

**THÈSE**

**POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**  
**MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE**

Présentée et soutenue publiquement

par

**Tess KOPTEFF**

Le 30 mars 2023

**Évaluation monocentrique de l'impact d'une  
sensibilisation pour réduire la consommation  
des gaz halogénés au bloc opératoire**

Directrice de thèse : Dre Charlotte MARTIN

**JURY**

Monsieur le Professeur FOURCADE Olivier	Président
Monsieur le Professeur MINVILLE Vincent	Assesseur
Madame la Docteure BOUNES VARDON Fanny	Assesseure
Monsieur le Docteur LABASTE François	Assesseur
Madame la Docteure MARTIN Charlotte	Suppléante
Madame la Docteure FAURE SAMIER Caroline	Membre invité

FACULTE DE SANTE  
Département Médecine Maieutique et Paramédicaux  
Tableau des personnels HU de médecine  
Mars 2022

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. GHISOLFI Jacques
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	M. GLOCK Yves
Doyen Honoraire	M. LAZORTHES Yves	Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. GRAND Alain
Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. GUIRAUD CHAUMEIL Bernard
Doyen Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel	Professeur Honoraire	M. JOFFRE Francis
Professeur Honoraire	M. ADER Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. ADOUE Daniel	Professeur Honoraire	M. LANG Thierry
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche
Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe	Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Yves
Professeur Honoraire	M. BARRET André	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	M. MALECAZE François
Professeur Honoraire	M. BLANCHER Antoine	Professeur Honoraire	M. MANELFE Claude
Professeur Honoraire	M. BOCCALON Henri	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. MARCHOU Bruno
Professeur Honoraire	M. BONEU Bernard	Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
Professeur Honoraire	M. BONNEVILLE Paul	Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. MAZIERES Bernard
Professeur Honoraire	M. BOUTAULT Franck	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire Associé	M. BROS Bernard	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland	Professeur Honoraire	M. MURAT
Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe	Professeur Honoraire associé	M. NICODEME Robert
Professeur Honoraire	M. CARATERO Claude	Professeur Honoraire	M. OLIVES Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre	Professeur Honoraire	M. PARINAUD Jean
Professeur Honoraire	M. CARON Philippe	Professeur Honoraire	M. PASCAL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PERRET Bertrand
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. CHABANON Gérard	Professeur Honoraire	M. PONTONNIER Georges
Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques
Professeur Honoraire	M. CLANET Michel	Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline
Professeur Honoraire	M. CONTE Jean	Professeur Honoraire	M. PUEL Pierre
Professeur Honoraire	M. COSTAGLIOLA Michel	Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. DABERNAT Henri	Professeur Honoraire	M. RAILHAC Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. DAHAN Marcel	Professeur Honoraire	M. REGIS Henri
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude
Professeur Honoraire	M. DALY-SCHWEITZER Nicolas	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. RISCHMANN Pascal
Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges	Professeur Honoraire	M. RIVIERE Daniel
Professeur Honoraire	Mme DELISLE Marie-Bernadette	Professeur Honoraire	M. ROCHE Henri
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. ROLLAND Michel
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique	Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel
Professeur Honoraire Associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. SARRAMON Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean	Professeur Honoraire	M. SERRE Guy
Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.	Professeur Honoraire	M. SIMON Jacques
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard	Professeur Honoraire	M. TREMOULET Michel
Professeur Honoraire	M. FOURNIE Bernard	Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre
Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard	Professeur Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle	Professeur Honoraire	M. VOIGT Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles		

Professeurs Emérites

Professeur ARLET Philippe  
 Professeur BOUTAULT Franck  
 Professeur CARON Philippe  
 Professeur CHAMONTIN Bernard  
 Professeur CHAP Hugues  
 Professeur GRAND Alain  
 Professeur LAGARRIGUE Jacques  
 Professeur LAURENT Guy  
 Professeur LAZORTHES Yves  
 Professeur MAGNAVAL Jean-François  
 Professeur MARCHOU Bruno  
 Professeur PERRET Bertrand  
 Professeur RISCHMANN Pascal  
 Professeur RIVIERE Daniel  
 Professeur ROUGE Daniel

**FACULTE DE SANTE**  
**Département Médecine Maieutique et Paramédicaux**

**P.U. - P.H.**  
**Classe Exceptionnelle et 1ère classe**

M. ACAR Philippe	Pédiatrie	Mme LAMANT Laurence (C.E)	Anatomie Pathologique
M. ACCADBLE Franck (C.E)	Chirurgie Infantile	M. LANGIN Dominique (C.E)	Nutrition
M. ALRIC Laurent (C.E)	Médecine Interne	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. AMAR Jacques	Thérapeutique	M. LARRUE Vincent	Neurologie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie, Santé publique	M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine d'Urgence
M. ARBUS Christophe	Psychiatrie	M. LAUWERS Frédéric	Chirurgie maxillo-faciale
M. ARNAL Jean-François (C.E)	Physiologie	M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardio-vasculaire
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie	M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie
M. AVET-LOISEAU Hervé	Hématologie, transfusion	M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie
M. BERRY Antoine	Parasitologie	M. MALAUAUD Bernard	Urologie
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. MARQUE Philippe (C.E)	Médecine Physique et Réadaptation
M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. BOSSAVY Jean-Pierre (C.E)	Chirurgie Vasculaire	M. MAURY Jean-Philippe (C.E)	Cardiologie
M. BRASSAT David	Neurologie	Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie
M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul	M. MAZIERES Julien (C.E)	Pneumologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation
M. BUJAN Louis (C.E)	Urologie-Andrologie	M. MOLINIER Laurent (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique
Mme BURARIVIERE Alessandra (C.E)	Médecine Vasculaire	M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie
M. BUREAU Christophe	Hépatogastro-entérologie	Mme MOYAL Elisabeth (C.E)	Cancérologie
M. BUSCAIL Louis (C.E)	Hépatogastro-entérologie	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. CALVAS Patrick (C.E)	Génétique	Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale	M. OSWALD Eric (C.E)	Bactériologie-Virologie
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	M. PARIENTE Jérémie	Neurologie
M. CHAIX Yves	Pédiatrie	M. PAUL Carle (C.E)	Dermatologie
Mme CHARPENTIER Sandrine	Médecine d'urgence	M. PAYOUX Pierre (C.E)	Biophysique
M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire	M. PAYRASTRE Bernard (C.E)	Hématologie
M. CHAUVÉAU Dominique	Néphrologie	M. PERON Jean-Marie (C.E)	Hépatogastro-entérologie
M. CHAYNES Patrick	Anatomie	M. RASCOL Olivier (C.E)	Pharmacologie
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chir. Orthopédique et Traumatologie	Mme RAUZY Odile	Médecine Interne
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. RECHER Christian(C.E)	Hématologie
M. COURBON Frédéric	Biophysique	M. RITZ Patrick (C.E)	Nutrition
Mme COURTADE SAÏDI Monique (C.E)	Histologie Embryologie	M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie
M. DAMBRIN Camille	Chir. Thoracique et Cardiovasculaire	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.	M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale
M. DEGUINE Olivier (C.E)	Oto-rhino-laryngologie	M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie
M. DELABESSE Eric	Hématologie	M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie
M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses	M. SAILLER Laurent (C.E)	Médecine Interne
M. DELORD Jean-Pierre (C.E)	Cancérologie	M. SALES DE GAUZY Jérôme (C.E)	Chirurgie Infantile
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. SALLES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. SANS Nicolas	Radiologie
Mme DULY-BOUHANKI Béatrice (C.E)	Thérapeutique	M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	Mme SELVES Janick (C.E)	Anatomie et cytologie pathologiques
M. FERRIERES Jean (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique	M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie	M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie
M. FOURNIÉ Pierre	Ophthalmologie	M. SIZUN Jacques (C.E)	Pédiatrie
M. GALINIER Michel (C.E)	Cardiologie	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. GAME Xavier	Urologie	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie, Santé publique	M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail
M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation	M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie
Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique	M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive
M. GOURDY Pierre (C.E)	Endocrinologie	Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie
M. GROLLEAU RADOUX Jean-Louis (C.E)	Chirurgie plastique	M. TELMON Norbert (C.E)	Médecine Légale
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement
Mme HANAIRE Héléne (C.E)	Endocrinologie	Mme URO-COSTE Emmanuelle (C.E)	Anatomie Pathologique
M. HUYGHE Eric	Urologie	M. VAYSSIERE Christophe (C.E)	Gynécologie Obstétrique
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie
M. KAMAR Nassim (C.E)	Néphrologie	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie

**P.U. Médecine générale**  
M. OUSTRIC Stéphane (C.E)

**FACULTE DE SANTE**  
**Département Médecine Maieutique et Paramédicaux**

**MCU - PH**

Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
M. APOIL Pol Andre	Immunologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie
Mme AUSSEIL-TRUDEL Stéphanie	Biochimie
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
Mme BELLIERES-FABRE Julie	Néphrologie
Mme BERTOLI Sarah	Hématologie, transfusion
M. BIETH Eric	Génétique
Mme BREHIN Camille	Pneumologie
M. BUSCAIL Etienne	Chirurgie viscérale et digestive
Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire
M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme CANTERO Anne-Vaérie	Biochimie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition
Mme CASSAGNE Myriam	Ophthalmologie
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CHANTALAT Elodie	Anatomie
M. CHASSAING Nicolas	Génétique
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
M. CONGY Nicolas	Immunologie
Mme COURBON Christine	Pharmacologie
M. CUROT Jonathan	Neurologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie
Mme DE GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie
M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale
M. DEGBOE Yannick	Rhumatologie
M. DELMAS Clément	Cardiologie
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie
Mme FLOCH Pauline	Bactériologie-Virologie
Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme GALLINI Adeline	Epidémiologie
M. GANTET Pierre	Biophysique
M. GASQ David	Physiologie
M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction

**M.C.U. Médecine générale**

M. BISMUTH Michel  
M. BRILLAC Thierry  
Mme DUPOUY Julie  
M. ESCOURROU Emile

Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
M. GUERBY Paul	Gynécologie-Obstétrique
Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
M. HAMDI Safouane	Biochimie
Mme HITZEL Anne	Biophysique
Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
M. LHERMUSIER Thibaut	Cardiologie
M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie
Mme MASSIP Clémence	Bactériologie-virologie
Mme MAUPAS SCHWALM Françoise	Biochimie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition
M. MONTASTRUC François	Pharmacologie
Mme MOREAU Jessika	Biologie du dév. Et de la reproduction
Mme MOREAU Marion	Physiologie
M. MOULIS Guillaume	Médecine interne
Mme NASR Nathalie	Neurologie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire
Mme PERROT Aurore	Hématologie
M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme PLAISANCIE Julie	Génétique
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
Mme QUELVEN Isabelle	Biophysique et médecine nucléaire
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
M. REVET Alexis	Pédo-psychiatrie
M. RIMALHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
Mme SIEGFRIED Aurore	Anatomie et cytologie pathologiques
M. TAFANI Jean-André	Biophysique
M. TREINER Emmanuel	Immunologie
Mme VALLET Marion	Physiologie
M. VERGEZ François	Hématologie
Mme VIJA Laviria	Biophysique et médecine nucléaire

