

UNIVERSITE DE LILLE – SECTEUR DROIT ET SANTE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2021

THESE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

Anesthésie écoresponsable : État des lieux des connaissances et pratiques au CHU de Lille

Présentée et soutenue publiquement le 8 novembre 2021
à 18 heures au pôle recherche

Par Maxime VANCO

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Éric KIPNIS

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Gilles LEBUFFE

Monsieur le Docteur Serge DALMAS

Directeur de thèse :

Madame le Docteur Florence LALLEMANT

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles

AINOC	Anesthésie INhalatoire à Objectif de Concentration
ASA	<i>American Society of Anesthesiologists</i>
BNP	Brain Natriuretic Peptide
BPCO	BronchoPneumopathie Chronique Obstructive
CCV	Chirurgie Cardiovasculaire
CEC	Circulation Extra-Corporelle
CHU	Centre Hospitalo-Universitaire
CPP	Comité de Protection des Personnes
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
IADE	Infirmier Anesthésiste Diplômé d'État
IMC	Indice de Masse Corporelle
IR	InfraRouge
MAC	<i>Minimal Alveolar Concentration</i> (Concentration Alvéolaire Minimale)
MMSE	<i>Mini-Mental Status Examination</i>
NMDA	N-Methyl-D-Aspartate
SFAR	Société Française d'Anesthésie et Réanimation
SSPI	Salle de Surveillance Post-Interventionnelle

Sommaire

Avertissement	2
Sigles	3
Sommaire	4
Introduction	7
1.1 Le réchauffement climatique	7
1.2 Impact écologique des gaz d'anesthésie	8
1.3 Propriétés médicales des agents halogénés.....	11
1.3.1 Généralités	11
1.3.2 Rappels pharmacocinétiques	11
1.3.3 Rappels de pharmacodynamie	11
1.3.4 Différences entre le sévoflurane et le desflurane	12
1.4 Propriétés médicales du protoxyde d'azote (N ₂ O).....	15
1.4.1 Utilisation en dehors du bloc opératoire	15
1.4.2 Utilisation comme adjuvant lors d'une anesthésie générale	15
1.4.3 Effets secondaires et contre-indications	16
1.5 Objectifs de l'étude	17
1.5.1 Objectif principal	17
1.5.2 Objectifs secondaires	17
Matériel et méthode	18
1.1 Plan de l'étude.....	18
1.2 Première partie de l'étude : données per-opératoires	19

1.2.1	Matériel	19
1.2.2	Méthode	22
1.2.3	Cadre réglementaire	25
1.3	Deuxième partie : commandes réalisées à la pharmacie.....	26
1.4	Troisième partie de l'étude : questionnaire	27
	Résultats.....	28
1.1	Données de DIAGnosTIC.....	28
1.1.1	Caractéristiques des données	28
1.1.2	Données manquantes.....	28
1.1.3	Utilisation des agents halogénés : sévoflurane ou desflurane.....	29
1.1.4	Utilisation du protoxyde d'azote	35
1.2	Étude des commandes effectuées à la pharmacie	41
1.3	Questionnaire envoyé au personnel soignant.....	44
1.3.1	Paramètres démographiques	44
1.3.2	Partie médicale : utilisation des agents inhalés	46
1.3.3	Partie écologique : prise de conscience et connaissances	50
	Discussion	54
1.1	Résumé et commentaire des résultats.....	54
1.1.1	Résultats de DIAGnosTIC et commandes à la pharmacie	54
1.1.2	Questionnaire	56
1.2	Forces et limites de l'étude.....	57
1.2.1	Forces de l'étude	57
1.2.2	Limites de l'étude.....	57
1.3	Comparaison avec la littérature.....	59
1.3.1	Les agents halogénés.....	59

1.3.2	Le protoxyde d'azote	61
1.4	Perspectives	62
1.4.1	Utilisation du débit de gaz frais minimal	62
1.4.2	Choix de l'agent halogéné	62
1.4.3	Utilisation raisonnée du protoxyde d'azote	62
1.4.4	Anesthésie intraveineuse.....	63
1.4.5	Anesthésie locorégionale.....	63
1.4.6	Réabsorption	64
1.4.7	Xénon	64
	Conclusion.....	65
	Liste des figures	66
	Références	68
	Annexe 1 : Questionnaire	73

Introduction

Le réchauffement climatique est confirmé par les derniers rapports du GIEC. Il est essentiellement causé par les émissions de gaz à effet de serre (GES) de nature anthropique [1]. Depuis peu, le secteur de la santé a pris conscience qu'il était lui aussi émetteur de GES, et des études ont révélé qu'à l'échelle d'un hôpital les blocs opératoires font partie des secteurs les plus émetteurs, notamment en raison des gaz d'anesthésie [2,3].

1.1 Le réchauffement climatique

La température à la surface de la planète a augmenté de 0,2°C par décennie durant les 50 dernières années, et ce rythme s'est accéléré durant les 25 dernières années [4]. Les années 2016 et 2019 se classent au 1^{er} et au 2^{ème} rang des années les plus chaudes enregistrées depuis 1850 [5].

Cette augmentation des températures est principalement causée par les émissions de gaz à effet de serre liées à l'activité humaine, dont le principal est le dioxyde de carbone (CO₂) [1]. Le CO₂ représente 73% des émissions mondiales de GES en 2010 [5].

Ce changement climatique affecte les écosystèmes et l'équilibre météorologique. Il affecte également la santé humaine : modification de la répartition de certaines maladies infectieuses (paludisme, dengue, choléra ...), raréfaction de l'eau potable, exposition aux catastrophes naturelles [4,6]. L'exposition aux vagues de chaleur est un facteur de risque de pathologies cardiovasculaires ou respiratoires [7].

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) identifie ainsi le réchauffement climatique comme étant la **menace numéro 1 pour la santé humaine** au cours du XXI^{ème} siècle [8] ; et estime que 250 000 décès supplémentaires par an entre 2030 et 2050 seront liés au réchauffement climatique [7].

De nombreux pays se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Des accords internationaux, tels que le Protocole de Kyoto en 1997 ou l'Accord de Paris lors de la COP21 en 2020, ont pour objectif de limiter le réchauffement climatique causé par l'homme, et de contenir les émissions de GES [9]. Malgré ces efforts, les émissions de gaz à effet de serre sont en augmentation sur la dernière décennie [4].

1.2 Impact écologique des gaz d'anesthésie

Le secteur de la santé participe de façon notable aux émissions de GES : 4,6% de l'impact carbone à l'échelle mondiale. Cette donnée est variable en fonction des pays : 5% en France et même 10% aux États-Unis [6]. Les émissions de GES du secteur de la santé sont en augmentation sur les 10 dernières années [10].

Les activités de soin et plus particulièrement les établissements de santé contribuent aux émissions de GES. Au sein de l'hôpital, le bloc opératoire est le plus énergivore et consomme 3 à 6 fois plus d'énergie que les autres secteurs [11].

La communauté scientifique a récemment pris conscience que les gaz d'anesthésie utilisés au bloc opératoire sont de puissants gaz à effet de serre. Ils ne sont quasiment pas métabolisés par l'homme, et sont donc rejetés directement dans l'atmosphère après passage dans l'organisme [2,12].

McNeill et al ont calculé l'impact carbone lié aux agents halogénés dans un établissement à Vancouver en 2017. Il représentaient 63% des émissions de GES du

bloc opératoire de l'établissement, loin devant le chauffage ou la gestion des déchets [13].

A l'échelle mondiale, l'empreinte carbone liée aux agents halogénés est estimée à 0.1% des émissions mondiales de GES, soit l'équivalent des émissions engendrées par 1 million de voitures thermiques [2]. Aux États-Unis, les gaz d'anesthésie à eux seuls sont responsables de 1% des émissions totales du secteur de la santé. Les principaux gaz responsables de ces émissions sont le desflurane, le sévoflurane et le protoxyde d'azote [14].

Le **PRG 100** (potentiel de réchauffement global à 100 ans) est la référence pour comparer l'impact écologique des gaz entre eux. Il se définit comme l'impact sur l'effet de serre d'un kilogramme du gaz étudié par rapport à 1 kilogramme de CO₂. Par définition, le PRG 100 du CO₂ est de **1** [3].

