (blocs dans le plan du muscle transverse de l'abdomen). Aucune différence significative concernant les doses de ropivacaïne n'a été retrouvée. (Tableau 9).

**Tableau 9 : comparaison des médianes de doses de ropivacaïne dans les 4 groupes.**

Ropivacaïne (mg ; EIQ)	Et control®	Témoin	p
Desflurane (n=61)	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 77.5]	0.61
Sévoflurane (n=66)	0 [0 ; 55]	0 [0 ; 0]	0.30

## 6. Equilibre hémodynamique :

30 patients ont présenté une à 5 poussées hypertensives. Aucune différence significative n'était observée après utilisation de Et control®. (Tableau 10).

**Tableau 10 : comparaison du nombre de poussées hypertensives dans les 4 groupes.**

	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>P</b>
Desflurane (n ; EIQ), (n=61)	0 [0 ; 0]	0 [0 ; 0]	0.77
Sévoflurane (n ; EIQ), (n=66)	0 [0 ; 1]	0 [0 ; 1]	0.53

61 patients ont présenté 1 à 8 épisodes d'hypotensions artérielles. Aucune différence significative n'était observée après utilisation de Et control®. (Tableau 11).

**Tableau 11 : comparaison du nombre d'épisodes d'hypotensions dans les 4 groupes.**

	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>P</b>
Desflurane (n ; EIQ), (n=61)	0 [0 ; 0]	0 [0 ; 0]	0.65
Sévoflurane (n ; EIQ), (n=66)	0 [0 ; 1]	1 [0 ; 1]	0.43

5 patients ont nécessité une transfusion de une à trois unités de concentrés globulaires. Aucune influence de l'emploi de Et control® n'a été observée. (Tableau 12).

**Tableau 12 : comparaison du nombre de transfusions de concentrés globulaires dans les 4 groupes.**

	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
Desflurane (n=61)	2	0	0.32
Sévoflurane (n=66)	2	1	0.65

44 patients ont bénéficié d'un remplissage vasculaire par macromolécules. Aucune différence de la quantité de remplissage macromoléculaire n'était observée sous utilisation d'Et Control ®. (Tableau 13)

**Tableau 13 : comparaison des quantités médianes de macromolécules en millilitres administrées dans les 4 groupes.**

<b>Macromolécules (ml ; EIQ)</b>	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
Desflurane (n=61)	0 [0 ; 500]	0 [0 ; 0]	0.10
Sévoflurane, (n=66)	0 [0 ; 500]	0 [0 ; 500]	0.56

47 patients ont reçu de l'éphédrine dans des proportions allant de 6 à 39 mg. Aucune différence significative n'a été observée entre les groupes. (Tableau 14).

**Tableau 14 : doses médianes d'éphédrine en milligrammes dans les 4 groupes.**

<b>Ephédrine (mg ; EIQ)</b>	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
Desflurane(n=61)	0 [0 ; 9]	0 [0 ; 7.5]	0.70
Sévoflurane (n=66)	0 [0 ; 10.5]	0 [0 ; 12]	0.58

La diurèse a été recueillie à chaque fois qu'une sonde urinaire était posée. Seulement 61 diurèses ont pu être quantifiées. Le volume médian était de 375 mL [175 ; 540]. Une majoration significative ( $p=0.0163$ ) de la diurèse totale était observée dans le groupe sous desflurane et Et control®. (Tableau 15).

**Tableau 15: comparaison de la diurèse médiane totale en millilitres dans les 4 groupes.**

<b>Diurèse (ml ; EIQ)</b>	<b>Et control®</b>	<b>Témoin</b>	<b>p</b>
Desflurane (n=61)	395 [150 ; 600]	175 [0 ; 290]	<b>0.02</b>
Sévoflurane(n=66)	390 [255 ; 565]	433 [337.5 ; 687.5]	0.48



## **7. Gaz anesthésiques :**

Les fractions inspirées en oxygène, après pré oxygénation sous une fraction inspirée en oxygène de 100%, variaient de 35 à 95%.

### **7.1 : Comparaison de la consommation horaire médiane en gaz anesthésiques entre les deux groupes desflurane:**

Une différence significative ( $p < 0.001$ ) a été retrouvée pour chacun des 3 gaz anesthésiques étudiés lors de l'utilisation de Et control®. ( tableau 16).