**Maîtres de Conférence Associés**

**M.C.A. Médecine Générale**

M. BIREBENT Jordan  
Mme BOUSSIER Nathalie  
Mme FREYENS Anne  
Mme LATROUS Lella  
Mme PUECH Marielle

**FACULTE DE SANTE**  
**Département Médecine Maieutique et Paramédicaux**

P.U. - P.H. 2ème classe		Professeurs Associés
M. ABBO Olivier	Chirurgie infantile	<b>Professeur Associé de Médecine Générale</b> M. ABITTEBOUL Yves Mme BOURGEOIS Odile M. BOYER Pierre M. CHICOULAA Bruno Mme IRI-DELAHAYE Motoko M. PIPONNIER David M. POUTRAIN Jean-Christophe M. STILLMUNKES André
M. AUSSEIL Jérôme	Biochimie et biologie moléculaire	
Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie, Santé publique	
M. BONNEVILLE Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique	
M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence	
Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie	
Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie	
M. CAVAGNAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie	
M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique	
M. COGNARD Christophe	Radiologie	
Mme CORRE Jill	Hématologie	
Mme DALENC Florence	Cancérologie	
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie	
M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie	
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie	
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie	
Mme FARUCH BILFELD Marie	Radiologie et imagerie médicale	<b>Professeur Associé de Bactériologie-Hygiène</b> Mme MALAUD Sandra
M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie	
M. GARRIDO-STÓWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique	
M. GUIBERT Nicolas	Pneumologie	
M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie	
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail	
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire	
M. LAROCHE Michel	Rhumatologie	
Mme LAURENT Camille	Anatomie Pathologique	
M. LE CAIGNEC Cédric	Génétique	
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction	
M. LOPEZ Raphaël	Anatomie	
M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	
M. MARTIN-BLONDEL Guillaume	Maladies infectieuses, maladies tropicales	
Mme MARTINEZ Alejandra	Gynécologie	
M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie	
M. MEYER Nicolas	Dermatologie	
M. PAGES Jean-Christophe	Biologie cellulaire	
Mme PASQUET Marlène	Pédiatrie	
M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive	
M. PUGNET Grégory	Médecine interne	
M. REINA Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique	
M. RENAUDINEAU Yves	Immunologie	
Mme RUYSSSEN-WITRAND Adeline	Rhumatologie	
Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire	
M. SAVALL Frédéric	Médecine légale	
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation	
M. SOLER Vincent	Ophthalmologie	
Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie	
M. TACK Ivan	Physiologie	
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie	
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie	
M. YRONDI Antoine	Psychiatrie	
M. YSEBAERT Loïc	Hématologie	
<b>P.U. Médecine générale</b>		
M. MESTHE Pierre		
Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve		

## *Serment d'Hippocrate*

*Sur ma conscience, en présence de mes maîtres et de mes condisciples,  
je jure d'exercer la médecine suivant les lois de la morale,  
de l'honneur et de la probité.  
Je pratiquerai scrupuleusement tous mes devoirs envers les malades,  
mes confrères et la société.*

# Remerciements

## Remerciements aux membres du Jury

**A Monsieur le Professeur Olivier FOURCADE**, président du jury

Merci de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse. Votre investissement est sans limite pour notre spécialité. Recevez l'expression de ma profonde reconnaissance

**A Madame la Docteure Charlotte Martin**, directrice de thèse

Merci d'avoir accepté de me suivre dans cette aventure qu'est la thèse. J'ai beaucoup appris à tes côtés et tu as été une véritable source d'inspiration pour que nos valeurs puissent faire parties intégrantes de nos vies professionnelles.

**A Monsieur le Professeur Vincent MINVILLE**, membre du jury

Vous me faites l'honneur de juger ce travail. Merci pour votre disponibilité et votre implication pour notre spécialité, l'anesthésie-réanimation toulousaine vous doit beaucoup.

**A Madame la Docteure Fanny BOUNES-VARDON**, membre du jury

Merci d'avoir accepté de participer à ce jury et merci pour ton investissement dans l'enseignement aux internes d'Anesthésie et Réanimation. Je n'oublierai jamais tes jolies attentions pour nous apporter du bien-être et de la sérénité. Que ces lignes soient l'occasion de t'exprimer ma gratitude

**A Monsieur le Docteur François LABASTE**, membre du jury

Merci d'avoir accepté de participer à ce jury, merci pour ton investissement dans l'élaboration des statistiques de cette thèse. Ton travail minutieux a été une aide très précieuse.

**A Madame la Docteure FAURE SAMIER Caroline**, membre du jury

Merci d'avoir accepté de participer à ce jury, je sais que tu portes un intérêt très marqué pour ce sujet et que tu as l'énergie pour faire grandir et murir ces valeurs.

## Remerciements personnels

A l'équipe du SAU de Pasteur 2, du SAMU 06, de la Réanimation polyvalente et médicale de Pasteur 2 et l'Archet : toutes ces heures d'externat à vos côtés m'ont permis de trouver ma voie. Vous m'avez déjà tant appris et je vous en suis éternellement reconnaissante.

A l'équipe d'Anesthésie Plastique, Vasculaire et Réanimation Brûlée, grâce à vous, j'ai pu découvrir en douceur et dans une belle ambiance le métier d'anesthésiste-réanimateur. Je n'oublierai jamais votre patience, et votre dévouement pour me former alors que j'étais si intimidée par le bloc et toutes ces nouvelles acquisitions !

A l'équipe de Réanimation Polyvalente de Saint Pierre de La Réunion, vous avez été d'une gentillesse et d'une aide précieuse pour moi. Grâce à vous j'ai pu prendre confiance et trouver l'équilibre entre ma vie professionnelle et personnelle.

A l'équipe de Réanimation Polyvalente de Rangueil : ce stage a été passionnant et vous êtes une équipe très bienveillante et brillante ! J'ai beaucoup grandi humainement et professionnellement à vos côtés.

A l'équipe d'Anesthésie et Réanimation de Tarbes, j'ai démarré et presque terminé mon internat à vos côtés. J'ai pu voir le chemin parcouru, les progrès sur mes réflexions médicales mais aussi sur la confiance en moi. Vous avez été d'un grand soutien et grâce à vous j'appréhende mon exercice futur plus sereinement.

A Anne A., Anaïs, Johanna, Anne L., Arthur, Audrey, vous avez été d'une aide très précieuse dans ce projet, nos échanges ont été très enrichissants. Je vous souhaite une belle carrière et de vous épanouir dans votre métier d'infirmier anesthésiste. Au plaisir de vous revoir !

### **A ma famille,**

A mes parents, je vous remercie pour tout le soutien que vous m'avez apporté, notamment au cours de ces 10 longues années d'étude et à votre lecture attentive de ce travail. Vous m'avez fait boire des litres de soupe, acheté des kilogrammes de graines et de chocolat et offert des tonnes de bonnes ondes !

A Anton, mon petit (grand) frère, fan des dinosaures et d'Age of Empire. Tu es d'une intelligence et d'une sensibilité rare. Profite et fais ton bonhomme de chemin !

A Mami-Voyage, Mami-ski, Mami-plage, Mami-Rousselade, Mami-Castel-des-2-rois : tu m'impressionnes par ton énergie et ta joie de vivre !

A Papi-vintage, j'espère que tu auras un regard attentif de ton lieu de repos en ce jour si particulier.

A Baba, je suis si émue que tu sois là en ce jour J. Je t'aime si fort, j'espère te rendre fière et te rendre tout l'amour et le soutien que tu me portes.

A Dida, mon papi de cœur, je sais que tu as de douces et fières pensées pour moi.

A Stéphanie, merci pour ta relecture et ton mot d'encouragement qui m'ont beaucoup touché.

***A tous mes amis niçois, c'est si dur d'être loin de vous,***

A **Arthur**, mon filleul. Ces études de médecine t'ont mis à rude épreuve. Mais j'ai vu naître toutes ces années un homme plein de surprises. Tu es d'une sensibilité précieuse, d'une force inédite et un mangeur de nutella inégalable.

A **Julia**, petite pépite d'humour et de beauté. Je pense très souvent à toi, j'aimerais te voir plus souvent <3

A **Marine**, ma blonde préférée, notre rencontre a été si étonnante. J'admire ta force, et ta douceur. Tu vas t'éclater dans le merveilleux arrière-pays niçois. De gros bisous à Antoine, à tes frères et sœur et à tes parents !

A **Caroline**, ma « beurette » préférée, ton humour, ta force, ta beauté et ton sale caractère sont incomparables. Je crois en toi, tu vas tout déchirer comme d'habitude (et te trouver un Mr Khadir :O) La bise à tes granulomes pyogéniques <3.

A **Audrey**, la Femme de ma vie. Tu es merveilleuse et d'un soutien sans faille. Tu me connais par cœur, et très intimement (polytraumatisme de ce bodyscanner à Grasse). Depuis qu'on a traversé cette D4, l'accident de trapèze volant et surtout le piton de la fournaise ensemble, on s'est forgé une amitié qui n'a pas de limite.

A **Cyrine**, ma beurette ex-aequo avec CaKa ! Toujours présente pour les confidences et les fous rires ! Il va falloir que tu viennes à Toulouse avec Jojo, qu'on aille se balader ! (PS : il paraît qu'Audrey s'est mise à la course à pied, on va la faire randonner maintenant !)

A **Flora, Guillaume et Clarisse**, mes amis du lycée, nos retrouvailles me font tellement plaisir à chaque fois !

***A tous les amis Toulouuusaaaaaiiins,***

A ma promotion 2019 d'Anesthésie et Réanimation, **Andrea, Antoine, Bertrand, Floriane, François, Julie, Léonie, Louise Martin, Louise Richez, Maïder, Marie-Lucie, Mathilde, Paul, Ryad, Sabine, Sabrina, Sophie, les 2 Thomas E, Ulysse et Valentin**. Vous m'avez tous permis de passer un internat bien rigolo, force à tous pour vos thèses respectives !

A **Léonie**, douceur et malice te caractérisent. Je te souhaite beaucoup de bonheur à la Réunion, tu salueras les babouks et le Piton des neiges de ma part !

A **Ryad**, tu m'impressionnes par ta force, ta rigueur et ta sensibilité. J'ai hâte de te faire travailler les biscottos à l'escalade et de refaire la course à vélo !

A **Thomas et Antoine**, après Cham-Arrola, j'espère qu'on a pu venir à bout des Dolomites, et que vous n'avez pas perdu la soeurette en chemin !

A **Abdu**, merci pour tous tes conseils avisés, tes bons gâteaux, ta gentillesse et ton humour sans limite !

A **Rebecca**, tu es mon rayon de soleil, toujours à l'affût d'une sortie montagne, d'une soirée jeux de société ou d'un goûter gourmand (RIP les gaufres). Tu es une amie précieuse, à l'écoute, terriblement drôle et douce. PS : Paul, à quand le prochain brunch ? Gardez ma chambre au chaud !

A **Yue**, et **Julien**, les meilleurs restaurateurs de Saint Gaudens ! Merci pour votre oreille attentive et votre complicité trop attachante. Yue, steuplééé, dégomme ta thèse et ton mémoire, qu'on puisse partir en vadrouille l'esprit libre <3 !

A **Léa**, vive comme l'éclair, nos moments montagnes, papotages écolo me sont très précieux. A quand la prochaine aventure ?

A **Malo**, la plus belle des gersoises ! Je compte sur toi pour notre virée poterie par chez toi. Va falloir nous faire découvrir les trésors de ta région !

A **Émilie** et **Anne**, le duo inséparable, vos éclats de rire et votre malice ne connaissent pas le repos ! Je compte sur vous pour profiter des belles soirées d'été toulousaines pour refaire le monde ensemble et profiter du moment présent.

A **Marie-Lucie**, ma coloc'du'love, tu sais que je suis hyper fan de toi ? J'ai hâte de te retrouver à Toulouse, qu'on reprenne nos séances escalades, les soirées vin-fromages et jeux de société et les confidences sur l'oreiller.

A **Oz**, farouche adversaire à Duel et super allié d'escalade !

A **Manon**, **Marie**, **Marianne**, **Marion**, les copinettes de la Réunion qui nous manquent foooooort !

A **Anysia**, **Thibthib** (et bébé Lyra), colocs d'un semestre à la Réunion parfait !

A **Anaëlle** et **Lilian**, l'autre duo de canard de cette coloc Tarbaise et **Morgane**, la bretonne qui mange des « crêpes » salées malgré elle hihhi. Dédicace à la tarte au « brocolis » !

A **Blandine**, la partner in crime de Marie-Louise, je suis super contente de t'avoir rencontrée, j'espère qu'on va pouvoir vivre ensemble pleins d'aventures. Et que tu vas pouvoir me raconter toutes ses bêtises d'enfant pas sage hahaha !

A **Clothilde**, ma plus ancienne amie. Sur les bans du collège de Koungou ou du lycée de Mamoudzou, aurait-on imaginé en arriver là ? Je suis si heureuse qu'on ait gardé cette amitié et qu'on la fortifie un petit peu tous les jours. Hâte d'être à ton mariage ! De gros bisous à ta moitié, Marc.

A **Poca**, ta folle-cat-attitude me manque énormément.