Le PRG 100 dépend de 2 facteurs : les propriétés d'absorption du rayonnement infrarouge du gaz et sa durée de vie dans l'atmosphère. Celle-ci est de **2 ans** pour le sévoflurane, **14 ans** pour le desflurane et **114 ans** pour le protoxyde d'azote [15].

La formule permettant de la calculer peut s'écrire de la manière suivante :

$$PRG_{\text{gaz}} = \frac{\text{propriétés d'absorption des rayons IR du } \textbf{gaz} \times \text{durée de vie atmosphérique du } \textbf{gaz}}{\text{propriétés d'absorption des rayons IR du } \textbf{CO}_2 \times \text{durée de vie atmosphérique du } \textbf{CO}_2}$$

Ainsi calculé, le PRG 100 du desflurane est **2540**, celui du sévoflurane **130** et celui du protoxyde d'azote **298** [16] (figure 1).

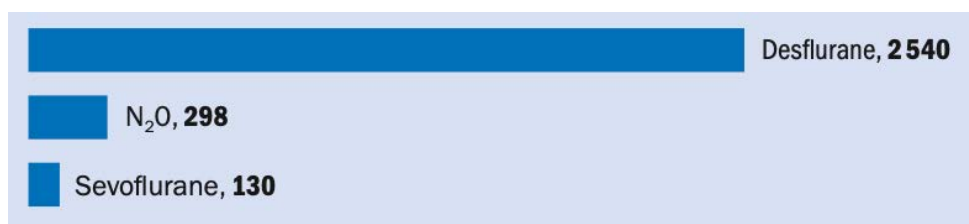


Figure 1 : Potentiel de réchauffement global (PRG) à 100 ans en équivalent CO₂ du desflurane, sévoflurane et protoxyde d'azote [16]

Le PRG 100 du desflurane est presque 20 fois plus élevé que celui du sévoflurane. Le desflurane représente ainsi 81% des agents inhalatoires retrouvés dans l'atmosphère, en raison de sa durée de vie atmosphérique plus longue [17].

Hanna et al. ont estimé l'impact carbone lié à 1 heure d'anesthésie générale avec un débit de gaz frais de 1L/min, et l'ont comparé aux émissions rejetées par une voiture thermique de taille moyenne [18]. Selon eux, 1 heure d'anesthésie générale correspond à :

- **320 km** effectués en voiture pour le desflurane.
- **95 km** pour le protoxyde d'azote (pour une concentration de 60%)
- **6,5 km** pour le sévoflurane.

Le protoxyde d'azote, en outre, participe directement à la **destruction de la couche d'ozone**. Il en est d'ailleurs le principal contributeur à l'échelle mondiale. En revanche, la majorité de sa production (environ 90%) ne provient pas de l'usage médical mais de l'agriculture intensive et d'autres activités humaines [19,20].

1.3 Propriétés médicales des agents halogénés

1.3.1 Généralités

L'anesthésie générale comprend classiquement 3 phases : l'induction, l'entretien et le réveil. Les gaz halogénés sont utilisés parfois à l'induction, mais surtout lors de la phase d'entretien de l'anesthésie générale.

Les agents halogénés sont utilisés en anesthésie depuis les années 1960. Les principaux agents halogénés utilisés actuellement sont le desflurane et le sévoflurane [21]. Il s'agit d'éthers, dérivés des hydrocarbures [22].

1.3.2 Rappels pharmacocinétiques

La pharmacocinétique des agents halogénés est liée en partie à leur coefficient de partage sang/gaz et sang/tissus. Le sévoflurane et le desflurane sont des gaz peu solubles, et ont un profil pharmacocinétique dit « rapide » par rapport à l'isoflurane, et l'halothane [22,23]. Ces deux derniers ne sont aujourd'hui quasiment plus utilisés [24].

1.3.3 Rappels de pharmacodynamie

Le sévoflurane et le desflurane ont des propriétés **hypnotiques**. Ils potentialisent l'effet des curares. Ils sont dépresseurs ventilatoires et diminuent la réponse ventilatoire au CO₂. Ils dépriment également le baroréflexe et provoquent une chute de la pression artérielle chez le sujet sain [12].

Il n'y a pas de différence entre le sévoflurane et le desflurane sur l'incidence des NVPO [25] ou la douleur post-opératoire [26].

Ces 2 agents halogénés partagent les mêmes contre-indications. Ils peuvent tous les 2 déclencher une crise d'hyperthermie maligne. Ils sont déconseillés en cas d'hypertension intracrânienne ou en cas de neurochirurgie [21].

1.3.4 Différences entre le sévoflurane et le desflurane

1.3.4.1 Différences pharmacocinétiques

Le desflurane est encore **moins liposoluble** que le sévoflurane [22].

En population générale, les **délais de réveil et d'extubation** sont plus courts lorsque le desflurane est utilisé en entretien. Une étude concernant la chirurgie arthroscopique de genou chez 300 patients retrouve un délai de réveil plus rapide avec le desflurane, et un délai d'extubation 2 à 3 minutes plus rapide [26].

Cependant, une méta-analyse de 2014 ne retrouve pas de différence entre le sévoflurane et le desflurane en terme de durée de séjour en SSPI, ni en terme de durée d'hospitalisation [27].

1.3.4.2 Propriétés des agents halogénés en fonction l'âge

Chez l'enfant, le sévoflurane induit moins d'évènements respiratoires (désaturations en oxygène, toux, laryngospasme) que le desflurane dans une étude [28]. Le sévoflurane est conseillé par Dadure C. et al chez l'enfant asthmatique, enrhumé ou avec une susceptibilité des voies aériennes supérieures [29].

En outre, c'est le gaz le plus adapté à l'induction inhalatoire, qui est principalement utilisée en dessous de 10 ans [30].

Chez le sujet âgé, une étude de 2014 retrouve des scores de MMSE 1h après intervention chirurgicale plus élevés chez les patients ayant bénéficié du desflurane

en entretien, par rapport au sévoflurane. Malgré tout, les auteurs ne retrouvent pas de différence de score de MMSE à 6h [31].

Les auteurs d'une méta-analyse ont recherché si le desflurane, en accélérant le délai de réveil, pouvait diminuer nombre d'épisodes confusionnels post-opératoires. Cependant, ils n'ont pas retrouvé de différence significative entre le sévoflurane et le desflurane [32].

1.3.4.3 Propriétés des agents halogénés selon le terrain du patient

Chez le patient obèse, la moindre solubilité du desflurane dans les graisses et le compartiment musculaire permet un délai d'extubation plus rapide de 9 à 16 minutes par rapport au sévoflurane. [33].

Une étude de 2007 concernant 28 patients obèses retrouve une durée moyenne de séjour en SSPI plus courte d'environ 11 minutes lorsque le desflurane est utilisé en entretien [34].

Sur le plan respiratoire, le sévoflurane a un effet bronchodilatateur, alors que le desflurane augmente la résistance des voies aériennes [35]. L'étude de Volta et al retrouve une diminution de la résistance des voies aériennes chez le patient BPCO après utilisation de sévoflurane dans le cadre d'une chirurgie thoracique [36].

Toutefois, aucune recommandation de la SFAR n'existe concernant l'utilisation du sévoflurane chez les patients ayant un antécédent de pathologie respiratoire.

Sur le plan hémodynamique, le desflurane possède un avantage selon Bennett et al et Avramov et al, car il permet un contrôle plus rapide de la pression artérielle en per-opératoire [37,38]. Chez le patient obèse, De Baerdemaeker et al retrouvent

également un contrôle plus rapide de la pression artérielle en utilisant le desflurane, et un moindre recours aux médicaments vasopresseurs [33].

Le desflurane induit une stimulation du système nerveux sympathique à une certaine concentration, ce qui peut provoquer une tachycardie et augmenter la pression artérielle chez certains patients, en dépit de son effet sur les résistances vasculaires périphériques [39].

1.3.4.4 Propriétés des agents halogénés en fonction de la chirurgie

En cas de chirurgie de longue durée, le desflurane est moins soluble et s'accumule moins dans les tissus (notamment le compartiment musculaire). Le desflurane a un avantage en cas de chirurgie de plus de 2 heures, car au-delà de cette durée le sévoflurane s'accumule dans les tissus et le délai de réveil est allongé [40,41].