**Tableau 16 : comparaison de la consommation horaire médiane en gaz anesthésiques dans les 2 groupes sous desflurane.**

<b>gaz</b>	<b>Et control® (n=29)</b>	<b>Témoin (n=32)</b>	<b>Economie en pourcentage</b>	<b>p</b>
Oxygène (L)	93.2	325	71.32	<b>&lt;0.001</b>
Air (L)	7.2	44.8	83.9	<b>&lt;0.001</b>
Desflurane (ml)	11	24.7	55.47	<b>&lt;0.001</b>

### **7.2. Comparaison des consommations horaires en gaz anesthésiques entre les deux groupes sévoflurane :**

Une différence significative a été retrouvée entre les consommations des 3 gaz anesthésiques. ( $p < 0.001$  pour l'air et le sévoflurane,  $p = 0.02$  pour l'oxygène). (Tableau 17).

**Tableau 17 : comparaison de la consommation horaire médiane en gaz anesthésiques dans les 2 groupes sous Sévoflurane.**

gaz	Et control® (n=36)	Témoin (n=30)	Economie en pourcentage	p
Oxygène (L)	97.1	132.3	26.6	<b>0.02</b>
Air (L)	10.3	39.8	74.1	<b>&lt;0.001</b>
Sévoflurane (ml)	5.65	8.2	31.7	<b>&lt;0.001</b>

#### **8. Délai d'extubation :**

Aucune différence significative n'a été établie entre les délais d'extubation des 4 groupes. (Tableau 18).

**Tableau 18 : comparaison du délai médian d'extubation dans les 4 groupes.**

Délai (min ; EIQ)	Et control®	témoin	p
Desflurane (n=61)	11 [6 ; 16]	12 [9 ; 18]	0.56
Sévoflurane (n=66)	15 [9 ; 18]	12 [9 ; 24]	0.84

## **DISCUSSION :**

### **1. Economie en halogénés :**

L'utilisation du module d'asservissement des halogénés « Et Control® » a permis, dans notre étude une économie de 31.7% en sévoflurane et de 55.5% en desflurane, en comparaison aux groupes témoins. ( $p < 0.001$ ).

Comme Quénet et collaborateurs [5], nous attribuons cette économie majeure en halogénés à l'utilisation d'un bas débit de gaz frais. En effet, Quénet et collaborateurs ont comparé deux groupes : l'un recevant une fraction délivrée de 20 % supérieure à la fraction expirée cible sous un débit de gaz frais élevé à 10 litres par minute, et l'autre recevant sous un débit de gaz frais bas de 1 litre par minute une fraction délivrée maximale en isoflurane, sévoflurane et desflurane. C'est l'emploi d'un bas débit de gaz frais qui a permis une consommation quatre fois moindre en halogénés. Lortat-Jacob et collaborateurs [6] ont comparé la consommation de desflurane quand la fraction délivrée était asservie automatiquement à la fraction expirée cible en halogénés par le biais d'un bas débit de gaz frais, et quand elle était réglée manuellement. Là aussi, une économie de 65% était retrouvée dans le groupe de patients à qui le desflurane avait été délivré de manière automatisée, et à bas débit de gaz frais.

En 1997, Deriaz et collaborateurs avaient suggéré dans une étude comparant les consommations en isoflurane, desflurane et sévoflurane que l'impact d'un bas débit de gaz frais, entraînait une économie en halogénés et que celle-ci était plus importante pour le desflurane que pour les autres gaz. [7].

En effet, la consommation en desflurane, agent peu soluble, est fortement dépendante du débit de gaz frais. Comme l'écrivaient en 2002 J.F. Coetzee et collaborateurs [8], la consommation des agents halogénés plus solubles, dont le sévoflurane, dépend seulement partiellement du débit de gaz frais. Les rôles de l'âge, de la taille, du poids, du score ASA, de l'altitude et de la température sont tout aussi importants sur cette consommation.