A **Louis-Marie**, tu m'aides à traverser toutes mes tourmentes avec philosophie et calme. Je ne t'en remercierai jamais assez. Tu es inestimable et tu te surpasses sans arrêt pour notre bonheur ! Bientôt place à d'autres aventures à tes côtés <3

# **Table des matières**

<b>Liste des abréviations .....</b>	<b>12</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>13</b>
<b>Matériel et Méthodes .....</b>	<b>16</b>
Description de l'étude.....	16
Objectifs et critères de jugements .....	16
Procédure.....	17
1) Première étude des pratiques cliniques.....	17
2) Campagne de sensibilisation .....	17
3) Seconde étude des pratiques cliniques.....	18
Critères d'inclusions et d'exclusions des interventions .....	18
Modalités du recueil des données.....	18
Analyses Statistiques .....	19
<b>Résultats .....</b>	<b>20</b>
Description des caractéristiques des EPP .....	20
Critère de jugement principal .....	21
Gestion de halogénés en fonction de la présence d'une AINOC sur le respirateur.....	22
Résultats des critères de jugements secondaires.....	23
1) Analyse multivariée : Facteurs de risque d'un DGF > 0,5L/min lors de l'EPP2.....	23
2) Impact économique : .....	24
3) Impact écologique :.....	24
<b>Discussion .....</b>	<b>26</b>
1) Réduction de la consommation d'halogénés .....	26
2) Modifications des pratiques de l'anesthésie inhalée.....	27
3) Intérêt de la fonction AINOC.....	28
4) Limites et craintes liées à l'utilisation d'un bas débit de gaz frais .....	29
<b>Conclusion .....</b>	<b>30</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>33</b>

# Liste des abréviations

**AH** : Agent halogéné

**AINOC** : Anesthésie inhalatoire à objectif de concentration

**AIVOC** : Anesthésie intraveineuse à objectif de concentration

**BIS** : Index Bispectral

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de carbone

**CHU** : Centre hospitalier universitaire

**DGF** : Débit de gaz frais

**EDIAE** : Élève infirmier(e) anesthésiste

**EPP** : Évaluation des pratiques professionnelles

**EPP1** et **EPP2** : Évaluation des pratiques professionnelles 1 et 2

**EtCO<sub>2</sub>** : End Tidal CO<sub>2</sub>

**FeAH** : Fraction expirée en Agent Halogéné

**FeO<sub>2</sub>** : Fraction Expirée en Dioxygène

**FiAH** : Fraction inspirée en Agent Halogéné

**FiO<sub>2</sub>** : Fraction inspirée en oxygène

**GES** : Gaz à effet de serre

**IADE** : Infirmier(e) anesthésiste diplômé(e) d'état

**IAR** : Interne en anesthésie réanimation

**MAC** : Concentration alvéolaire minimale

**MAR** : Médecin anesthésiste réanimateur

**N<sub>2</sub>O** : Protoxyde d'Azote

**O<sub>2</sub>** : Oxygène

**OMEDIT** : l'Observatoire des Médicaments, Dispositifs médicaux et Innovations  
Thérapeutiques

**PDV** : Paule de Viguier

**PPR** : Pierre Paul Riquet

**PRG** : Potentiel de réchauffement global

**RIPH** : Recherche impliquant la personne humaine

**SEGA** : Système d'évacuation des gaz d'anesthésie

**SFAR** : Société Française d'Anesthésie et de réanimation

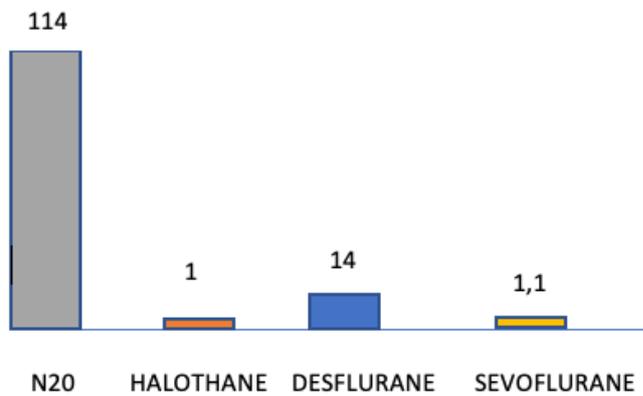
# Introduction

Le changement climatique est à l'origine d'une crise sanitaire déterminante et représente « la plus grande menace pour la santé mondiale au XXIème siècle»<sup>1,2,3</sup>. En 1987, le rapport Brundtland, "Our common Future"<sup>4</sup>, définit le développement durable comme "un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ". Une décennie plus tard, le protocole de Kyoto<sup>5</sup> visait à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Le secteur de la santé a un impact carbone majeur. Il est responsable de 4,4 % (soit deux gigatonnes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)) du total des émissions mondiales de gaz à effet de serre<sup>6</sup>. Face à ces enjeux, les fédérations hospitalières, le ministère de l'Écologie et le ministère de la Santé ont signé en 2009 une convention. Un des objectifs était de réduire de 50 % les émissions de GES d'ici 10 ans.

Les blocs opératoires sont un domaine de la santé nécessitant d'importantes ressources. L'anesthésie inhalée et la consommation énergétique constituent leurs principales sources d'émissions en GES. Les gaz halogénés utilisés sont responsables de 0,01 à 0,10 % des émissions anthropogéniques mondiales en CO<sub>2</sub> contribuant au réchauffement climatique<sup>7,8</sup>. Cependant, 80% des anesthésistes entretiennent préférentiellement les anesthésies générales par voie inhalée<sup>9</sup>. Ainsi, à l'échelle de l'hôpital et des blocs opératoires, ces médicaments représentent respectivement 5 % et 50% des émissions (dans les pays à revenu élevé)<sup>10,11,12</sup>.

Les gaz anesthésiques les plus couramment utilisés sont le PROTOXYDE d'AZOTE et les gaz fluorés : SEVOFLURANE, DESFLURANE. Il s'agit de GES qui ont une durée de vie prolongée dans l'atmosphère : respectivement de 114 ans, 1,1 an et 14 ans<sup>8</sup> (**Figure 1**). Le N<sub>2</sub>O est également destructeur de la couche d'ozone. Le potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG 100)<sup>8</sup> est considéré comme la mesure standard pour comparer l'impact des GES. Il s'exprime en multiple du PRG du CO<sub>2</sub>.<sup>8</sup>



**Figure 1:** *Durée de vie (en année) des gaz halogénés et du protoxyde d'azote* <sup>13(p6)</sup>



**Figure 2:** *Potentiel de réchauffement global (PRG) à 100 ans en équivalent CO<sub>2</sub> du DESFLURANE, SEVOFLURANE et du PROTOXYDE d'AZOTE* <sup>13(p6)</sup>

Par ailleurs, ce sont des médicaments très faiblement métabolisés in vivo (5% pour le SEVOFLURANE, <0,1% pour le DESFLURANE). Les 95% restants sont rejetés dans l'atmosphère par les système d'évacuation des gaz d'anesthésie (SEGA) ou captés par les filtres à charbon<sup>14</sup>.

Dans ce contexte l'anesthésie générale totale intraveineuse peut sembler une alternative. Malgré un taux de gaspillage de 50%<sup>15</sup>, des plastiques jetables et des besoins énergétiques pour la pompe à perfusion, l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre du PROPOFOL est faible <sup>16</sup>. Cependant ce produit présente une écotoxicité par son fort potentiel de bioaccumulation et de persistance dans les eaux et les sols. Il a des conséquences non négligeables sur la faune et la flore aquatique <sup>17</sup>. Le devenir et les impacts exacts de cette molécule restent encore difficiles à déterminer<sup>17</sup>. La Société Française d'Anesthésie et de Réanimation (SFAR) recommande de garder un esprit critique vis-à-vis de l'anesthésie intraveineuse à objectif de concentration (AIVOC) au PROPOFOL <sup>18</sup> et ne le positionne pas comme une alternative plus écoresponsable.

En 2020 le comité développement durable de la SFAR (SFAR Green)<sup>19</sup> édite, des recommandations pour diminuer la consommation des gaz halogénés. Parmi ces préconisations, on retrouve l'utilisation de bas débit de gaz frais (DGF<0,5L/min)<sup>20</sup>. Plus récemment, en 2022, des directives mondiales, encouragées par l'organisation caritative d'éducation médicale et de promotion de la santé, CODA, ont vu le jour<sup>10,21</sup>. Il y est recommandé le retrait du DESFLURANE des listes de médicaments ; le déclassement de la tuyauterie centrale de N2O ; d'éviter l'utilisation de N2O et de minimiser les flux de gaz frais pendant l'anesthésie.

Afin de répondre aux recommandations de la SFAR (DGF<0,5L/min), nous avons instauré une campagne de sensibilisation au Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Toulouse pour former le personnel à une gestion éco-responsable des agents halogénés (AH). L'objectif de notre étude était d'évaluer l'impact de cette formation sur les pratiques professionnelles et la réduction du DGF.

# **Matériel et Méthodes**

## **Description de l'étude**

Nous avons conduit une étude observationnelle, monocentrique et prospective au sein des blocs opératoires du CHU de Toulouse. Notre travail s'intégrait dans une étude des pratiques professionnelles de type « avant/après », suivant le concept méthodologique « plan, do, check, act »<sup>22</sup>.

Il s'agissait d'une recherche non interventionnelle, hors loi Jardé excluant les recherches impliquant la personne humaine (RIPH). Elle s'est concentrée sur les modalités d'exercice professionnel et n'avait donc pas d'impact sur la qualité de la prise en charge des patients.

## **Objectifs et critères de jugements**

L'objectif principal de l'étude était d'évaluer l'impact d'une campagne de sensibilisation sur la gestion des agents halogénés.

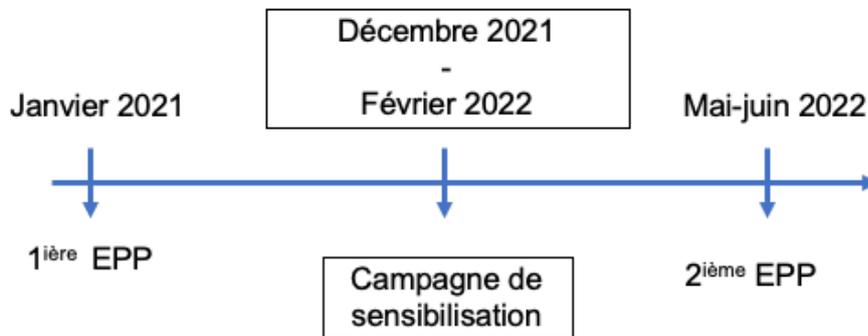
Le critère de jugement principal était la comparaison du débit de gaz frais moyen avant et après cette sensibilisation.

Les objectifs secondaires étaient :

- De décrire l'impact économique de la campagne de sensibilisation. Le coût des halogénés par intervention (en euros) ayant été estimé par la formule de DION<sup>23</sup>.
- De décrire l'impact écologique. Pour cela nous avons calculé la production en CO<sub>2</sub> lié aux AH.
- De décrire l'impact de la formation sur la profondeur d'anesthésie. Nous avons observé l'évolution de la concentration alvéolaire minimale (MAC) moyenne au cours des interventions.
- D'évaluer la proportion des actes d'anesthésie respectant les recommandations de la SFAR, à savoir un DFG inférieur à 0,5 l/min.
- De décrire, après la campagne de sensibilisation, les facteurs associés au non-respect de ces recommandations.

## Procédure

Nous avons conduit notre étude du 19 novembre 2021 au 24 juin 2022. Notre travail s'est déroulé en trois temps (**figure 3**).



**Figure 3** : Synthèse schématisée de l'étude

### 1) Première étude des pratiques cliniques

En janvier 2021 nous avons réalisé une évaluation des pratiques professionnelles (EPP1). Une série de 195 interventions chirurgicales a été observée au CHU de Purpan (PPR), au CHU de Rangueil et sur le site de Paul de Viguier (PDV).