D'après McKay et al, cet effet est encore plus marqué chez le patient obèse [42].

En chirurgie cardiovasculaire, le sévoflurane semble avoir des propriétés protectrices contre l'ischémie myocardique péri-opératoire, grâce au préconditionnement induit. Guerrero et al ont ainsi retrouvé une diminution des marqueurs de souffrance myocardique post-opératoires (troponine, BNP) lorsque le sévoflurane est utilisé [43].

Une étude de Hert et al retrouve des effets similaires avec le desflurane [44].

Toutefois, une étude prospective datant de 2019 et concernant 5400 patients suivis 1 an après chirurgie de pontage coronarien ne retrouve pas de différence significative en terme de mortalité ou d'infarctus du myocarde entre l'anesthésie par voie intraveineuse ou par agent halogéné [45].

1.3.4.5 Dispositif de contrôle des voies aériennes

Lors d'une anesthésie générale sous **masque laryngé**, le desflurane n'est pas préconisé d'après Arain SR. et al car il cause davantage d'incidents respiratoires (toux, bronchospasme) que le sévoflurane [46].

1.4 Propriétés médicales du protoxyde d'azote (N₂O)

Le protoxyde d'azote (N₂O) est utilisé en médecine depuis le XIX^{ème} siècle. Il s'agit d'un gaz incolore et inodore. C'est un adjuvant à l'anesthésie et il n'est pas suffisant à lui seul pour assurer une anesthésie générale [19].

1.4.1 Utilisation en dehors du bloc opératoire

Il a des propriétés sédatives et euphorisantes. Il peut être utilisé seul pour des gestes courts ou peu douloureux (ponction veineuse, extraction dentaire, analgésie obstétrique...). Son utilisation dépasse le cadre du bloc opératoire (cabinet dentaire, vétérinaire...) [19].

1.4.2 Utilisation comme adjuvant lors d'une anesthésie générale

Lorsqu'il est utilisé en plus d'un agent halogéné, le protoxyde d'azote possède certaines propriétés :

- Il permet une **diminution de la consommation d'agent halogéné** de près de 30 à 60% tout en gardant la même profondeur d'anesthésie [47].
- En complément d'un agent halogéné, il peut favoriser la diffusion de ce dernier dans les alvéoles : il s'agit de **l'effet second gaz**. Cet effet peut être utilisé pour diminuer le délai de réveil [48].

- Pour une même MAC, lorsque le protoxyde d'azote est associé à un agent halogéné, la baisse de **pression artérielle** est moindre que si l'agent halogéné était utilisé seul [49,50].
- Il pourrait diminuer l'incidence des **douleurs chroniques post-opératoires**, grâce à son action sur les récepteurs NMDA. Toutefois, une étude concernant 2924 patients suivis sur 1 an ne retrouve pas de diminution des douleurs chroniques post-opératoires chez les patients ayant bénéficié de protoxyde d'azote [51].

Les recommandations de la SFAR concernant la douleur post-opératoire ne citent pas le protoxyde d'azote [52].

1.4.3 Effets secondaires et contre-indications

Le protoxyde d'azote augmente significativement les **nausées et vomissements post-opératoires** [53].

Certains effets secondaires ont été rapportés en cas d'exposition chronique, notamment des interactions avec le métabolisme de la vitamine B12 [54].

Il est contre-indiqué en cas d'hypertension intracrânienne [19], de pneumothorax, de chirurgie rétinienne ou sinusienne [55].

1.5 Objectifs de l'étude

Dans une volonté de réduire l'empreinte carbone du bloc opératoire du CHU de Lille, cette étude souhaite analyser les modalités d'utilisation des gaz d'anesthésie, et leur impact dans les émissions de gaz à effet de serre.

1.5.1 Objectif principal

L'objectif principal de l'étude est de faire un état des lieux des pratiques concernant les agents halogénés et le protoxyde d'azote sur les dernières années au CHU de Lille.

1.5.2 Objectifs secondaires

Les objectifs secondaires sont :

- Rechercher quels critères peuvent déterminer le choix des agents halogénés et du protoxyde d'azote.
- Estimer quelle est la part du facteur écologique dans le choix des gaz d'anesthésie.
- Évaluer les connaissances des professionnels de santé sur l'impact écologique des gaz d'anesthésie.
- Apporter des pistes de réflexion afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre du bloc opératoire du CHU de Lille, tout en gardant la même qualité de soin.

Matériel et méthode

1.1 Plan de l'étude

Nous avons analysé l'utilisation des agents inhalatoires dans les blocs opératoires du CHU de Lille à travers plusieurs prismes :

- L'extraction des données du logiciel DIANE utilisé par les anesthésistes au bloc opératoire du CHU de Lille.
- L'analyse des commandes réalisées à la pharmacie du CHU de Lille.
- Un questionnaire envoyé aux professionnels de santé travaillant en anesthésie au CHU de Lille.

1.2 Première partie de l'étude : données per-opératoires

Il s'agit d'une étude rétrospective observationnelle monocentrique au CHU de Lille.

La période étudiée est : du 1^{er} janvier 2010 au 31 décembre 2019.

1.2.1 Matériel

1.2.1.1 Base de données : *DIAGnosTIC*

Au CHU de Lille, les consultations d'anesthésie et les données peropératoires sont enregistrées sur le logiciel DIANE (Bow Medical, Amiens, France).

Le recueil des données de l'étude a été réalisé grâce au logiciel « *DIAGnosTIC* », avec la collaboration d'un ingénieur informatique du CHU. Cet outil informatique permet d'extraire les données per-opératoires de DIANE.

1.2.1.2 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion pour chaque intervention étaient :

- Intervention réalisée au CHU de Lille entre le 1^{er} janvier 2010 et le 31 décembre 2019 ;
- Utilisation d'agent halogéné (sévoflurane ou desflurane). Pour être validée, la fraction expirée en agent halogéné détectée par le logiciel DIANE devait dépasser un certain seuil :
 - o Fraction expirée moyenne supérieure à 0,4% pour le sévoflurane.
 - o Fraction expirée moyenne supérieure à 1% pour le desflurane.

1.2.1.3 Données recueillies

Pour chaque intervention incluse, nous avons recueilli :

- Des données médicales sur les patients bénéficiant de l'intervention :
 - o **L'âge du patient** : l'âge est une donnée calculée automatiquement par DIANE en fonction de la date de naissance du patient. Elle est ensuite collectée par DIAGnoSTIC.
 - o Le **score ASA du patient** : le score ASA est complété lors de la consultation d'anesthésie ou en per-opératoire.
 - o **Indice de masse corporelle (IMC)** : l'indice de masse corporelle est une donnée automatiquement calculée par DIANE à partir de la taille et du poids du patient. Ces informations sont complétées en consultation d'anesthésie ou en per-opératoire.
- Des données concernant statut hémodynamique du patient :
 - o Nous avons défini comme « instables sur le plan hémodynamique » les patients chez qui de la **noradrénaline** était utilisée en per-opératoire (quelle que soit la dose administrée).
Les autres patients étaient définis comme « stables ».
 - o DIAGnoSTIC a permis de rechercher le mot-clef « NORADRENALINE » dans les médicaments administrés en per-opératoire :
 - Si le mot clef était présent, nous considérons que la noradrénaline était utilisée.
 - Dans le cas contraire, nous ne retenons pas l'utilisation de noradrénaline.

- Des données concernant l'intervention réalisée :
 - o **Durée d'intervention** : elle était définie comme la durée pendant laquelle l'agent halogéné était administré au patient.
 - o **Spécialité chirurgicale** :
 Bloc commun (chirurgie digestive, vasculaire et urologique), gynécologie, ophtalmologie, neuroradiologie, neurochirurgie, obstétrique, CMCA (chirurgie ambulatoire), bloc des spécialités (chirurgie maxillo-faciale et plastique), brûlés, traumatologie, bloc des urgences, chirurgie pédiatrique, chirurgie thoracique, CCV (chirurgie cardio-vasculaire)
 - o **Année d'intervention** (de 2010 à 2019) :
- Des données concernant les agents inhalés :
 - o **Agent halogéné utilisé : sévoflurane ou desflurane** : cette information est collectée automatiquement par DIANE.
 Un port Ethernet relie en effet le respirateur d'anesthésie à l'ordinateur sur lequel DIANE est utilisé.
 - o **Utilisation du protoxyde d'azote** : cette information est également collectée automatiquement par DIANE.
 Nous n'avons pas défini de seuil. L'administration de protoxyde d'azote était validée quelle que soit la dose administrée.