Le monitoring de la fraction expirée cible en halogénés permet de s'affranchir de la gestion de ces facteurs. La concentration alvéolaire minimale d'un gaz, dont le concept a été établi par Merkel et Eger en 1963 [9], est définie par la concentration alvéolaire minimale, à une atmosphère, pour laquelle 50% des patients âgés de 30 à 55 ans, n'ont pas de réponse motrice lors d'une incision chirurgicale, avec un gaz vecteur constitué de 100% d'oxygène. C'est sur cette concentration qu'est jugée l'efficacité des agents volatils dont les halogénés. Or, comme le décrivait lui-même Eger en 1965, cette concentration alvéolaire minimale est influencée par de nombreux facteurs. Il a été établi qu'un âge jeune, un éthylyisme chronique, une hypernatrémie, une hyperthermie, une hypercapnie ou une stimulation adrénergique pouvaient être responsable de l'augmentation de la concentration alvéolaire minimale. Au contraire, un âge avancé, l'éthylyisme aigu, l'hyponatrémie, l'hypothermie, l'hypocapnie, l'acidose, l'hypotension artérielle, la grossesse, l'hypoxémie, les anesthésiques locaux et diverses drogues anesthésiques diminuent la concentration alvéolaire minimale.

Compte tenu de ces nombreux facteurs, l'emploi d'une concentration alvéolaire minimale d'un patient donné ne peut garantir l'absence de réponse

motrice lors d'un stimulus chirurgical et son caractère multifactoriel en limite l'intérêt clinique. [10]

La fraction expirée en halogéné est le reflet de la concentration plasmatique et cérébrale de l'agent halogéné. Il s'agit d'une valeur mesurée en temps réel qui ne pose pas la question du métabolisme ou de l'influence de ces nombreux paramètres, plus ou moins mesurables. Cette technique semble s'intégrer dans l'ère actuelle de l'anesthésie balancée, à objectif de concentration au site effet, maniant des techniques mesurables plutôt que des logiciels de simulation. [11]

## **2. Economie en air et oxygène :**

Une épargne significative en air médical de 79% et 74% ( $p < 0.001$ ) a été respectivement observée dans les groupes desflurane et sévoflurane. La consommation en oxygène a de même été réduite de façon significative de 37% ( $p < 0.001$ ) et 26% ( $p = 0.0226$ ). La littérature est moins floride sur le sujet de l'économie en air et en oxygène. Néanmoins, J.Kupisiak [12] a étudié l'influence du débit de gaz frais sur l'oxymétrie cérébrale, l'index bispectral, la fréquence cardiaque, la pression artérielle et la saturation artérielle en oxygène. Aucune différence significative ne valorisait l'augmentation du débit de gaz frais sur ces paramètres qui dépendent de l'oxygénation tissulaire.

En revanche, Quénet et collaborateurs émettaient l'hypothèse en 2008 [5], selon laquelle diminuer le débit de gaz frais en deçà de 1 litre par minute exposait le patient à un risque accru d'hypoxie si la délivrance en oxygène

devenait inférieure à la consommation en oxygène du patient. Or, le débit de gaz frais de Et control® permet d'obtenir des débits de gaz frais inférieurs à 1 litre par minute. Cette diminution tient au fait que la délivrance en oxygène et le débit de gaz frais étaient également asservis à une fraction expirée en oxygène cible. Chez nos 55 patients soumis à Et control®, aucun épisode prolongé d'hypoxie n'a été relevé.

Cependant, une des limites de Et control® est que le logiciel s'adapte automatiquement à une variation de la consommation en oxygène du patient (hyperthermie maligne, allègement de l'anesthésie ...) sans que l'anesthésiste-réanimateur en soit alerté directement, avant la phase critique qui traduirait l'impossibilité du logiciel à asservir sa fraction délivrée en oxygène à la fraction expirée cible. Cette observation confirme l'importance du monitoring des autres paramètres (capnie expirée, température, index bispectral...) capables d'avertir de façon précoce le clinicien d'un changement pouvant induire l'augmentation des besoins en oxygène et aboutir à une hypoxémie.

D'autre part, ce résultat est pondéré par l'absence de contrôle exercé par l'étude sur les paramètres ventilatoires des patients. En effet, la durée et la technique de préoxygénation, le volume courant et la fréquence respiratoire n'ont pas été imposés, pas plus que la capnie expirée. Ceci a pu permettre des écarts non mesurés dans les recueils de consommation en oxygène. De même, les fuites que constituent préoxygénation au masque ou problème ventilatoire en période peranesthésique n'ont pas été quantifiées. Or ce manque d'étanchéité n'a pu que nécessiter une adaptation permanente du débit de gaz frais à la fraction expirée cible en oxygène, et cette adaptation

n'a pas été mesurée. Enfin, l'influence des actions telles que la ventilation unipulmonaire, les aspirations endotrachéales ou l'utilisation d'une CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) n'ont pas été intégrées aux données et ont pu influencer les quantités d'oxygène et d'air délivrées.