### 2) Campagne de sensibilisation

De décembre 2021 à février 2022 nous avons conduit une campagne de sensibilisation. Nos actions auprès des agents hospitaliers ont porté sur :

- La mise en place d'affiches et de stickers d'information au sujet des différents halogénés et de leurs impacts environnementaux au bloc opératoire et dans les salles de repos du personnel (**annexes 2 et 3**),
- La mise en œuvre de séances de sensibilisation avec un support PowerPoint (**annexe 4**), du 6 au 17 décembre 2021 auprès du personnel de l'hôpital PPR et de Rangueil (hors chirurgie cardio-vasculaire). Ces sessions sur le terrain ont été menées par une équipe d'élèves infirmiers anesthésistes (EIADE), impliquée dans ce projet dans le cadre de leur mémoire de fin d'étude. Les séances étaient annoncées par des affiches. Les agents y participaient sur la base du volontariat. Il n'y avait pas de feuille d'émargement.

- La poursuite de cette sensibilisation afin de répondre aux questions éventuelles, directement en salle d'intervention du 31 janvier au 11 février 2022 par la même équipe d'EIADÉ.
- L'affichage d'aides cognitives « conduites à tenir » et « Foire aux questions » pour effectuer du bas DGF (**annexes 5**) dans les salles d'opération.

### **3) Seconde étude des pratiques cliniques**

De mai à juin 2022 a eu lieu la deuxième évaluation des pratiques professionnelles (EPP2), uniquement à PPR et à Ranguel. Une série de 181 interventions chirurgicales ont été observées sur les périodes du 9 au 20 mai 2022 et du 13 au 24 juin 2022.

#### **Critères d'inclusions et d'exclusions des interventions**

Nous avons inclus les interventions chirurgicales conduites par le personnel de santé habilité à utiliser les agents halogénés : médecins anesthésistes (MAR), internes d'anesthésie (IAR), infirmiers anesthésistes (IADE), EIADÉ. Les interventions devaient se dérouler sous anesthésie générale avec une induction intraveineuse et un entretien inhalé. Nous avons exclu les chirurgies sous anesthésies générales entretenues par voie intraveineuse, la chirurgie pédiatrique et celles sous anesthésie loco-régionale pure.

#### **Modalités du recueil des données**

Le recueil des données des EPP a été effectué par des EIADÉ dans le cadre de leur mémoire de fin d'étude. Il se présentait sous forme d'une grille anonymisée (**annexe 1**). Les agents hospitaliers observés ont été informés des modalités d'observation et de la conservation de l'anonymat. La non-opposition orale de ces agents a été recueillie sur le terrain avant le début de l'observation.

Nous y avons consigné l'intitulé de l'intervention, la durée de l'anesthésie, de la chirurgie, la fonction et la tranche d'âge de l'agent manipulant le respirateur d'anesthésie, le type de respirateur, la présence d'une fonction « Anesthésie inhalatoire à objectif de concentration » (AINOC), le type d'AH, l'utilisation de N2O et de l'index bispectral (BIS).

Toutes les 10 minutes, depuis le branchement du circuit du respirateur (T0) jusqu'à l'arrêt des gaz halogénés étaient consignés les paramètres suivants :

- la concentration alvéolaire minimale (MAC)
- le débit de gaz frais
- la concentration en halogéné

Pour exemple : le DGF à T1 signifie le DGF réglé 10 min après le branchement du respirateur. Ces relevés nous ont permis de calculer le DGF moyen par intervention de T1 jusqu'à la fin de l'intervention.

## **Analyses Statistiques**

Dans un premier temps, nous avons réalisé une analyse descriptive. Les données qualitatives étaient exprimées en pourcentages et les données quantitatives étaient exprimées en moyenne avec écart type. La population a été divisée en deux groupes avant et après la campagne de sensibilisation. Par la suite, les données quantitatives ont été comparées à l'aide d'un test de MannWhitney et les données qualitatives à l'aide d'un test de Khi2.

Dans un second temps, nous avons conduit une régression logistique multivariée, en étudiant les facteurs indépendants associés au non-respect des recommandations de la SFAR, à savoir un DFG supérieur à 0,5l/min. Pour cela, dans la cohorte après la campagne de sensibilisation, la population a été divisée en deux groupes : groupe 1 avec DGF moyen  $\leq 0,5$  l/min et le groupe 2 avec un DGF  $> 0,5$  l/min. Nous avons alors conduit une analyse univariée, les données quantitatives ont été comparées à l'aide d'un test de MannWhitney et les données qualitatives à l'aide d'un test de Khi2. Une analyse multivariée (régression logistique) par la mesure des odds-ratio était effectuée avec une procédure pas-à-pas descendante (back Ward élimination) consistant à inclure toutes les variables avec une valeur de  $p < 0,2$ , puis à éliminer progressivement les variables non significatives. Une valeur de  $p < 0,05$  était considérée comme statistiquement significative.

# Résultats

## Description des caractéristiques des EPP

La première EPP a permis d'observer 195 interventions avec un entretien de la narcose par agents halogénés. La seconde EPP en a observé 181. Aucune intervention n'a été exclue. Nous avons réalisé dans un premier temps une analyse descriptive des données recueillies (**tableau 2**).

Les agents hospitaliers observés étaient principalement paramédicaux (79,5% IADE et EIADE) (**annexe 6**). La tranche d'âge principalement observée avait entre 25 et 34 ans (37,5%) et 35 et 44 ans (39%) (**annexe 6**). La durée moyenne de l'anesthésie était de 114 minutes sur l'ensemble des interventions et la durée moyenne de la chirurgie était de 84 minutes (**tableau 2**).

	<b>Total N = 376</b>	<b>EPP1 N= 195</b>	<b>EPP2 N = 181</b>	<b>p</b>
<b>Durée moyenne d'anesthésie (min)</b>	115 (70)	116 (74)	114 (65)	0,7
<b>Durée moyenne de chirurgie (min)</b>	84 (61)	82 (64)	85 (57)	0,92
<b>Sevoflurane %(n)</b>	94 (353)	91 (177)	97 (176)	0,01
<b>Desflurane %(n)</b>	6(22)	9 (18)	2(4)	0,004
<b>N2O %(n)</b>	0	0	0	
<b>AISYS %(n)</b>	50 (188)	44 (85)	57 (103)	0,008
<b>AVAE Cs2 %(n)</b>	22 (83)	27 (53)	17 (30)	0,017
<b>AVAE S/5 %(n)</b>	28(104)	29 (57)	22 (47)	0,054
<b>Fonction AINOC %(n)</b>	50 (188)	43 (84)	57 (104)	0,004
<b>FET CIBLE %(n)</b>	48 (179)	43 (83)	53 (96)	0,037
<b>BIS %(n)</b>	15 (55)	17(34)	11(21)	0,089

**Tableau 2** : Description des données des deux études de pratiques professionnelles.

Le gaz halogéné utilisé pour l'entretien de la narcose lors de la première EPP était majoritairement le SEVOFLURANE (91%), le taux d'utilisation était de 97% lors de la deuxième ( $p = 0,01$ ) (**tableau 2**). Sur les deux EPP, aucune intervention n'a utilisé de protoxyde d'azote.

Dans l'ensemble, le principal modèle de respirateur utilisé était l'AYSIS (44% et 57%) (**tableau 2**). Les respirateurs n'étaient pas tous dotés de la fonction AINOC (respectivement 43% dans l'EPP1 et 57% dans l'EPP2).

### **Critère de jugement principal**

Le DGF moyen lors de l'EPP1 était de 1,17L/min et de 0,70L/min dans l'EPP 2 ( $p < 0,0001$ ) (**tableau 3**).

La moitié des interventions présentait un débit de gaz frais moyen supérieur à 0,5L/min. Le DGF au branchement du respirateur a diminué de manière significative passant de 2,94L/min à 1,70L/min ( $p < 0,0001$ ) alors que la concentration en halogéné a augmenté (2,55% vs 3,04%,  $p < 0,0001$ ).

La MAC moyenne a varié de 1,01 à 1,0 ( $p < 0,0001$ ).

Le coût moyen en halogéné d'une intervention est passé de 7 euros à 3 euros.

	<b>Total N = 376</b>	<b>EPP 1 N= 195</b>	<b>EPP 2 N= 181</b>	<b>p</b>
<b>MAC moyen</b>	1,01 (0,13)	1,01 (0,14)	1,00 (0,11)	<0,0001
<b>DGF T0 (L/min)</b>	2,34 (2,86)	2,94 (3,25)	1,70 (2,2)	<0,0001
<b>DGF moyen (L/min)</b>	0,94 (0,62)	1,17 (0,70)	0,70 (0,40)	<0,0001
<b>%AH</b>	2,8 (1,30)	2,55 (1,23)	3,04 (1,33)	<0,0001
<b>DGF&gt;0,5L/min %(n)</b>	64 (214)	74 (144)	54 (97)	<0,0001
<b>Coût moyen (DION) en euro</b>	5	7	3	<0,0001

**Tableau 3** : Impact de la formation sur l'utilisation des gaz anesthésiques

## Gestion de halogénés en fonction de la présence d'une AINOC sur le respirateur

L'AINOC est un mode d'administration automatisé des halogénés par lequel l'opérateur désigne la MAC qu'il souhaite obtenir. Le respirateur est chargé de l'atteindre et de la maintenir stable dans le temps jusqu'à modification de la consigne<sup>24</sup>. La FET CIBLE est une fonction sur le respirateur AISYS<sup>25</sup> permettant d'effectuer une AINOC. Au CHU de Toulouse, les respirateurs sont réglés par l'industriel avec un objectif de DGF minimal à 0,5L/min, ce DGF minimal peut être modifié par l'utilisateur.

La présence de ce type de fonction pouvant influencer le réglage du DGF, nous avons donc séparé les observations en 2 tableaux en fonction de la présence de la fonction AINOC sur les respirateurs (*tableaux 4 et 5*).

	<b>Total N = 188</b>	<b>EPP 1 N= 111</b>	<b>EPP 2 N = 77</b>	<b>p</b>
<b>MAC moyen</b>	1,01 (0,13)	1,01 (0,14)	1,00 (0,13)	<0,0001
<b>DGF T0 (L/min)</b>	3,2 (3,5)	3,9 (3,6)	2,1 (3,04)	<0,0001
<b>DGF moyen (L/min)</b>	1,16 (0,66)	1,5 (0,69)	0,75 (0,3)	<0,0001
<b>%AH</b>	3,4 (1,40)	2,96 (1,44)	4,1 (1,03)	<0,0001
<b>Sevoflurane %</b>	90 (169)	85 (94)	97 (75)	0,004
<b>DGF moyen &gt;0,5L/min %(n)</b>	81 (164)	98 (109)	71 (55)	<0,0001
<b>Coût moyen (DION) en euro</b>	6,7 (7,2)	8,2 (8,5)	4,5 (3,7)	<0,0001

**Tableau 4:** Gestion des halogénés lorsque la fonction AINOC n'est pas disponible sur les respirateurs.

Lors de l'absence d'une fonction AINOC (*tableau 4*), le DGF moyen avant (1,5L/min) et après formation (0,75L/min) variait de façon significative ( $p < 0,001$ ).

	<b>Total N = 184</b>	<b>EPP 1 N= 84</b>	<b>EPP 2 N = 100</b>	<b>p</b>
<b>MAC moyen</b>	1 (0,12)	1,01 (0,13)	1 (0,1)	0,0005
<b>DGF T0 (L/min)</b>	1,5 (1,6)	1,7 (2,1)	1,4 (1,2)	0,45
<b>DGF moyen (L/min)</b>	0,7 (0,5)	0,8 (0,5)	0,65 (0,5)	0,25
<b>%AH</b>	2,1 (0,8)	2 (0,5)	2,3 (0,9)	0,05
<b>Sevoflurane %</b>	98 (180)	98 (83)	97 (97)	0,4
<b>Fet Cible %</b>	95 (175)	99 (83)	92 (92)	0,03
<b>DGF moyen &gt;0,5L/min %(n)</b>	41 (76)	41 (35)	41 (41)	0,93
<b>Coût moyen (DION) en euro</b>	3,6 (5,1)	5 (6,9)	2,4 (2,4)	0,01

**Tableau 5** : Gestion des halogénés lorsque la fonction AINOC est disponible sur les respirateurs.

Lors de la présence d'une fonction AINOC (*tableau 5*), le débit de gaz frais ne variait pas de manière significative avant et après formation (0,8L/min à 0,65L/min,  $p < 0,25$ ).

### **Résultats des critères de jugements secondaires**

#### **1) Analyse multivariée : Facteurs de risque d'un DGF > 0,5L/min lors de l'EPP2**

Nous avons recherché en analyse univariée (*annexe 7*) et multivariée (*tableau 6*), les facteurs de risques indépendants de réglage d'un DGF > 0,5L/min lors de l'EPP2.