Le résultat de ces requêtes était rendu sous forme d'un tableau Excel :

- Chaque ligne (de 1 à 292 090) correspond à une **intervention** au bloc opératoire (identifiée par un nombre à 6 chiffres).
- Les colonnes correspondent aux **données** recueillies pour chaque intervention, citées au-dessus.

1.2.2 Méthode

1.2.2.1 Première partie de l'analyse

Pour chaque année de 2010 à 2019 nous avons analysé :

- La fréquence d'utilisation de **sévoflurane** et de **desflurane**.
- La fréquence d'utilisation de **protoxyde d'azote**.

1.2.2.2 Deuxième partie de l'analyse

Une analyse par groupe a été effectuée sur l'année **2019** :

- Âge
 - o 0 à 10 ans
 - o 10 à 18 ans
 - o 18 à 65 ans
 - o Supérieur à 65 ans
- Indice de masse corporelle
 - o Inférieur à 30
 - o Supérieur à 30
- Score ASA
 - o ASA 1
 - o ASA 2
 - o ASA 3
 - o ASA 4
 - o ASA 5

- Statut hémodynamique
 - o Utilisation de noradrénaline
 - o Absence de noradrénaline
- Durée d'intervention
 - o 0 à 60 min
 - o 60 à 120 min
 - o Supérieure à 120 min
- Spécialité chirurgicale
 - o Bloc commun
 - o Gynécologie
 - o Ophtalmologie
 - o Neuroradiologie
 - o Neurochirurgie
 - o Obstétrique
 - o CMCA
 - o Bloc des spécialités
 - o Centre de traitement des brûlés
 - o Ortho-traumatologie
 - o Bloc des urgences
 - o Pédiatrie
 - o Chirurgie thoracique
 - o CCV

Dans chaque groupe nous avons analysé :

- La fréquence d'utilisation de **sévoflurane** ou de **desflurane** ;
- La fréquence d'utilisation de **protoxyde d'azote**.

Les groupes ont été choisis après analyse de la littérature :

- Pour l'âge :
 - o **Le seuil de 10 ans** pour désigner l'enfance, car en dessous de cet âge l'induction anesthésique est majoritairement inhalatoire [24].
 - o **L'âge de 65 ans** a été choisi pour désigner la personne âgée, car c'est le seuil utilisé par l'OMS. Il est également utilisé dans l'étude de Minhthy et al pour décrire le syndrome confusionnel post-opératoire chez la personne âgée [31].
- Le seuil d'**IMC à 30** (indice de masse corporelle) a été choisi car il définit l'obésité grade 1 selon l'OMS. Il est également utilisé dans l'étude de De Baerdemaeker pour définir le sujet obèse [33].
- La **durée d'intervention de 120 min** a été choisie car dans l'étude de Bailey et al elle représente un seuil à partir duquel l'accumulation du sévoflurane deviendrait cliniquement significative [40].

1.2.2.3 Analyse statistique

Les variables qualitatives ont été décrites par les effectifs et pourcentages.

Les comparaisons entre les deux groupes d'anesthésie (utilisation de sévoflurane ou de desflurane) et les deux groupes d'utilisation de protoxyde d'azote, pour la population globale sur les 10 ans et pour les individus ayant eu une chirurgie en 2019, ont été faites à l'aide d'un test du Khi-Deux.

Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS 9.4.

Tous les tests statistiques ont été réalisés avec un risque de première espèce bilatéral de 5%.

Les valeurs suivantes n'ont pas été prises en compte :

- Âge > 116 ans
- Indice de masse corporelle < 8 kg/m²
- Durée d'intervention > 1200 minutes

Celles-ci concernaient 183 interventions sur les 292 090 analysées.

1.2.3 Cadre réglementaire

Cette étude n'entrant pas dans le cadre de la recherche impliquant la personne humaine, elle n'a pas été soumise à un CPP.

L'outil DIAGnosTIC est déclaré à la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) depuis sa constitution.

1.3 Deuxième partie : commandes réalisées à la pharmacie

Nous avons analysé les commandes d'agents halogénés réalisées à la pharmacie du CHU de Lille de 2013 à 2020.

Ces commandes concernent les blocs opératoires suivants : CMCA (chirurgie ambulatoire), chirurgie viscérale, ORL et ophtalmologie, bloc des spécialités, neurochirurgie et neuroradiologie, bloc des urgences, ortho-traumatologie, centre de traitement des brûlés, chirurgie pédiatrique, gynécologie et obstétrique, CCV, chirurgie thoracique.

De 2013 à 2020, nous avons ainsi analysé :

- La consommation (en flacons) de sévoflurane et de desflurane par année.
- Le coût associé : cette information provenait directement de la pharmacie.

L'impact carbone a été calculé en multipliant le nombre de flacons par l'impact carbone d'un flacon [56] :

- 1 flacon de desflurane (240 ml) correspond à 886 kg de CO₂.
- 1 flacon de sévoflurane (250 ml) correspond à 44 kg de CO₂.

1.4 Troisième partie de l'étude : questionnaire

Un questionnaire anonyme a été diffusé à l'ensemble du personnel soignant du CHU de Lille (médecin anesthésiste, interne, IADE et élève IADE) en ligne via la plateforme GoogleForm de janvier 2020 à mars 2020 (*questionnaire en annexe 1*).

L'invitation a été envoyée par courrier électronique à 360 personnes.

Les grandes classes de questions concernaient :

- Les paramètres épidémiologiques des professionnels interrogés.
- Leurs pratiques concernant les agents halogénés et le protoxyde d'azote.
Ces questions ont été rédigées grâce aux connaissances des propriétés médicales des agents inhalés.
- Leurs connaissances sur l'impact écologique des agents halogénés et le protoxyde d'azote.

Résultats

1.1 Données de DIAGnosTIC

1.1.1 Caractéristiques des données

Avec nos critères d'inclusion, nous avons analysé un totale de **292 090 interventions** utilisant des agents halogénés (sévoflurane ou desflurane) au bloc opératoire du CHU de Lille réalisées entre le 1^{er} janvier 2010 et le 31 décembre 2019.

Le nombre d'interventions étudiées par année est détaillé dans la figure 2.

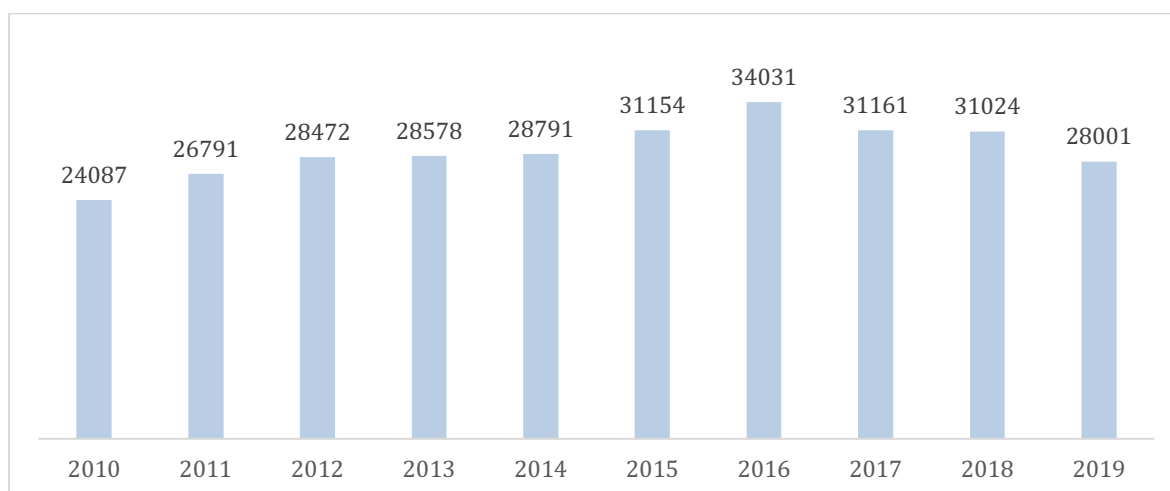


Figure 2 : Nombre d'interventions analysées par année

1.1.2 Données manquantes

Les données manquantes pour l'année 2019 sont :

- 15 pour le type de bloc
- 34 pour la durée d'intervention
- 18 pour le score ASA
- 7 636 pour l'indice de masse corporelle

1.1.3 Utilisation des agents halogénés : sévoflurane ou desflurane

1.1.3.1 Utilisation par année de 2010 à 2019

Au total de 2010 à 2019, 161 427 interventions (55,3 %) ont été réalisées sous sévoflurane, et 130 663 interventions ont été réalisées sous desflurane (44,7 %).