### **3. Influence sur les agents anesthésiques intraveineux :**

De façon significative, une augmentation de 25% ( $p=0.0364$ ) des doses globales de sufentanil a été observée dans le groupe desflurane. Ces différences n'ont pas été retrouvées dans le groupe sévoflurane. Ce résultat s'explique par la différence significative de durée d'intervention dans le groupe desflurane délivré par mode asservi.

Cependant, l'augmentation de l'emploi du sufentanil ne peut être rigoureusement interprétée sans savoir s'il s'agit de la dose d'induction ou d'entretien, et sans connaître la motivation de son administration (index bispectral, signes respiratoires ou hémodynamiques de réveil, ...).

La quantité de propofol observée était majorée de 18% dans le groupe sévoflurane. La totalité du propofol a été administrée lors de l'induction et cet effet ne peut être expliqué par l'utilisation du module Et control®.

### **4. Influence sur la diurèse :**

Une augmentation de la quantité de recueil de diurèse a été observée dans le groupe desflurane, à hauteur de 125% ( $p=0.0163$ ). Ce résultat est imputable à la durée significativement plus longue des interventions dans le groupe

desflurane délivré par mode asservi. Nous ne retiendrons donc pas ici l'effet de Et control® sur la diurèse. Le recueil de diurèse des patients étudiés n'a ni été imposé par l'étude ni normé sur la durée de l'intervention. Seuls 61 recueils de diurèse ont été chiffrés pour l'ensemble des 127 patients.

### **5. Impact hémodynamique :**

Aucun impact hémodynamique délétère significatif (hypotension, hypertension, nécessité de remplissage macromoléculaire ou d'  $\alpha$ -agonistes, oligurie) n'a été observé suite à l'utilisation du module d'asservissement des halogénés, malgré l'emploi d'une fraction délivrée élevée.

Une revue de la littérature réalisée par Boonmak et collaborateurs [13] en 2012 ne retrouvait aucune différence en termes de bradycardie ou d'hypotension artérielle à l'induction entre un groupe induit au sévoflurane à haute concentration et l'autre à basse concentration, appuyant ainsi en partie notre résultat.

En 1998, Amranov et collaborateurs [14] avaient comparé l'impact du débit de gaz frais sur le contrôle de la réponse hémodynamique lors de stimulations chirurgicales viscérales, administrant desflurane ou isoflurane. Les données trouvaient un bénéfice supérieur à l'utilisation de desflurane à bas débit de gaz frais (1 litre par minute) en comparaison à l'utilisation de l'isoflurane à 3 litres par minute, diminuant ainsi le recours aux anesthésiques intraveineux.

Peut être grâce à l'effet sympathomimétique attribué au desflurane depuis 1960 [15], De Baerdemaecker et collaborateurs [16] témoignaient d'un



meilleur contrôle hémodynamique exercé par le desflurane par rapport au sévoflurane, chez des patients obèses bénéficiant d'une gastrectomie par coelioscopie, ainsi que d'une hypnose plus profonde. L'index bispectral était alors utilisé comme outil de titration de la dose d'agents halogénés inhalés. Les seules causes d'instabilité hémodynamique peropératoire retrouvées étaient alors la mise en position proclive du patient et la survenue du pneumopéritoine, impliqués tous deux dans la gêne au retour veineux sanguin.

#### **6. Influence sur le délai d'extubation :**

Le délai entre fin de chirurgie et extubation n'était pas modifié de façon significative. Cependant, le recueil de données révèle que l'heure de l'extubation n'a été correctement relevée que chez 62 des patients. Pour les 65 autres, soit l'extubation n'a pas été notée et l'heure restait inconnue, soit l'extubation était notée au moment de la fermeture du bloc, ce qui rend imprécis l'horaire réel d'extubation.

Ainsi, pour les 62 patients de notre étude dont l'horaire noté d'extubation semblait réel, le délai entre fin de chirurgie et extubation ne semblait pas modifié par l'utilisation du module d'asservissement des halogénés, ni pour le desflurane, ni pour le sévoflurane.