	<b>OR</b>	<b>IC 95%</b>	<b>P value</b>
<b>DGF T0</b>	1,23	1,02 – 1,53	0,03
<b>%AH</b>	0,42	0,23 – 0,75	0,004
<b>Fet cible</b>	0,05	0,01 – 0,22	< 0,0001
<b>BIS</b>	2,06	0,7 – 6,08	0,19

Test de Hosmer-Lemeshow 0,73

AUC du modèle : 0,76

**Tableau 6** : Analyse multivariée : Facteurs de risque d'observer un DGF > 0,5L/min lors de la 2<sup>nd</sup>e EPP

La présence de la fonction FET CIBLE et une concentration plus élevée en halogéné étaient des facteurs protecteurs de réglage d'un DGF moyen < 0,5L/min (respectivement  $p < 0,0001$  et  $p = 0,004$ ). Un DGF élevé à T0 (au branchement du respirateur) était un facteur de risque significatif de réglage d'un DGF moyen > 0,5L/min ( $p = 0,03$ ).

Dans cette analyse, l'utilisation d'un monitoring par indice bispectral (BIS) n'était pas significatif sur la modification du DGF ( $p = 0,19$ ).

## 2) Impact économique :

L'impact économique d'une anesthésie avec agent inhalé peut être calculé grâce à la formule de Dion<sup>23</sup>.

La formule de Dion se présente de la façon suivante :

$PFTMC / 2412 d = \text{coût de l'agent inhalé en euro}$

Elle tient compte des éléments suivants :

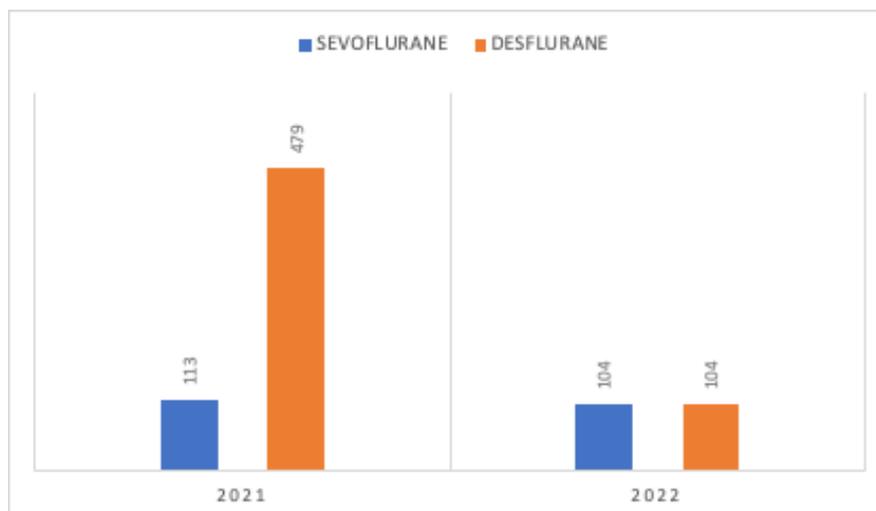
- P : concentration réglée sur l'évaporateur (%)
- F : débit de gaz frais (L/min)
- T : temps d'anesthésie (min)
- M : masse moléculaire de l'halogéné (g)
- C : coût de l'halogéné (€/mL)
- D : densité de l'halogéné (g/mL)
- 2412 : volume molaire à une température de 21°C

Lors de l'EPP1, le coût en halogéné d'une intervention était de 7 euros en moyenne (**tableau 2**). A l'issue de la formation que nous avons réalisée, le coût moyen d'une intervention en halogéné était estimé à 3 euros ( $p < 0,0001$ ) (**tableau 2**), soit une réduction de 60%.

## 3) Impact écologique :

	<b>Différence de flacon (en nombre) utilisé 2021 et 2022</b>	<b>Économie en euro entre 2021 et 2022</b>	<b>Coût carbone en Tonne de CO<sub>2</sub> équivalent entre 2021 et 2022</b>
<b>SEVOFLURANE</b>	-191	-13 414	9
<b>DESFLURANE</b>	-420	-33 866	375
<b>Total</b>	-611	-47 280	384

**Tableau 7** : Estimation des économies en nombre de flacons utilisés, en euros et en tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent entre 2021 et 2022.



**Figure 5 : Équivalent en Tonnes de CO<sub>2</sub>/an produit en 2021 et 2022 en fonction du gaz utilisé.**

A partir des données de la pharmacie du CHU de Toulouse pour 2021 et 2022 nous avons utilisé l'outil de l'Observatoire des Médicaments, Dispositifs médicaux et Innovations Thérapeutiques (OMEDIT) d'île de France<sup>26</sup>(élaboré à partir de l'Annual Anaesthetic Departmental Calculator-Royal College of Anaesthetic<sup>27</sup>) pour calculer l'empreinte carbone des gaz halogénés.

En comparant les données pour les sites de PPR et Rangueil entre 2021 et 2022, le nombre de flacon de DESFLURANE a été divisé par 4 tandis que le nombre de flacon de SEVOFLURANE a diminué de 8%. Cela représente une économie de 384 tonnes de carbone et de 47 280 euros.

# Discussion

Notre travail a permis de mettre en évidence un écart entre la pratique observée et la pratique recommandée par la SFAR concernant la gestion des gaz halogénés au sein du CHU de Toulouse sur les sites de Rangueil, de PPR et de PDV.

Nous avons pu, grâce à une campagne de sensibilisation, améliorer nos pratiques avec une diminution significative du débit de gaz frais moyen de 1,17L/min à 0,7L/min entre janvier 2021 et juin 2022, engendrant une réduction de la consommation d'halogénés. Il s'agit d'une étude qui souffre des biais de son design observationnel et monocentrique, mais dont les résultats concordent avec d'autres travaux<sup>28,29</sup>.

## **1) Réduction de la consommation d'halogénés**

Entre 2021 et 2022, la réduction de la consommation d'halogénés a permis d'économiser 47 280 euros (soit 25% du budget en AH sur PPR et Rangueil en 2021) et 384 tonnes de carbone au CHU de Toulouse. Nous avons choisi cette période car l'année 2021 correspondait à la période préformation de l'EPP1 et l'année 2022 à la période post formation de l'EPP2.

Cette franche réduction de l'impact carbone étant due en grande partie à la division par 4 de notre consommation en DESFLURANE entre l'année 2021 et 2022 mais aussi à la réduction des DGF utilisés entre ces deux périodes.

Cette diminution des coûts en halogéné restait éloignée de celle obtenue en appliquant la formule de Dion entre les deux EPP (**tableau 2**). En effet, sur notre étude nous avons obtenu en moyenne une réduction de 60% du coût en halogéné par intervention. Cette différence entre notre estimation et la réalité pouvait être due au faible nombre d'interventions observées par rapport au nombre total d'interventions par an mais également aux biais induits par notre méthodologie de sensibilisation :

- Une faible proportion de personnel a été formé : on estime 80 personnes sensibilisées sur les 550 concernées.
- La période de formation a été brève, uniquement sur deux sites, par trois formateurs.
- La participation aux séances d'information était basée sur le volontariat, ce qui a entraîné une sélection en touchant des personnes déjà informées et intéressées par le développement durable au bloc opératoire.

- L'attention portée à notre formation a pu être influencée négativement car elle a été dispensée par des étudiants IADE et non des formateurs spécialisés ou des médecins.
- Enfin, nos relevés de débits de gaz frais étaient manuels. Un relevé automatisé des DGF aurait été plus précis avec un échantillon d'interventions observées plus grand.

Il faut également prendre en compte le taux d'occupation des blocs opératoires a pu être différent entre 2021 et 2022.

Les économies annuelles réalisées pourraient être réinvesties dans des projets de développement durable hospitalier ou d'amélioration de la qualité de vie au travail. Par exemple, des respirateurs avec fonction AINOC pourraient être achetés (coût moyen pour un respirateur AISYS GE: 33 513,28 euros<sup>30</sup>).

Cependant, malgré la formation, plus de la moitié des interventions avait encore en moyenne un DGF > 0,5L/min (**tableau 3**). Une institutionnalisation de la formation par le CHU serait fondamentale pour augmenter l'impact d'une sensibilisation au développement durable et l'actualisation des connaissances à plus grande échelle.

## **2) Modifications des pratiques de l'anesthésie inhalée**

Les experts de la SFAR<sup>18</sup> suggèrent une évolution dans le monitoring de la profondeur d'anesthésie. Ils encouragent l'usage d'un indice bispectral en association avec la fraction expirée en halogéné lors de l'anesthésie inhalée afin de réduire l'impact environnemental. Il n'existe cependant à ce jour, pas d'étude dédiée à ce sujet. Dans notre travail, l'utilisation d'un BIS n'était pas associée à un bas débit de gaz frais. Cela pourrait s'expliquer par une très faible proportion d'interventions monitorées par BIS (11%) lors de l'EPP2 et donc un manque de puissance.

En revanche, nous avons observé une évolution des pratiques de l'anesthésie inhalée à la suite de notre campagne de sensibilisation.

La MAC moyenne a diminué de 0,01 entre les deux EPP. C'est un résultat qui n'a pas de résonance clinique, bien qu'il soit significatif.

Ainsi, pour un objectif de MAC identique, il était nécessaire d'augmenter la concentration en halogéné dans le circuit pour saturer celui-ci en gaz anesthésiant, l'apport en débit de gaz frais étant plus faible. C'est probablement pour cette raison

que la concentration en halogéné et le DGF à T0 étaient des facteurs indépendamment associés à un DGF>0,5L/min pendant l'EPP2 (analyse multivariée, **tableau 6**).

Parmi les autres bénéfices de notre étude, nous pouvons citer la réduction significative de l'usage du DESFLURANE (de 9% à 3%) entre les deux EPP et l'absence d'usage de protoxyde d'azote. Cela a d'ailleurs entraîné la suppression du DESFLURANE et du protoxyde d'azote dans les blocs opératoires de PPR et Rangueil du CHU de Toulouse.

### **3) Intérêt de la fonction AINOC**

L'analyse en sous-groupe et l'analyse multivariée ont montré que la présence de l'AINOC sur le respirateur était un outil clef pour la réduction du DGF moyen.

Malgré ces observations, la fonction AINOC n'était pas utilisée de manière optimale. L'opérateur pouvait régler un DGF minimal à 0,5L/min. Cependant, dans le sous-groupe possédant la fonction AINOC, 41% des interventions post formation avaient des DGF moyens supérieurs à 0,5L/min. Cela peut s'expliquer par l'algorithme de l'AINOC : il ouvre le circuit du respirateur temporairement pour répondre aux consignes pré-réglées par les professionnels anesthésiques (MAC, fraction expirée en oxygène). Il pouvait s'agir également de modifications volontaires du DGF minimal par les agents.

Une étude de 2021<sup>31</sup> a d'ailleurs démontré que l'AINOC a des avantages économiques et écologiques significatifs, combinés à une stabilité anesthésique et une facilité d'utilisation par rapport à des réglages de DGF manuels (notamment moins d'ajustements). Cependant, cette étude montrait qu'un débit minimal réglé manuellement à 0,5L/min était encore légèrement plus économique par rapport à l'algorithme automatisé (AGC®). L'implication des industriels dans le développement de nouvelles technologies, incluant les enjeux en matière de développement durable est capital.

Ces constatations ont soulevé un biais de sélection dans notre étude. En effet, du fait de contraintes organisationnelles, la campagne de sensibilisation n'a pas eu lieu sur PDV. Nous avons donc exclu ce site de l'EPP 2. Comme cette structure ne possédait pas de fonction AINOC sur ses respirateurs, l'EPP2 a observé une plus grande proportion d'interventions sous AINOC. Cela a pu influencer notre critère de jugement principal en diminuant le débit de gaz frais moyen.