L'utilisation des agents halogénés par **année** est détaillée dans la figure 3.

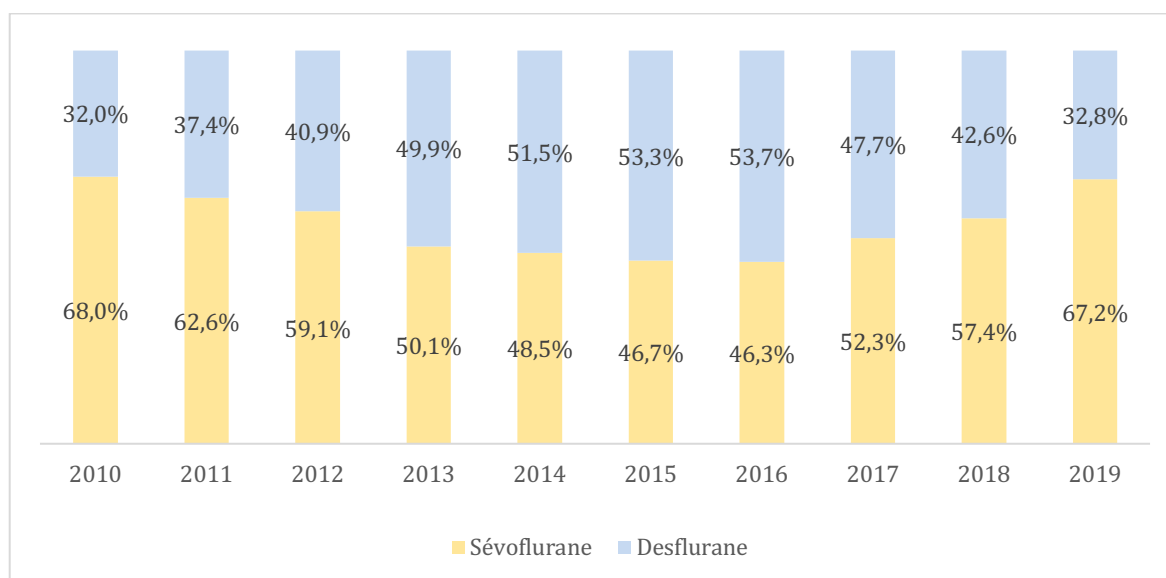


Figure 3 : Utilisation des agents halogénés de 2010 à 2019

1.1.3.2 Utilisation détaillée pour l'année 2019, en fonction du terrain du patient

L'utilisation des agents halogénés en fonction de **l'âge** pour l'année 2019 est détaillée dans la figure 4. Il existe un lien statistique significatif entre l'âge et l'agent halogéné utilisé ($p < 0,001$).

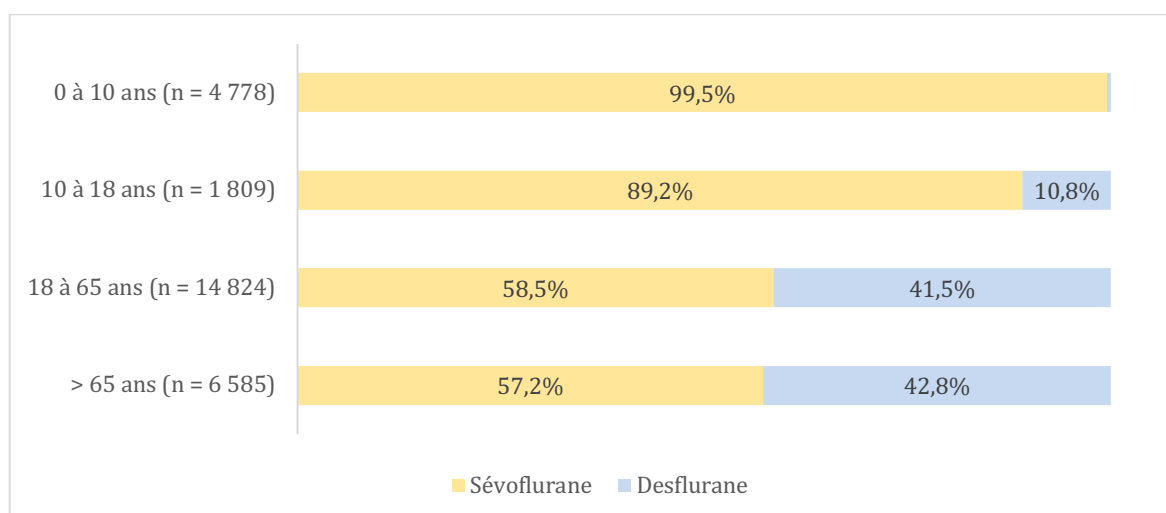


Figure 4 : Utilisation des agents halogénés en fonction de l'âge en 2019

L'utilisation des agents halogénés en fonction de **l'IMC** est détaillée dans la figure 5. Il existe un lien statistique significatif entre l'IMC et l'agent halogéné utilisé ($p < 0,001$).

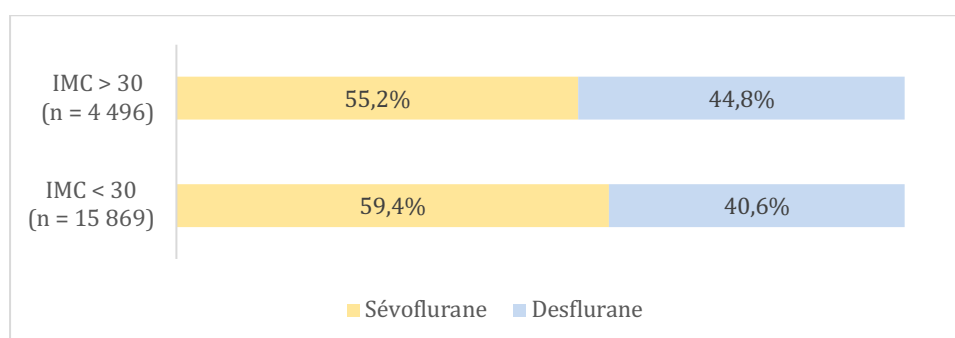


Figure 5 : Utilisation des agents halogénés en fonction de l'IMC en 2019

L'utilisation des agents halogénés en fonction du **score ASA** est détaillée dans la figure 6. Il existe un lien statistique significatif entre le score ASA et l'agent halogéné utilisé ($p = 0,01$)