Lors de l'étude de Lortat Jacob et collaborateurs [6] évaluant les impacts cliniques et hémodynamiques du module d'asservissement des halogénés sur le respirateur Zeus® pour le desflurane, l'auteur ne retrouvait pas non

plus de modification significative du délai d'extubation après la fin de la chirurgie.

Pourtant, l'utilisation d'un bas débit de gaz frais et d'une fraction délivrée élevée en halogénés devrait allonger ce délai [5] et l'utilisation du module d'asservissement pourrait retarder l'extubation, comme le suggérait Quénet en 2008[5]. Néanmoins, le manque de qualité du recueil de ce délai ne permet pas de conclure.

Quoiqu'il en soit, d'éventuelles réductions du délai d'extubation ou de sortie de salle de réveil n'ont que peu de chances de réduire réellement les coûts liés à ce temps de passage ni la durée d'hospitalisation.

## **7. Charge de travail :**

A la différence de Lortat-Jacob et collaborateurs, nous n'avons pas évalué le nombre d'ajustements manuels de fraction délivrée ou de débit de gaz frais nécessaires par l'équipe anesthésique lorsqu'elle n'utilisait pas ce module. Ce rapport variait de 1 toutes les 10 minutes à 1 toutes les 4 minutes. Ce procédé serait considéré comme un facteur de diminution de la charge de travail à défaut d'avoir une quelconque influence dans la qualité de l'anesthésie, mesurable par le patient, et pourrait conduire les équipes à privilégier ce mode pour des raisons personnelles. L'utilisation du module Et control® n'a nécessité aucune formation spécifique avant le début de notre étude. Pourtant, en 2010, Hanci et collaborateurs [17] décrivaient la nécessité de former une équipe pendant 13 mois afin d'améliorer de façon conséquente et durable le contrôle économique de la consommation en

halogénés, et de valoriser les défis environnementaux et techniques. Aucune estimation de l'utilisation du bas débit de gaz frais par les anesthésistes n'a été réalisée depuis 1994, date à laquelle plus de 90% des anesthésistes déclaraient utiliser des débits de gaz frais supérieurs à 2 litres par minutes [18].

### **8. Impact de la durée de l'intervention :**

L'influence de la durée de l'intervention n'a pas été établie à partir de nos résultats, contrairement à ceux publiés par De Cooman et collaborateurs en 2008 [19]. En effet, De Cooman ne retrouvait un bénéfice économique à l'utilisation d'un module asservi sur le respirateur Zeus® que pour les interventions dont la durée dépassait les 40 minutes. Ainsi, les « durées seuils » sont très différentes : 180 minutes pour notre étude contre 40 minutes pour celle de De Cooman. Cependant, il existe un biais important dans cette dernière qui était que la fraction expirée cible demandée au groupe bénéficiant du module asservi était supérieure celle du groupe dont les réglages étaient manuels. La seconde approximation consistait comme nous en l'absence de monitoring de l'index bispectral ne permettant pas de conclusion rigoureuse quant à la nécessité d'intervenir plus de 40 minutes pour observer une économie significative en gaz anesthésiques.

L'étude de Quénet et collaborateurs menée en 2008 [5] ne retrouvait aucune influence de la durée de l'intervention sur l'économie réalisée par l'utilisation d'un bas débit de gaz frais à FeT cible égale, ce qui semble partiellement être en accord avec nos résultats.

## **9. Intérêt direct pour le patient :**

Les bénéfices médicaux attribués à l'emploi régulier d'un bas débit de gaz frais dans un circuit clos, tels que le maintien de la chaleur et de l'humidité des gaz, la réduction des microatélectasies et la lutte contre l'hypothermie [20] restent valables lors de l'utilisation du module d'asservissement des halogénés à la fraction expirée cible, mais leur impact n'a pas été évalué dans notre étude.

Les effets délétères de l'utilisation des agents halogénés tels que la production du composé A dérivé du sévoflurane à des débits de gaz frais supérieurs à 2 litres par minute, ou encore du monoxyde de carbone provenant de la dégradation du desflurane n'ont pas été évalués. Néanmoins, l'utilisation des modules asservis n'a pas fait la preuve d'une réduction de la production de ces dérivés toxiques. Il semblerait que la néphropathie tubulaire induite par le composé A serait négligeable à un débit de gaz frais en deçà de 1 litre par minute, et ce quelque soit la fraction délivrée en sévoflurane [21].