#### **4) Limites et craintes liées à l'utilisation d'un bas débit de gaz frais**

Il a été décrit dans la littérature que l'utilisation d'un débit de gaz frais de SEVOFLURANE < 1L/min aboutit à la production de « composé A »<sup>32</sup>. Il est le produit de l'interaction entre le SEVOFLURANE et les absorbants de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à base d'hydroxyde de calcium (Ca(OH)<sub>2</sub>) en présence d'hydroxyde de potassium (KOH). Cette réaction est moins présente lorsque le KOH est remplacé par de l'hydroxyde de sodium (NaOH). Ce composé est néphrotoxique chez le rat. Une méta-analyse de 2020<sup>33</sup> est rassurante à ce sujet puisqu'elle a conclu que l'utilisation du SEVOFLURANE n'augmentait pas le risque de dysfonctionnement rénal par rapport à d'autres agents utilisés pour l'entretien de l'anesthésie chez l'homme. Cela s'est vérifié même lorsque le SEVOFLURANE était administré avec un faible taux de DGF, chez des patients présentant une insuffisance rénale stable, avec différents absorbants et à des durées d'exposition variables.

L'utilisation d'un débit minimal (DGF<0,5L/min) présente des bénéfices économiques et écologiques mais également des bénéfices cliniques.

En effet, l'élimination du CO<sub>2</sub> expiré par le patient est réalisée par la chaux sodée. La réaction chimique entre ces deux éléments aboutit à la production d'eau et de chaleur, permettant une meilleure humidification et un réchauffement des voies aériennes du patient sous anesthésie générale<sup>34</sup>. Cela permet aussi de limiter l'exposition des équipes à ces agents volatiles potentiellement toxiques dans des expositions à long terme<sup>35,36</sup>. Dans notre étude nous n'avons pas évalué l'impact de cette réduction de DGF sur la consommation en chaux sodée.

En revanche, une étude de 2020<sup>37</sup> a démontré que le coût des absorbants n'était pas un obstacle à la pratique de l'anesthésie en circuit fermé. Les auteurs encourageaient à changer les absorbants en fonction de l'apparition de dioxyde de carbone inspiré plutôt que d'un changement d'indicateur (couleur de la chaux).

# Conclusion

Nous avons mené une étude des pratiques professionnelles de type « avant/après » pour optimiser la gestion des halogénés au bloc opératoire.

Nous avons pu, grâce à une campagne de sensibilisation, améliorer nos pratiques avec une diminution significative du débit de gaz frais moyen de 1,17L/min à 0,7L/min entre janvier 2021 et juin 2022. Cependant, plus de la moitié des interventions restait au-delà du débit de gaz frais (0,5L/min) préconisé par la SFAR. La généralisation de la fonction AINOC semble être un moyen efficace de réduire le DGF.

Le respect des recommandations permet la réalisation d'économies et une réduction de la production de gaz à effet de serre.

La poursuite de la sensibilisation des professionnels à l'application des bonnes pratiques semble primordiale. Une nouvelle évaluation des pratiques professionnelles doit voir le jour pour mesurer la pérennité de ces mesures.

le 10/03/2023  
Vu et permis d'imprimer  
Le Président de l'Université Toulouse III – Paul Sabatier  
Faculté de Santé  
Par délégation,  
La Doyenne-Directrice  
Du Département de Médecine, Maïeutique, Paramédical  
Professeure Odile RAUZY



Bon pour impression,  
Toulouse le 01/03/2023

O. Fourcade

Professeur O. FOURCADE  
N° RPPS : 10002903317  
Département Anesthésie & Réanimation  
Centre Hospitalo-Universitaire de TOULOUSE  
TSA 40031 - 31059 TOULOUSE Cedex 9  
Tél. : 05-61-77-74-43 / 05-61-77-92-67

# Bibliographie

1. Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *Lancet Lond Engl*. 2018;392(10163):2479-2514. doi:10.1016/S0140-6736(18)32594-7
2. IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SANTE - Fiche 4 - GREEN SFAR. 2020.
3. Climate Effects on Health | CDC. Published May 3, 2022. Accessed January 15, 2023. <https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/default.htm>
4. ARE O fédéral du développement territorial. 1987: Le Rapport Brundtland. Accessed August 1, 2022. <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/medien-und-publikationen/publikationen/nachhaltige-entwicklung/brundtland-report.html>
5. Protocole de Kyoto : objectifs, enjeux, signataires et bilan. Accessed August 1, 2022. <https://www.connaissancesdesenergies.org/fiche-pedagogique/protocole-de-kyoto>
6. Lenzen M, Malik A, Li M, et al. The environmental footprint of health care: a global assessment. *Lancet Planet Health*. 2020;4(7):e271-e279. doi:10.1016/S2542-5196(20)30121-2
7. McGain F, Muret J, Lawson C, Sherman JD. Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *Br J Anaesth*. 2020;125(5):680-692. doi:10.1016/j.bja.2020.06.055
8. Andersen MPS, Nielsen OJ, Wallington TJ, Karpichev B, Sander SP. Assessing the Impact on Global Climate from General Anesthetic Gases. *Anesth Analg*. 2012;114(5):1081-1085. doi:10.1213/ANE.0b013e31824d6150
9. Khass Z, Paries M, Jacquens A, et al. Enquête sur les changements de prescriptions des gaz anesthésiants après sensibilisation à leurs impacts climatiques. *Anesth Réanimation*. 2021;7(2):110-118. doi:10.1016/j.anrea.2020.11.012
10. Devlin-Hegedus JA, McGain F, Harris RD, Sherman JD. Action guidance for addressing pollution from inhalational anaesthetics. *Anaesthesia*. 2022;77(9):1023-1029. doi:10.1111/anae.15785
11. Tennison I, Roschnik S, Ashby B, et al. Health care's response to climate change: a carbon footprint assessment of the NHS in England. *Lancet Planet Health*. 2021;5(2):e84-e92. doi:10.1016/S2542-5196(20)30271-0
12. MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health*. 2017;1(9):e381-e388. doi:10.1016/S2542-5196(17)30162-6
13. Fiche 6 - Réduction de la pollution pas les anesthésiques inhalés - Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. Accessed August 9, 2022. <https://sfar.org/download/fiche-6-reduction-de-la-pollution-pas-les-anesthesiques-inhales/>
14. I. Odin, N. Nathan. Anesthésiques Halogénés.2005.
15. Marcantoni J, Bonnet L, Muret J. IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROPOFOL. :2.
16. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg*. 2012;114(5):1086-1090. doi:10.1213/ANE.0b013e31824f6940
17. Kostubiak M, Vatovec CM, Dupigny-Giroux LA, Rizzo DM, Paganelli WC, Tsai MH. Water Pollution and Environmental Concerns in Anesthesiology. *J Med Syst*. 2020;44(9):169. doi:10.1007/s10916-020-01634-2
18. Alter C. Réduction de l'impact environnemental de l'anesthésie générale - La SFAR. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. Published September 20, 2022. Accessed February 20, 2023. <https://sfar.org/reduction-de-limpact-environnemental-de-lanesthesie-generale/>
19. Fiches SFAR Green - La SFAR. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. Accessed August 1, 2022. <https://sfar.org/comites/developpement-durable/fiches-pratiques/sfar-green/>
20. Ecoffey C, Beloeil H. Éveiller les anesthésistes-réanimateurs à l'impact climatique de leur pratique quotidienne. *Anesth Réanimation*. 2021;7(2):97-99. doi:10.1016/j.anrea.2021.02.007
21. White SM, Shelton CL, Gelb AW, et al. Principles of environmentally-sustainable anaesthesia: a global consensus statement from the World Federation of Societies of Anaesthesiologists. *Anaesthesia*. 2022;77(2):201-212. doi:10.1111/anae.15598
22. Fiche 3 - Évaluation des pratiques professionnelles dans le domaine de l'eco-responsabilité au bloc opératoire et en réanimation. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. Accessed August 9, 2022. <https://sfar.org/download/fiche-3-evaluation-des-pratiques-professionnelles-dans-le-domaine-de-leco-responsabilite-au-bloc-operatoire-et-en-reanimation/>
23. Dion P. The cost of anaesthetic vapours. *Can J Anaesth J Can Anesth*. 1992;39(6):633. doi:10.1007/BF03008331
24. Servin F. ANESTHÉSIE INHALATOIRE À OBJECTIF DE CONCENTRATION (AINOC).
25. Aisys CS<sup>2</sup> avec fonction FetCible. Accessed January 31, 2023. <https://www.gehealthcare.fr/products/perioperative-care/aisys-cs-with-end-tidal-control-etc>
26. OMEDI - Ile-de-France. Calculateur manuel de l'impact carbone des gaz anesthésiques. Published online August 23, 2022.
27. Annual Anaesthetic Departmental Calculator | The Royal College of Anaesthetists. Accessed

- February 2, 2023. <https://rcoa.ac.uk/about-college/strategy-vision/environment-sustainability/annual-anaesthetic-departmental-calculator>
28. Bove L del. Impact d'une formation sur les conséquences environnementales des activités du bloc opératoire : pour une gestion éco-responsable des déchets et des gaz d'anesthésie. Published online March 29, 2019:79.
29. GUERQUIN Lydie, GUTHINGER Gérard, ZAFIRIOU Yoann. Impact économique et écologique des halogénés: Quelles opportunités de réduction des consommations au CHU de Grenoble.
30. GE Aisys CS2 à vendre - Acheter au meilleur prix. Bimedis. Accessed February 1, 2023. <https://fr.bimedis.com/ge-aisys-cs2-m410418>
31. Kalmar AF, Van Der Vekens N, De Rydt F, Allaert S, Van De Velde M, Mulier J. Minimizing sevoflurane wastage by sensible use of automated gas control technology in the flow-i workstation: an economic and ecological assessment. *J Clin Monit Comput*. Published online January 3, 2022. doi:10.1007/s10877-021-00803-z
32. There are no dragons: Low-flow anaesthesia with sevoflurane is safe - R Ross Kennedy, Jan FA Hendrickx, Jeffrey M Feldman, 2019. Accessed January 8, 2023. [https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0310057X19843304?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0310057X19843304?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)
33. Sondekoppam RV, Narsingani KH, Schimmel TA, McConnell BM, Buro K, Özelsel TJP. The impact of sevoflurane anesthesia on postoperative renal function: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Can J Anaesth J Can Anesth*. 2020;67(11):1595-1623. doi:10.1007/s12630-020-01791-5
34. Hönemann C, Mierke B. Low-flow, minimal-flow and metabolic-flow anaesthesia. :104.
35. Total Intravenous Anesthetic Versus Inhaled Anesthetic: Pick... : Anesthesia & Analgesia. Accessed January 17, 2023. [https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2019/01000/Total\\_Intravenous\\_Anesthetic\\_Versus\\_Inhaled.7.aspx](https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2019/01000/Total_Intravenous_Anesthetic_Versus_Inhaled.7.aspx)
36. Varughese S, Ahmed R. Environmental and Occupational Considerations of Anesthesia: A Narrative Review and Update. *Anesth Analg*. 2021;133(4):826-835. doi:10.1213/ANE.0000000000005504
37. Feldman JM, Lo C, Hendrickx J. Estimating the Impact of Carbon Dioxide Absorbent Performance Differences on Absorbent Cost During Low-Flow Anesthesia. *Anesth Analg*. 2020;130(2):374-381. doi:10.1213/ANE.0000000000004059

# Annexes

## ANNEXE 1 : EPP : grille d'observation



---

Site :  Rangueil  PPR

Bloc / Salle /

Spécialité : .....

Intervention :

.....

Durée de la chirurgie :

.....

Âge et poids du patient :

.....

---

Fonction de l'agent :

- MAR
- IADE
- IAR
- EIA

Tranche d'âge de l'agent :

- 25 – 34
- 35 – 44
- 45 – 54
- > 55 ans

---

Respirateurs :  Primus  Aisys  Avance  Autre : .....

Fonction AINOC présente :  OUI  NON

Agent halogéné utilisé :  Sévoflurane  Desflurane

Protoxyde d'azote utilisé :  OUI  NON

Fonction FetCible utilisée :  OUI  NON

BIS :  OUI  NON

IOT  ML

Réglage alarme :

FiAH :  OUI  NON

FeO<sub>2</sub> :  OUI  NON

---

Heure d'induction : .....

Heure d'ouverture de la cuve : .....

Heure de fermeture de la cuve : .....