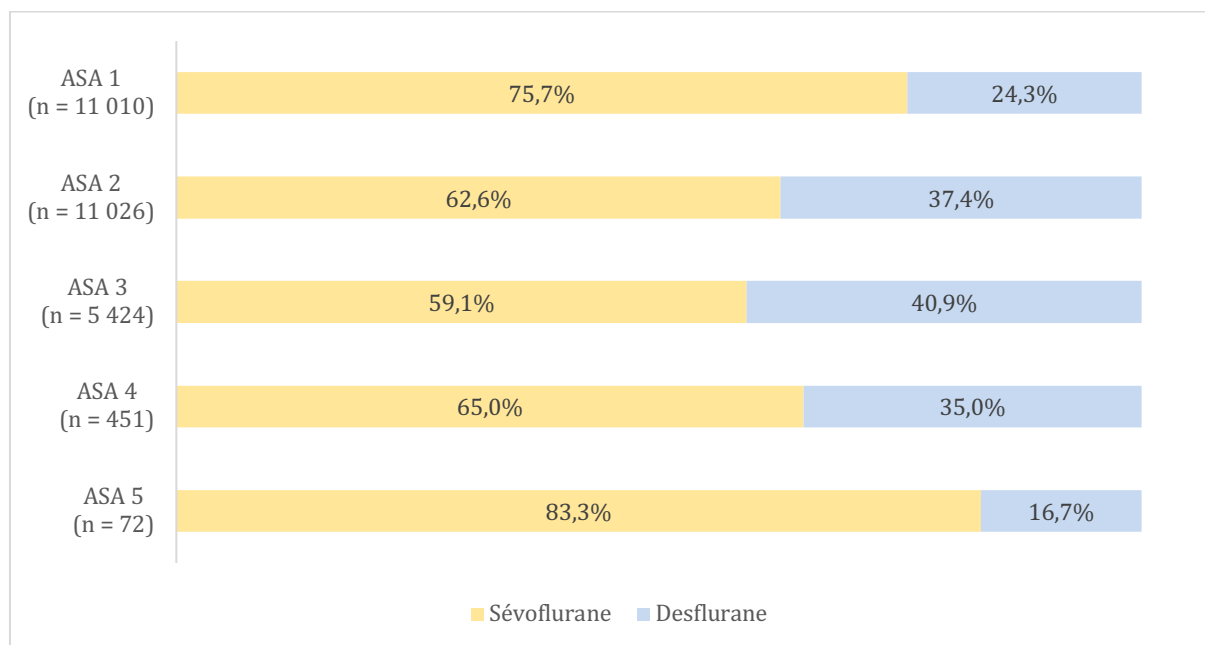


Figure 6 : Utilisation des agents halogénés en fonction du score ASA en 2019

1.1.3.3 Utilisation détaillée pour l'année 2018, en fonction du statut hémodynamique

Avec les critères d'inclusion choisis, en 2019, la proportion d'interventions pour lesquelles la noradrénaline a été utilisée en per-opératoire est de 0,0%.

Pour l'année 2018, la proportion d'interventions pour lesquelles la noradrénaline a été utilisée en per-opératoire est de 16,3%.

L'utilisation des agents halogénés en fonction du **statut hémodynamique** du patient pour l'année 2018 est détaillée dans la figure 7.

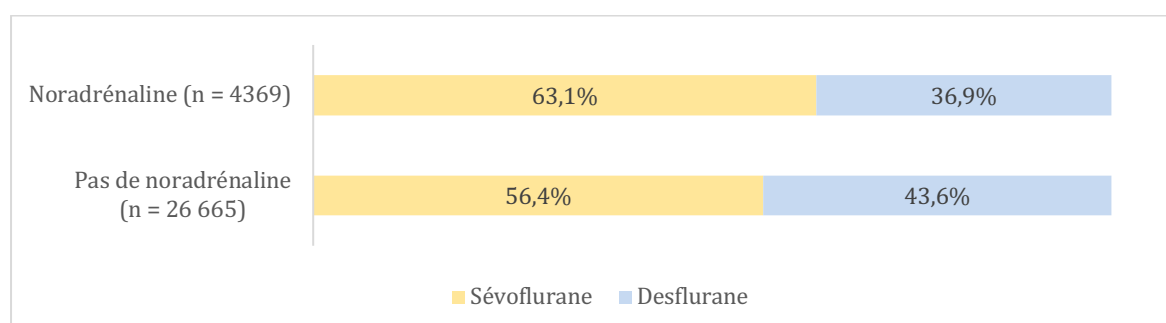


Figure 7 : Utilisation des agents halogénés en fonction du statut hémodynamique pour 2018

1.1.3.4 Utilisation détaillée pour 2019, en fonction des critères liés à la chirurgie

L'utilisation des agents halogénés en fonction de la **durée d'intervention** est détaillée dans la figure 8. Il existe un lien statistique significatif entre le choix de l'agent halogéné et la durée d'intervention ($p < 0,001$).

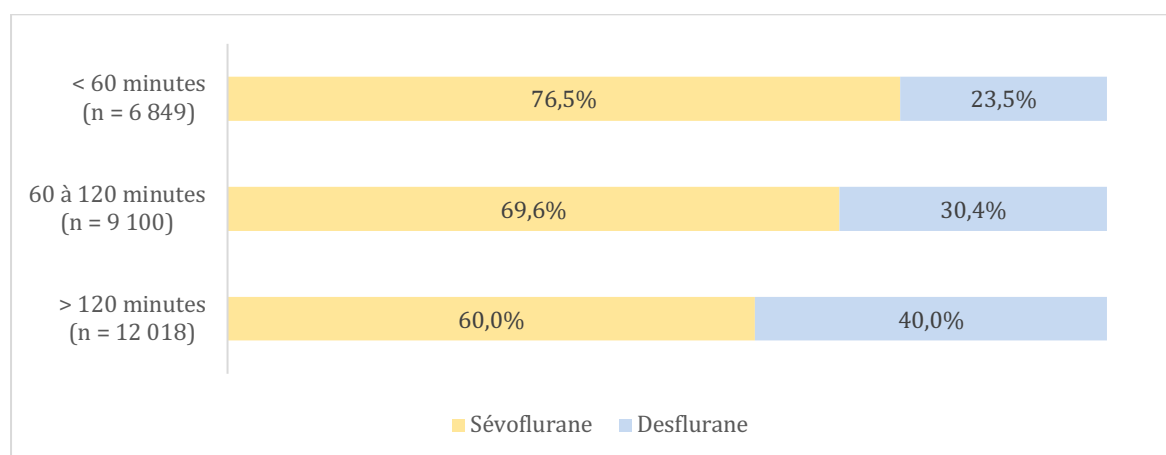


Figure 8 : Utilisation des agents halogénés en fonction de la durée d'intervention en 2019

L'utilisation des agents halogénés en fonction de la **spécialité chirurgicale** pour l'année 2019 est détaillée dans la figure 9.