Les autres effets indésirables attribués à l'utilisation des halogénés notamment l'accumulation de méthane, l'accumulation d'acétone, potentiellement responsables de nausées, vomissements ou retards de réveil, l'élévation du CO expiré, et la production de composé A semblent négligeables.

## **10. Attentes environnementales :**

L'impact environnemental a à de nombreuses reprises été évoqué et évalué. Sévoflurane et desflurane sont dépourvus de chlore et sont donc peu impliqués dans l'épuisement de la couche d'ozone causé par les dérivés chlorofluorocarbonés.

L'anesthésie serait en revanche [21] responsable du relargage de 3 à 12 % d'oxyde nitrique, prenant part au réchauffement climatique. Cette préoccupation environnementale est de plus en plus importante pour les praticiens. Plusieurs études retrouvent un impact sur le réchauffement climatique supérieur pour le desflurane comparé au sévoflurane [22 ; 23 ; 24]. Pour Ryan et collaborateurs, il est multiplié par 20.6 si le débit de gaz frais utilisé est de 2 litres par minute mais peut être réduit par un facteur de 6.7 en diminuant le débit de gaz frais à 0.5 litres par minute pour le desflurane [25].

L'utilisation du module Et control® permet donc en diminuant la consommation de 55.5% de diminuer par 3 la pollution atmosphérique résultant des rejets de desflurane.

## **11. Attentes économiques :**

L'apport du desflurane ou du sévoflurane sur la rapidité du réveil, le temps passé en salle de surveillance post interventionnelle comparé aux gaz plus anciens les a rendus très populaires en France. Le dernier reproche qui leur est fait concerne leur coût élevé.

En 2012, sur l'ensemble des blocs du CHRU de Lille, les dépenses en desflurane s'élevaient à 170 000 euros et à 315 000 euros pour le sévoflurane. Si ces modules d'optimisation des débits de gaz frais se généralisent, nous pourrions donc espérer une économie approchant les 94 000 euros pour le desflurane et 98 000 euros pour le sévoflurane, à activité constante. Ceci n'inclut pas les économies réalisées sur l'oxygène et l'air médical.

Le prix du module et de ses connexions s'élève à 5000 euros hors taxes, selon GE®. Sa durée de vie n'est pas connue.

Les dépenses dues au prix de ces halogénés de dernière génération ne doivent donc plus être un frein à l'optimisation de la prise en charge de nos patients au bloc opératoire.

## **CONCLUSION :**

Les résultats de notre étude prouvent qu'une économie importante en desflurane (55.5%) et en sévoflurane (31.7%), ainsi qu'en air médical et en oxygène, est réalisée par l'utilisation quotidienne du module d'asservissement de la délivrance d'halogénés à la fraction expirée cible, sur le respirateur Aisys ®. Cette technique est basée sur la mesure directe et continue de la fraction expirée en halogénés et sur l'adaptation systématique de la délivrance en halogénés. Le concept d'estimation de la concentration alvéolaire minimale est ici dépassé.

Aucun effet délétère attribuable au mode asservi n'a été observé notamment sur le plan hémodynamique. L'épargne en halogénés permet d'envisager un bénéfice environnemental indéniable et une réduction du coût d'utilisation des agents volatils. Le coût du module est rapidement amorti par le gain financier que représente la réduction de consommation des halogénés. Enfin, sa facilité de prise en main permet d'envisager une utilisation large et aisée au sein des établissements. Une étude complémentaire médicoéconomique et environnementale est nécessaire afin de confirmer ces données encourageantes.

## **BIBLIOGRAPHIE :**

[1] Boldt J, Jaun N, Kumle B, Heck M, Mund K. Economic considerations of the use of new anesthetics: a comparison of propofol, sevoflurane, desflurane, and isoflurane. *Anesth Analg* 1998;86:504–9.

[2] Langbein T, Sonntag H, Trapp D, Hoffmann A, Malms W, Roth EP, Mors V, Zellner R. Volatile anaesthetics and the atmosphere: atmospheric lifetimes and atmospheric effects of halothane, enflurane, isoflurane, desflurane and sevoflurane. *Br J Anaesth* 1999;8:66-73.

[3] Brown AC, Canosa-Mas CE, Parr AD, Pierce JM, Wayne RP. Tropospheric lifetimes of halogenated anaesthetics. *Nature* 1989;341:635-7.