Temps d'anesthésie (min)	T0	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T70	T80	T90	T100	T110	T120
Concentration halogéné (%)													
Réglage DGF (L/min)													
MAC													
FeO <sub>2</sub> (%)													
Et AH (%)													
Et CO <sub>2</sub> (mmHg)													

---

Nécessité de modification du DGF au cours de l'intervention :  OUI  NON

Cause(s) : .....

## ANNEXE 2 : Sticker de sensibilisation

### Durée de vie dans l'atmosphère :

**Des** 11 ans

1 flacon = 886 kg eq CO<sub>2</sub>

**Sévo** 1 an

1 flacon = 44 kg eq CO<sub>2</sub>



Hôpitaux de Toulouse



En France, 70% des anesthésies générales sont entretenues sur un mode inhalatoire



Ces gaz Halogénés se retrouvent **DIRECTEMENT** dans l'atmosphère (métabolisation <5%)  
 correspondent à **10-15% de la totalité des gaz à effet de serre (GES) d'origine humaine (SFAR)**

Les gaz halogénés, dont une partie provient de l'anesthésie, correspondent à **10-15% de la totalité des gaz à effet de serre (GES) d'origine humaine (SFAR)**

**Certains gaz sont pires que d'autres :**

Durée de vie dans l'atmosphère

N2O	114 ans
Des	11 ans
Sevo	1 an

PRG = « Pouvoir de Réchauffement Global »

Des	2500
N2O	300
Sevo	130

Il quantifie l'impact d'un gaz sur le climat... Par comparaison, le PRG du CO2 est toujours 1.



**Moins on consomme ... Moins on rejette !**

Quick Fact : 50 % des entretiens aux Halogénés se font avec un DGF > 1,1L/min au CHU de Toulouse !

Toutes les AG avec :	DGF 0,5 L/min*
Economie de flacon	- 2135 / an
Economie financière	- 54 % / an
Economie en équivalent km (véhicule essence catégorie B)	- 13 977 km / an

\*Nouvelle reco SFAR

Simulation de l'équivalent CO2

8h sous Des/N2O = Paris - Moscou



8h sous Sévo/N2O = Paris - Marseille





# ANNEXE 4 : Support PowerPoint® pour session de formation



## Introduction

- Objectifs pédagogiques :
  - Information
  - Elaboration de protocoles concernant la gestion des gaz halogénés
  - Formation
  - Répondre aux interrogations
- uniformisation des pratiques, ↓ impact carbone, économie financière.

## Introduction

Les gaz halogénés sont largement utilisés au cours de l'induction et de l'entretien de l'anesthésie. 75% des anesthésies générales sont entretenus par AG (SFAR). Leur coût d'achat mais aussi leur impact environnemental en font un axe d'amélioration cible.

Durée de vie dans l'atmosphère : PRG : pouvoir de réchauffement global

N2O 114 ans	Des 11 ans	Sevo 1 an	Des 2500	N2O 3000	Sevo 1300
-------------	------------	-----------	----------	----------	-----------

8h sous Des/N<sub>2</sub>O = Paris - Moscou  
8h sous Sevo/N<sub>2</sub>O = Paris - Marseille

## Le débit de gaz frais

- Le débit de gaz frais (DGF) est la quantité de gaz apportée au circuit (machine, tuyau, patient), en plus de la quantité déjà présente dans le circuit.
- Il permet notamment :
  - un apport d'O<sub>2</sub>
  - remplacer la quantité de CO<sub>2</sub> éliminé par un mélange air/O<sub>2</sub> frais
  - un apport en agent halogéné
  - compenser la quantité d'agent halogéné métabolisé par le patient
  - compenser les fuites du circuit.

## Le débit de gaz frais

## Le débit de gaz frais

Quel débit de gaz frais utilisez-vous habituellement ?

## Le débit de gaz frais

- Au CHU de Toulouse, 50% des entretiens aux agents halogénés se font avec un DGF médian de 1.1 L/min.
- Reco SFAR Green 2020 :
  - « Travailler en DGF le plus faible possible et toujours < 0.5 L/min si le respirateur le permet ».
  - « Optimiser la fraction délivrée en agents halogénés en monitorant la profondeur de l'anesthésie ».

## Le débit de gaz frais

DGF = 1 L/min → - 44 122 € → ↓ à 1553 kg/an

## Le débit de gaz frais

DGF = 0.5 L/min → - 161 174 € → ↓ à 1166 kg/an

## Le débit minimal

Protocole élaboré par la team Green bloc :

- Bas débit = 1 L/min
- Débit minimal = 0.5 L/min
- Débit métabolique = 0.35 L/min

## Le débit minimal

- Retour terrain : les principaux freins à son utilisation
  - Crainte de l'hypoxie
  - Problème de narcose (défaut ou excès)
  - Gestion non optimale d'une défaillance hémodynamique
  - Performances du ventilateur inadaptées (fuites, précision des réglages)
  - Humidification du circuit
  - Temps de saturation trop long

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

10

## Le débit minimal

### Crainte de l'hypoxie

- Si, avec le réglage choisi, la  $FeO_2$  tombe à moins de 40 % :
  - $\neq$  la  $FiO_2$ , 100 %
  - Si insuffisant, augmentez le débit de gaz frais d'oxygène à 1 L/min.
  - Vérifier la présence de fuites.

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

11

## Le débit minimal

### Problème de narcose

- Augmentation lente :
  - DGF inchangé 0,5 L/min.
  - Réglage du vaporisateur au maximum.
  - Fet Cible atteinte = régler le vaporisateur à une valeur de 5 à 7 % pour le sévoflurane et 12 à 14 % pour le desflurane.

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

12

## Le débit minimal

### Problème de narcose

- Augmentation rapide :
  - DGF 1 L/min.
  - Réglage du vaporisateur au maximum.
  - Fet Cible atteinte = régler le vaporisateur à une valeur de 5 à 7 % pour le sévoflurane et 12 à 14 % pour le desflurane

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

13

## Le débit minimal

### Problème de narcose

- Diminution lente :
  - DGF inchangé à 0,5 L/min.
  - Fermer le vaporisateur.
  - Fet Cible atteinte = régler le vaporisateur à une valeur de 5 à 7 % pour le sévoflurane et 12 à 14 % pour le desflurane.

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

14

## Le débit minimal

### Problème de narcose

- Diminution rapide :
  - DGF 1 L/min.
  - Fermer le vaporisateur.
  - Fet Cible atteinte = régler le vaporisateur à une valeur de 5 à 7 % pour le sévoflurane et 12 à 14 % pour le desflurane.

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

15

## Le débit minimal

### Gestion défaillance HDM

- En cas de situation d'urgence :
  - Procédure habituelle

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

16

## Le débit minimal

### Performance du ventilateur inadaptées

- Le soufflet s'affaisse.
- $\neq$  DGF à 2 L/min durant 1 min.
- Fuites ?
- Si la fuite ne peut être réparée, ou le ventilateur ne permet pas le débit métabolique,  $\neq$  DGF à 1 L/min max.

CHU de Toulouse

Formation Green Bloc 2021 - 2022

17

## Le débit minimal Humidification du circuit

- → Production importante de vapeur d'eau.
- Surveillance des filtres, changement si besoin.
- Vidange :
  - pièges à eau tuyaux,
  - cassette d'eau chaux sodée.
- « Aérer » la chaux sodée en fin de programme.
- Changement à FICO<sub>2</sub> = 5 mmHg



CHU de Toulouse

Formation Green Box 2021 - 2022

18

## Le débit minimal

- Temps de saturation trop long



→ Sévoflurane = 5 %

CHU de Toulouse

Formation Green Box 2021 - 2022

19

## Take Home Message

- Les AH sont très peu métabolisés et **rejetés directement** dans l'atmosphère.
- L'anesthésie en bas DGF permettrait la **↘ de +50%** la quantité d'AH utilisée au CHU de Toulouse :
  - - **10 tonnes d'eq CO<sub>2</sub>**
  - - **150 000 € de dépens** → environ deux ventilateurs GE Aysis CS2 haut de gamme

**DGF phase de saturation : 1 L/min**

**DGF phase d'entretien : 0.5 L/min**

CHU de Toulouse

Formation Green Box 2021 - 2022

20

## Le débit métabolique

- Apport en O<sub>2</sub> pour couvrir les besoins métaboliques d'un patient adulte.
  - o 35 ml/kg/min (Samuel Brody, 1945)
  - o Soit 350 ml/min pour un adulte de 100kg → **ÉVEILLÉ**
- L'anesthésie générale entraîne une **↘** de la VO<sub>2</sub>.
- **Application terrain : DGF 0.35 L/min**

**Bientôt à l'étude au CHU de Toulouse**

CHU de Toulouse

Formation Green Box 2021 - 2022

21

## Bibliographie

- [1] AMIC A, GAYRAUD A, LAURENT J. Evaluation des pratiques professionnelles monocentrique vers l'optimisation de la consommation des gaz halogénés au CHU de Toulouse. Toulouse, France: Ecole d'infirmier anesthésiste; 2021 p. 20.
- [2] BONNET L, MURET J, PAUCHARD J-C, GUERQUIN L, MATEZAK M-P. Réduction de la pollution par les anesthésiques inhalés [Internet]. 2020. Disponible sur: <https://star.org/download/fiche-6-reduction-de-la-pollution-par-les-anesthésiques-inhalés/?wpdmdl=29591&refresh=91838308f003d1636467464>
- [3] Quénet E, Weil G, Billard V. Optimisation de l'administration des agents anesthésiques inhalés : débit de gaz frais ou fraction délivrée ? Ann Fr Anesth Reanim. nov 2008;27(11):900-8.
- [4] HONEMANN C, BERT M. Low-flow, minimal-flow and metabolic-flow anaesthesia Clinical techniques for use with rebreathing systems. Drägerwerk AG & Co; 2015.
- [5] Anaesthetic Impact Calculator <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sleepwater.anaesthesia&hl=fr> (Android) ou <https://apps.apple.com/fr/app/anaesthetic-impact-calculator/id1070999985> (Apple).

CHU de Toulouse

Formation Green Box 2021 - 2022

22

## BONUS



DGF : 1 L/min

DGF : 0.4 L/min

App : Anaesthetic Impact Calculator [5]

CHU de Toulouse

Formation Green Box 2021 - 2022

23

## **ANNEXE 5 : Conduite à tenir et « Foire aux Questions » (FAQ) débit minimal**

### **Pré-oxygénation :**

- **Pré-oxygénation** avec de l'oxygène à **100 % à 6 L/min**, avec un masque d'anesthésie.
- Technique de pré-oxygénation à adapter selon le terrain du patient (VSAI + PEP).
- Monitoring de la FeO<sub>2</sub>.
- Fin de la pré-oxygénation lorsque **FeO<sub>2</sub> > 90%**.

### **Phase d'induction et d'intubation :**

- Analgésie, administration intraveineuse de l'hypnotique, curarisation (à adapter selon la stratégie sélectionnée selon le terrain et la chirurgie).
- Intubation endo-trachéale.
- Connexion du patient au système de circuit.

### **Phase initiale : saturation du circuit**

- **Début**e une fois la phase d'intubation terminée, **au moment de la connexion de la sonde d'intubation** au ventilateur et du passage en ventilation contrôlée.
- Réglage du débit de gaz frais :

O<sub>2</sub>

- **100% d'oxygène et 1 L/min** de débit de gaz frais.

- Réglages du vaporisateur :

AH

- **Sevoflurane : 8 % (max).**
- Desflurane : 18 % (max).

- Maintien de ces réglages jusqu'à obtention d'une **MAC entre 0.8 et 1.**

### **Phase d'entretien :**

- Une fois MAC 0.8 – 1 atteinte :
  - Réduction du débit de gaz frais **0,5 L/min.**
  - Réglage de la FiO<sub>2</sub> (entre 60 et 80 %) pour **objectif de FeO<sub>2</sub> ≥ 40 %.**
  - Réglage du **seuil d'alarme inférieur** de la FeO<sub>2</sub> à **40 %.**

O<sub>2</sub>

- Sévoflurane : 4 – 6 %.
- Desflurane : 8 – 12 %.
- **Réglage du sévoflurane à 3% et FeSév avec seuil d'alarme supérieure à 3 %.**
- Réglage du Desflurane à 8 % et FiDes avec un seuil d'alarme supérieure à 8 %.