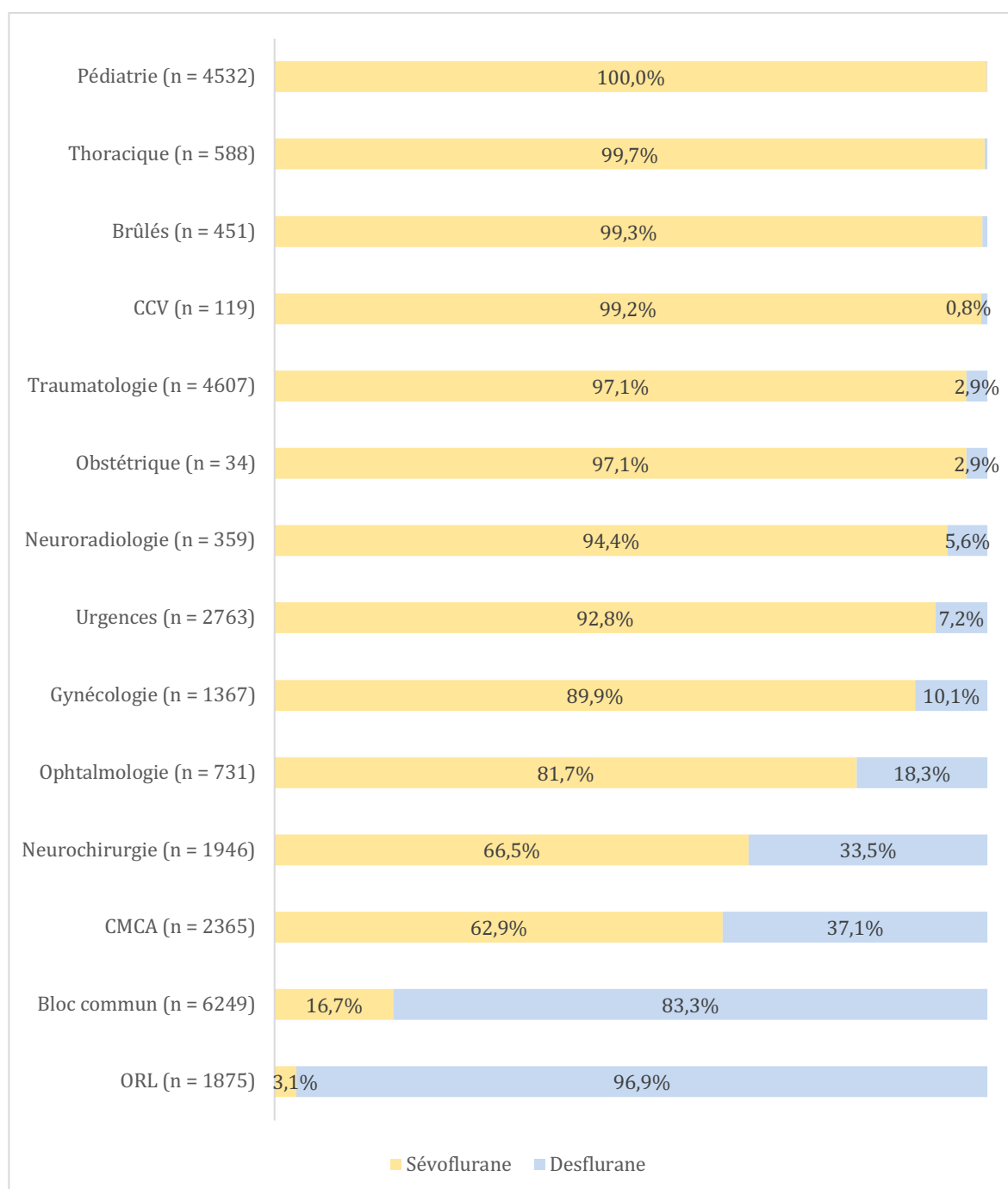


Figure 9 : Utilisation des agents halogénés en fonction de la spécialité chirurgicale en 2019

1.1.4 Utilisation du protoxyde d'azote

1.1.4.1 Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote de 2010 à 2019

Au total 40 025 patients ont bénéficié de protoxyde d'azote de 2010 à 2019 sur les 292 090 interventions analysées, ce qui correspond à une fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote de **13,7%** des interventions.

La fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote par **année** est détaillée dans la figure 10.

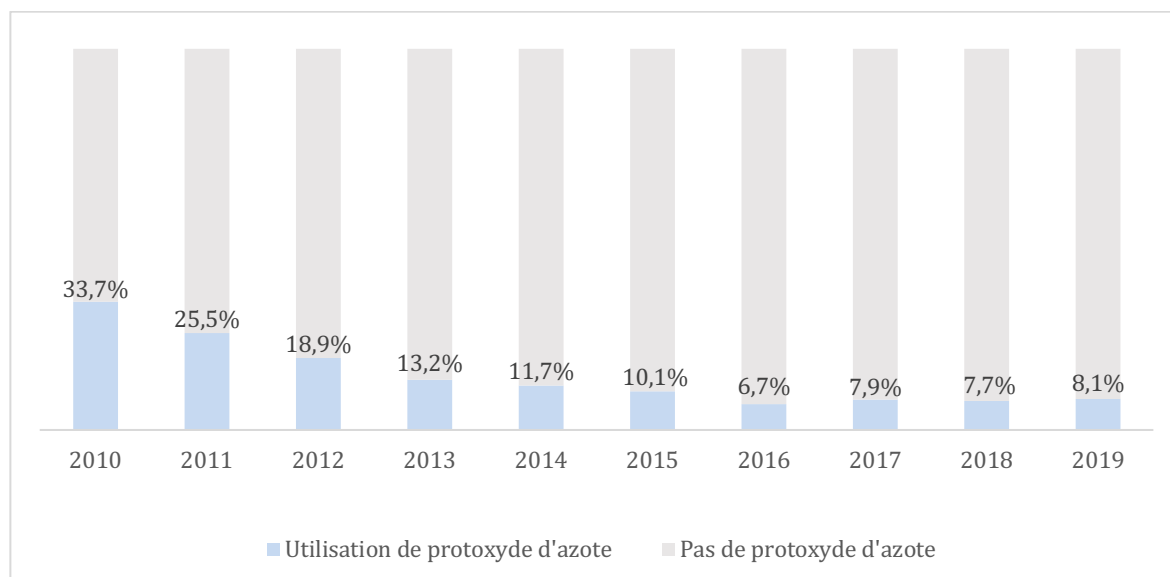


Figure 10 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote de 2010 à 2019

1.1.4.2 Utilisation détaillée pour l'année 2019, en fonction du terrain du patient

La fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de **l'âge** pour l'année 2019 est détaillée dans la figure 11. Il existe un lien statistique significatif entre la fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote et l'âge ($p < 0,001$).



Figure 11 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de l'âge

La fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de **l'IMC** pour l'année 2019 est détaillée dans la figure 12. L'association statistique entre l'IMC et l'utilisation du protoxyde d'azote n'est pas significative ($p = 0,23$).

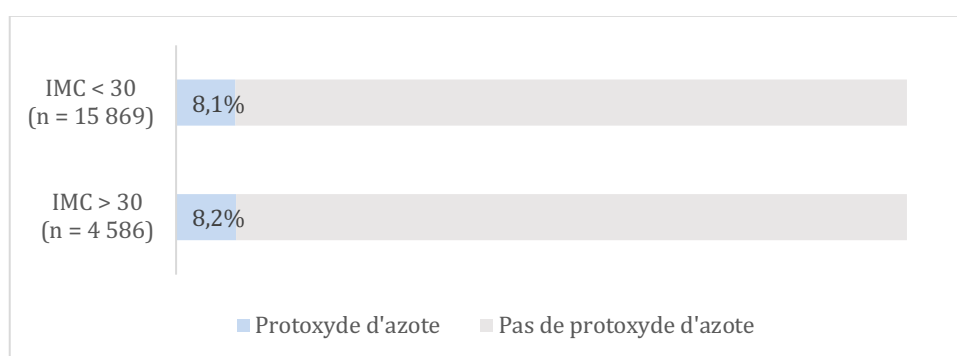


Figure 12 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de l'indice de masse corporelle

La fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction du **score ASA** pour l'année 2019 est détaillée dans la figure 13. Il existe un lien statistique significatif entre l'utilisation du protoxyde d'azote et le score ASA ($p < 0,001$).

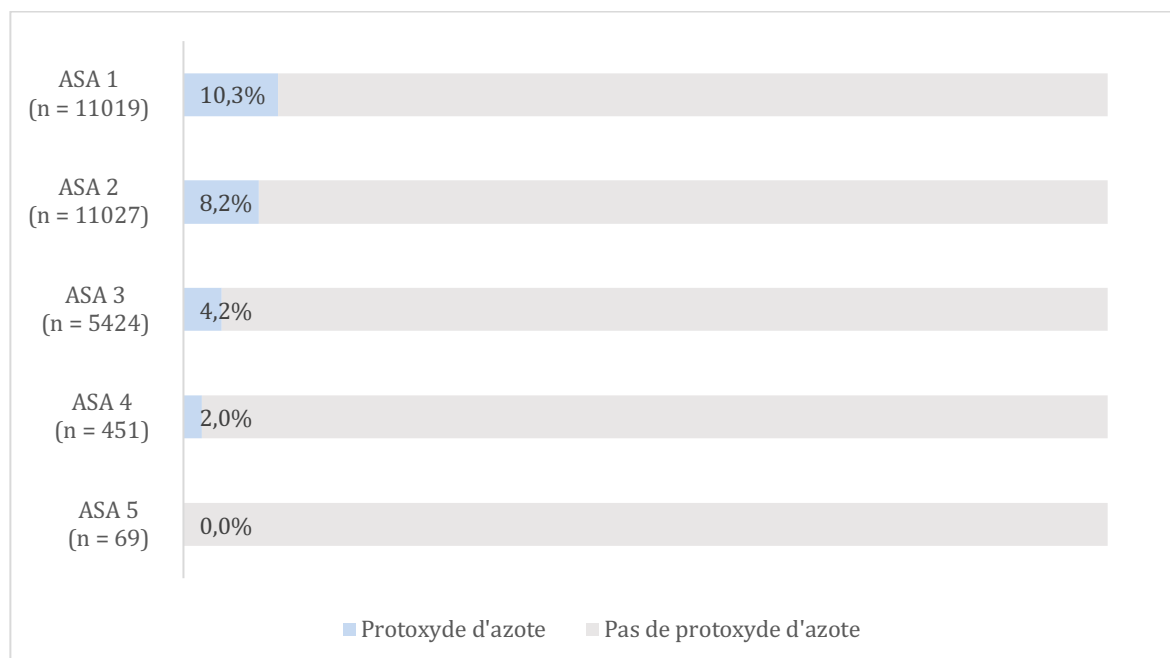


Figure 13 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction du score ASA

1.1.4.3 Utilisation détaillée pour l'année 2018, en fonction du statut hémodynamique

Avec les critères d'inclusion choisis, la proportion de patients au statut hémodynamique instable pour l'année 2019 est de 0,0%.