[4] United Nations Environment Programme (UNEP). Report of the eighth meeting of the parties to the Montreal Protocols on substances that depletes the ozone layer, Costa Rica, 1996.

[5] Quenet E, Weil G, Billard V. Which settings to optimize anaesthetics delivery: fresh gas flow or delivered fraction ? *Ann Fr Anesth Reanim* 2008; 27:900-8.



[6] Lortat-Jacob B, Billard V, Buschke W and Servin F. Assessing the clinical or pharmaco-economical benefit of target controlled desflurane delivery in surgical patients using the Zeus® anaesthesia machine\*, *Anaesthesia* 2009; 64:1229–35

[7] Deriaz H, Baras E, Lienhart A. Consommation comparée de Isoflurane, Sevoflurane, Desflurane *Ann Fr Anesth Reanim.*1997;799.

[8] Coetzee JF, Stewart LJ. Fresh gas flow is not the only determinant of volatile agent consumption, a multicentre study of low flow anaesthesia. *Br J Anaesth* 2002; 88(1):46-55.

[9] Markel,G., and Eger, E.I,II: A comparative study of halothane and halopropane anesthesia. Including method for determining equipotency, *Anesthesiology* 1963; 24:346-357.

[10] Debaene B. Les halogénés. In SFAR, editor. Conférences d'actualisation. 53ème congrès national d'anesthésie et de réanimation. Paris : 2011.

[11] Ottolenghi L. Anesthésie à objectif de concentration. In SFAR, editor. Conférences d'actualisation. 53ème congrès national d'anesthésie et de réanimation. Paris : 2011.

[12] Kubisiak, Goch, Polenceucz, Bispectral index and cerebral oximetry in low-flow and high-flow rate anaesthesia during laparoscopic cholecystectomy a randomized controlled trial, *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques* 2011;6(4):226-230

[13] Boonmak P, Boonmak S, Pattanittum P. High initial concentration versus low initial concentration sevoflurane for inhalational induction of anaesthesia. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;12;9

[14] Amnarov M.N., Griffin J.D., White P.F. The effect of fresh gas flow and anesthetic technique on the ability to control acute hemodynamic responses during surgery. *Anesth Analg* 1998;87:666-70.

[15] Eger, The pharmacology of inhaled anesthetics, *Seminars in Anesthesia, Perioperative Medicine and Pain* (2005)24,89-100

[16] De Baerdemaeker LE, Struys MM, Jacobs S, Den Blauwen NM, Optimization of desflurane administration in morbidly obese patients: a comparison with sevoflurane using an 'inhalation bolus' technique, *Br J Anaesth* 2003;5:638-50.

[17] Hanci.V, Yurtlu S, Ayoğlu H, Effect of low flow anesthesia education on knowledge, attitude and behavior of the anesthesia team, *Kaohsiung J Med Sci* 2010;26:415-21.

[18] Cravero J, Suida E, Manzi DJ, Rice LJ. Survey of low flow anesthesia use in the United States. *Anesthesiology* 1996;85:1995.

[19] De Cooman, De Mey, Dewulf, Desflurane consumption during automated closed-circuit delivery is higher than when a conventional anesthesia machine is used with a simple vaporizer-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>O fresh gas flow sequence *BMC Anesthesiology* 2008;8:4-9.

[20] Baxter A.D, Low and minimal flow anesthesia, Can J Anaesth 1997;44:6;643-53.

[21] Suttner S, Boldt J. Low-flow anaesthesia. Does it have potential pharmacoeconomic consequences? J.Pharmacoeconomics 2000;17(6):585-90.

[22] Sulbaek Andersen M, Sander S, Nielsen O, Wagner D, Sanford T, Wallington T. Inhalation anaesthetics and climate change. Br J of Anaesthesia 2010;105:760.

[23] Sulbaek Andersen MP, Nielsen OJ, Karpichev B, Wallington TJ, Sander SP. Atmospheric chemistry of isoflurane, desflurane, and sevoflurane: kinetics and mechanisms of reactions with chlorine atoms and OH radicals and global warming potentials. J Phys Chem A 2011;116(24):5806-20.

[24] Jodi Sherman, MD,\* Cathy Le,† Vanessa Lamers,†‡ and Matthew Eckelman, PhD§ Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anesthetic Drugs. Anesth Analg May 2012;114:1086-1090.

[25] Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anesthetics: application to clinical use. Anesth Analg 2010;111:92.