AH

### **Phase de réveil :**

- Réglage du vaporisateur à **0 %** environ **10 à 15 minutes** avant déchangement.
- **Maintien d'un faible débit** de 0,5 L/min.
- Une fois la fermeture terminée, avant l'extubation : **purge du système selon procédure habituelle**

## FAQ

### ♦ L'état de narcose de mon patient n'est pas optimal, ou n'est pas adapté au temps chirurgical. Quelle est ma conduite à tenir ?

#### Augmentation de la concentration de l'agent anesthésique (délais d'action long) :

- Le débit de gaz frais reste inchangé à environ 0,5 L/min.
- Augmentez le réglage du vaporisateur **au maximum** (sévoflurane 8% et desflurane 18%).
- Une fois la concentration souhaitée atteinte, régler le vaporisateur à une valeur de 5 à 7 % pour le sévoflurane et 12 à 14 % pour le desflurane.

#### Réduction de la concentration de l'agent anesthésique (délais d'action long) :

- Le débit de gaz frais reste inchangé à **0,5 L/min**.
- **Fermer** le vaporisateur.
- Une fois que la concentration souhaitée est atteinte, remettre le vaporisateur aux réglages suivants :
  - **Sévoflurane : 4 – 6 %.**
  - Desflurane : 8 à 12 %.

#### Modification rapide de la profondeur d'anesthésie (délais d'action court) :

AUGMENTATION

- Augmenter le débit de gaz frais à **1 L/min**.
- Régler le vaporisateur sur :
  - Sévoflurane **8 % (max)**.
  - Desflurane : 18 %.
- Une fois que la concentration d'agent anesthésique souhaitée est atteinte - en règle générale après **1 à 3 minutes** - réduire de nouveau le débit de gaz frais à **0,5 L/min** et le vaporisateur à 5 %.
- Surveillance et monitoring FeSévo (ou FeDes) **OBLIGATOIRE** (risque de surdosage).

ou

DIMINUTION

- Augmenter le débit de gaz frais à **1 L/min**.
- **Fermer** le vaporisateur.
- Une fois que la concentration souhaitée est atteinte – en règle générale après 1 à 3 minutes – remettre le vaporisateur aux réglages suivants :
  - Sévoflurane : 5 %.
  - Desflurane : 8 à 12 %.
- Surveillance et monitoring FeSévo (ou FeDes) **OBLIGATOIRE** (risque de sous dosage et de défaut de narcose).

### ♦ Déclenchement de l'alarme d'O<sub>2</sub> inspiratoire, mon patient risque l'hypoxémie. Quelle est ma conduite à tenir ?

- Si, avec le réglage choisi, la FeO<sub>2</sub> tombe à moins de 40 % :
  - **Augmenter la FiO<sub>2</sub> 100 %**
  - Si insuffisant, augmentez le débit de gaz frais d'oxygène à **1 L/min**.
  - Vérifier la présence de fuites.
  - En cas d'urgence vitale, augmenter le DGF de manière à ré oxygéner le patient très rapidement.

### ♦ Alarme fuite :

- Le volume minute diminue, la pression de crête des voies respiratoires diminue, le sac réservoir (ou soufflet) s'affaisse.
- Remplissez le système respiratoire en augmentant le débit de gaz frais à **2 L/min durant 1 min**.
- Recherchez les fuites (trou dans le système de tuyaux, masque à valve de sac, absorbeur de CO<sub>2</sub> correctement fixé ?).
- Si la fuite ne peut être réparée, augmentez le débit de gaz frais à débit 0.5 à 1 L/min.

### ♦ Mon patient ré-inhale trop de CO<sub>2</sub>. Quelle est ma conduite à tenir ?

- Le travail en débit minimal peut augmenter la vitesse de saturation de la chaux sodée.
- **Monitorisez et surveillez la FiCO<sub>2</sub>** (maximum **5 mmHg**) et surveiller la coloration de la chaux sodée.
- Si la FiCO<sub>2</sub> augmente, et que la chaux sodée se sature, cela indique que la chaux sodée doit être remplacée.

- Après le changement, si la FiAH diminue, régler le **vaporisateur sur sa valeur maximale** et le **débit de gaz frais à 1 L/min** (idem phase de saturation).

♦ **J'administre entre 60 et 80 % d'oxygène, est-ce que j'expose mon patient à un risque d'hyperoxie ?**

Non.

Chez l'homme sain, les premiers signes de toxicité sont une irritation trachéo-bronchique après une exposition d'environ 10 h à 100 % FiO<sub>2</sub> à pression atmosphérique.[1]

De plus, du fait du faible débit de gaz frais, la FiO<sub>2</sub> monitorée est inférieure à celle demandée par l'agent qui effectue son réglage. L'important est de rester sous une FiO<sub>2</sub> monitorée < 50% et QSP SpO<sub>2</sub> ≥ 95 %.

En ce qui concerne le risque d'atélectasie de dénitrogénéation, il peut être facilement contré par la mise en place d'une PEP. [2]

♦ **Pourquoi la FeAH cible est inférieure aux valeurs d'ouverture des vaporisateurs ?**

Lorsque l'on apporte un débit de gaz frais de 500 ml/min, la quantité (%) d'halogéné présent est très faible. Afin de maintenir constante la concentration de l'agent halogéné dans un volume important (Vt + CRF + volume du circuit), les vaporisateurs doivent être réglé à des valeurs plus importantes.

Plus le temps passer sous anesthésie inhalatoire sera long, moins la concentration en AH nécessaire à maintenir une FeAH cible sera importante (saturation, équilibre).

Il sera donc nécessaire de titrer la concentration d'agent halogéné apporté dans le débit de gaz frais au cours de l'anesthésie en fonction de la FeAH et de la MAC.

♦ **L'anesthésie sous propofol a-t-elle un impact sur le développement durable moins important que l'anesthésie sous agent halogéné ?**

Il n'est à l'heure actuelle, **pas possible** de répondre à cette question, des études précises n'ayant pas encore été publiée.

Cependant, il nous est possible d'affirmer que l'anesthésie au **propofol**, induction et entretien, **a un impact néfaste sur l'environnement**.

Selon une étude publiée en **2021** [3] sur la pollution des eaux en anesthésie :

- Élimination rénale : **1 % pur, 60 % sous forme glucuronidé.**
- **17.5 µg/L** dans les eaux usées des hôpitaux en France.
- **PBT** (index de Persistance, Bio-accumulation, Toxicité) **du propofol = 9** (sur une échelle de 0 à 9). [4]
- **Demi-vie aquatique** du propofol : **> 1 an** (en comparaison la **durée de vie totale** du sévoflurane dans l'atmosphère est d'**1 an**).
- **Pollution des eaux, des sols, et des organismes à proximité des zones de traitement** (due à sa forte liposolubilité).
- **1/3** du propofol préparé est **jeté**.
- Le propofol doit être **incinéré à 1000 °C** pendant au moins 2 sec (DAOM : incinération à 850°C, **DASRI : incinération à 1000°C**).
- Utilisation de consommable (seringue, trocart, tubulure, emballage).

♦ **Qu'est-ce que le « débit métabolique » ?**

Le débit métabolique représente l'apport en O<sub>2</sub> pour couvrir les besoins métaboliques d'un patient. Sa valeur est de 3.5 ml/kg/min, soit 350 ml/min pour un patient de 100 kg.

[1] Demiselle J, Radermacher P, Asfar P. Hyperoxie en réanimation. Anesthésie & Réanimation. mars 2019;5(2):91-7.

[2] Deby-Dupont G, Deby C, Lamy M. Données actuelles sur la toxicité de l'oxygène. :12.

[3] Kostrubiak M, Vatovec C, Dupigny-Giroux L-A, Rizzo D, Paganelli W, Tsai M. Water Pollution and Environmental Concerns in Anesthesiology. Univerity of Vermont; 2021.

[4] PAUCHARD J-C. Green anesthesia, éco responsabilité en anesthésie. Journées d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale d'Aquitaine 2018; 2018; Bordeaux

**ANNEXE 6** : Description des caractéristiques des professionnels de santé observés pendant les deux études de pratiques professionnelles.

	<b>Total N = 376</b>	<b>EPP 1 N= 195</b>	<b>EPP 2 N = 181</b>	<b>p</b>
<b>IADE, %(n)</b>	75,8 (285)	66 (128)	87 (157)	< 0,0001
<b>EIADE %(n)</b>	3,5 (13)	4,8 (10)	2,8 (5)	0,48
<b>MAR %(n)</b>	13,8 (52)	13 (25)	15 (27)	0,51
<b>IAR %(n)</b>	13,3 (50)	17 (33)	9,4 (17)	0,04
<b>Age 25-34 ans %(n)</b>	37,5 (141)	49 (96)	25 (45)	<0,0001
<b>Age 35-44 ans %(n)</b>	39 (147)	30 (59)	49 (78)	0,0003
<b>Age 45-54 ans %(n)</b>	20 (77)	15 (30)	26 (47)	0,012

**ANNEXE 7** : Analyse univariée : Facteurs de risque d'avoir un DGF moyen >0,5L/min pour l'évaluation des pratiques professionnelles 2

	<b>Total N= 181</b>	<b>DGF&lt;0,5L/min %(n)</b>	<b>DGF&gt;0,5L/min %(n)</b>	<b>p</b>
<b>IADE</b>	87 (157)	46(73)	54% (84)	0,97
<b>Durée anesthésie moyenne (min)</b>	114 (65)	110(59)	118(70)	0,53
<b>Durée chirurgie moyenne (min)</b>	85(57)	80(48)	90(64)	0,53
<b>CO Hal (%) T0</b>	3,3(2,1)	3,1(2,3)	3,5(1,9)	0,02
<b>MAC T0</b>	0,04(0,19)	0,03(0,15)	0,04(0,22)	0,83
<b>DGF T0</b>	1,7(2,2)	1,3(1,8)	2,1(2,5)	0,0002
<b>%AH moyen</b>	3,0(1,3)	2,8(1,2)	3,3(1,4)	0,02
<b>MAC moyen</b>	1(0,1)	1(0,1)	1(0,1)	0,01
<b>Fet Cible</b>	53 (96)	68 (57)	40 (39)	0,0002
<b>BIS</b>	12(21)	7(6)	15(15)	0,04
<b>Sévoflurane</b>	97(176)	100 (84)	92(95)	0,01

---

## Évaluation monocentrique de l'impact d'une sensibilisation pour réduire la consommation des gaz halogénés au bloc opératoire

---

### RESUME

**Introduction** : L'anesthésie inhalée représente jusqu'à 50% de l'empreinte carbone des services per-opératoires. Dès 2020, La SFAR Green recommandait l'utilisation d'un bas débit de gaz frais (DGF < 0,5L/min). L'objectif de notre étude était d'évaluer l'impact d'une sensibilisation pour réduire la consommation des halogénés au bloc opératoire.

**Matériel et méthode** : Il s'agissait d'une étude des pratiques professionnelles de type « avant/après », monocentrique, réalisée au sein du CHU de Toulouse (France) du 19 novembre 2020 au 24 juin 2022. Le critère de jugement principal était la variation du DGF moyen à la suite d'une campagne de sensibilisation.

**Résultats** : Nous avons observé 376 chirurgies. Notre formation a permis une diminution significative du DGF moyen de 1,17L/min à 0,7L/min. Nous avons estimé entre 2021 et 2022 sur 2 sites du CHU de Toulouse une économie qui s'élève à 47 280 euros et 384 tonnes de carbone.

La généralisation de l'anesthésie inhalatoire à objectif de concentration (AINOC) semble être un outil efficace pour réduire le DGF.

**Conclusion** : Le respect des recommandations permet d'économiser et de réduire l'impact carbone de l'anesthésie inhalée. La moitié des interventions restent au-delà du débit de gaz frais (0,5L/min) recommandé par la SFAR. Une nouvelle étude des pratiques professionnelles doit réévaluer les acquis précédemment cités.

---

TITRE EN ANGLAIS: **Monocentric evaluation of training's impact to reduce the flow of halogenated gases in the operating room**

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE** : Médecine spécialisée clinique

---

**MOTS-CLÉS** : gaz halogéné, gaz à effet de serre, bas débit de gaz frais, développement durable, étude des pratiques professionnelles, formation, Formule de Dion, économie.

---

**INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III-Paul Sabatier, Faculté de médecine Toulouse-Purpan,

37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

---

**Directrice de thèse** : Charlotte Martin