**ANNEXE :**

**Impact médicoéconomique du module d'optimisation de l'administration des agents halogénés.**

**Méthode du protocole :**

- **pas d'utilisation du protoxyde d'azote**
- **utilisation du logiciel d'optimisation dès le début la ventilation mécanique avec DGF réglé sur « MIN » DANS LE BLOC 1 +++, à la fin de l'intervention, merci d'utiliser le mode « PURGE » du module ce qui permet de diminuer rapidement la concentration en halogéné**
- **utilisation classique du ventilateur dans le bloc 2**

**NOM :**

**PRENOM :**

**DATE DE NAISSANCE :**

**Mode optimisé : OUI / NON**

**DATE DU BLOC :**

**Taille :**

**Poids :**

**IMC :**

**INTERVENTION :**

**HALOGENE CHOISI (SEVO ou DES) :**

**RECUEIL EN FIN DE BLOC APRES EXTUBATION AVANT LA SORTIE :**

- **Quantité totale O2 :**
- **Quantité totale air :**
- **Quantité totale halogéné :**
- **Durée d'administration des gaz :**

**PS : Merci d'imprimer la feuille DIANE en mode tabulaire afin de faciliter la lecture**

AUTEUR : DIEU

Elsie

Date de Soutenance : 08 février 2013

**IMPACT MEDICOECONOMIQUE DU MODULE ET CONTROL® D'ASSERVISSEMENT DE L'ADMINISTRATION DES HALOGENES DU RESPIRATEUR AISYS® (GE)**

Thèse, Médecine, Lille,

Cadre de classement : *anesthésie-réanimation*

Mots-clés : halogénés, fraction expirée cible, asservissement, Aisys®.

**Résumé : IMPACT MEDICOECONOMIQUE DU MODULE ET CONTROL® D'ASSERVISSEMENT DE L'ADMINISTRATION DES HALOGENES DU RESPIRATEUR AISYS® (GE)**

Un contrôle strict de la gestion de l'administration des agents volatils a été rapporté pour réduire leur consommation, la pollution des blocs opératoires et leur coût d'utilisation. Sa réalisation pratique est cependant rendue difficile par le nombre d'interventions à initier afin d'optimiser la délivrance de ces agents. Des systèmes automatisés ont alors été proposés avec le développement du système d'asservissement intégré à l'origine dans la mécanique du respirateur. Récemment, un système modulaire d'asservissement de la délivrance en halogénés (Et control®) a été commercialisé sur la station d'anesthésie Aisys® de la société General Electric. L'administration des agents halogénés repose alors exclusivement sur le niveau de fraction expirée désirée par l'équipe d'anesthésie, le système adaptant automatiquement le débit et la concentration de délivrance des agents. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'impact médicoéconomique d'une administration automatisée des agents halogénés par rapport à la délivrance manuelle usuelle chez des patients opérés d'une chirurgie digestive sous anesthésie générale.

127 patients ont été repartis en 4 groupes consécutifs selon les conditions d'administration (mode asservi ou délivrance classique) et le type d'halogéné utilisé (desflurane ou sévoflurane). Les consommations en halogénés, air, oxygène et les conséquences hémodynamiques dans les groupes sévoflurane et desflurane, avec et sans utilisation du mode asservi, ont été enregistrées. La comparaison des consommations et des variations hémodynamiques entre le mode asservi ou non a été réalisée par un test non paramétrique de Mann Whitney ou Fisher Exact.

L'utilisation du mode asservi s'accompagnait d'une économie horaire en sévoflurane de 2.55 mL soit 31.7% ( $p < 0.001$ ) et en desflurane de 55.5% ( $p < 0.001$ ). Les mêmes niveaux d'épargne en consommation étaient observés pour l'air et l'oxygène. Les variations hémodynamiques induites par l'anesthésie étaient similaires entre les deux groupes.

L'asservissement de l'administration des agents halogénés chez les patients opérés d'une chirurgie digestive s'accompagne d'une réduction substantielle de la consommation et du coût d'utilisation des agents halogénés. Des études complémentaires sont nécessaires pour apprécier l'impact clinique et environnemental d'une telle épargne en agents halogénés.

**Composition du Jury :**

**Président :** Pr Benoît VALLET

**Assesseurs :** Pr Benoît TAVERNIER, Pr Gilles LEBUFFE, Dr Grégoire ANDRIEU