La proportion des patients au statut hémodynamique instable (sous noradrénaline) est de 16,3% pour l'année 2018. L'utilisation du protoxyde d'azote en fonction du **statut hémodynamique** du patient pour l'année 2018 est détaillée dans la figure 14.

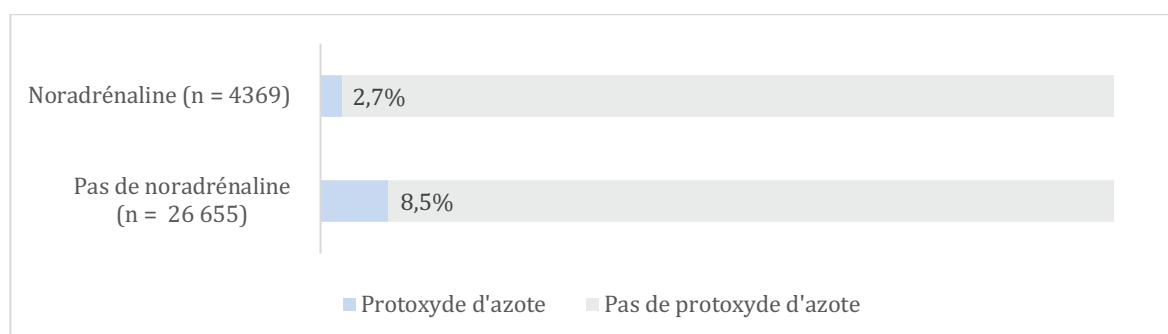


Figure 14 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction du statut hémodynamique

1.1.4.4 Données détaillées pour 2019, en fonction des critères liés à la chirurgie

La fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de la **durée d'intervention** pour l'année 2019 est détaillée dans la figure 15. Il existe un lien statistique significatif entre la durée d'intervention et la fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote ($p = 0,03$).

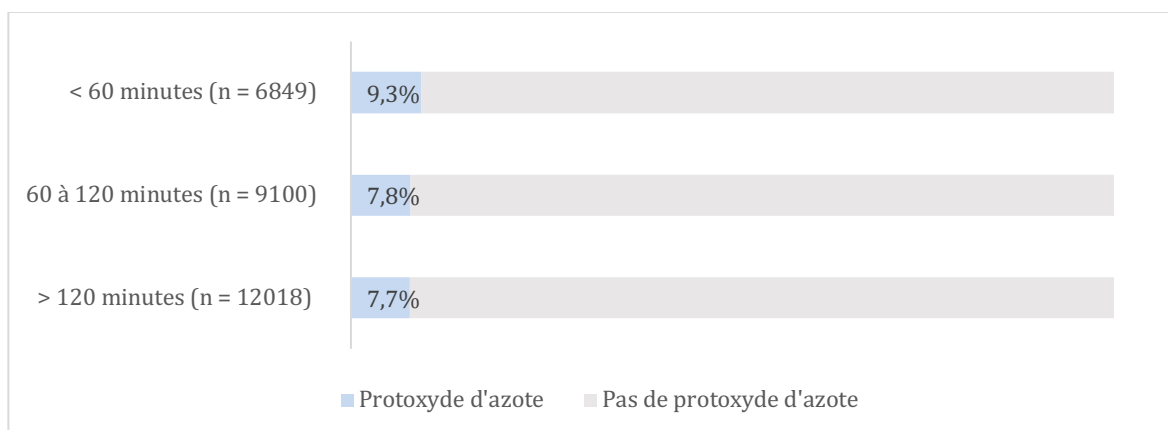


Figure 15 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de la durée d'intervention.

La fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote pour l'année 2019 en fonction de la **spécialité chirurgicale** est détaillée dans la figure 16.

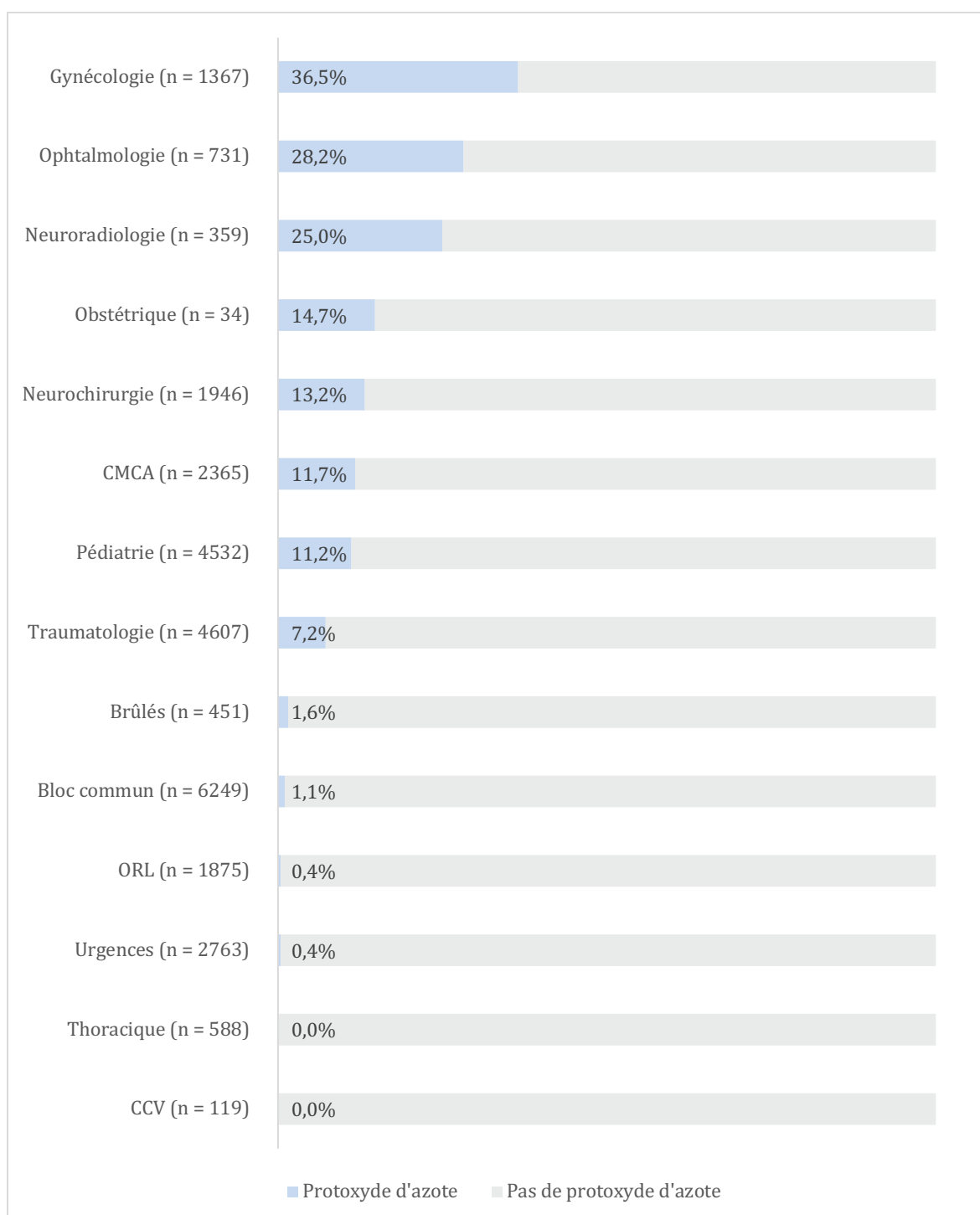


Figure 16 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de la spécialité chirurgicale

1.2 Étude des commandes effectuées à la pharmacie

Le **nombre de flacons de gaz** halogénés commandés est de 3375 en 2020. Le nombre de flacons de desflurane et de sévoflurane commandés par année est détaillé dans la figure 17.

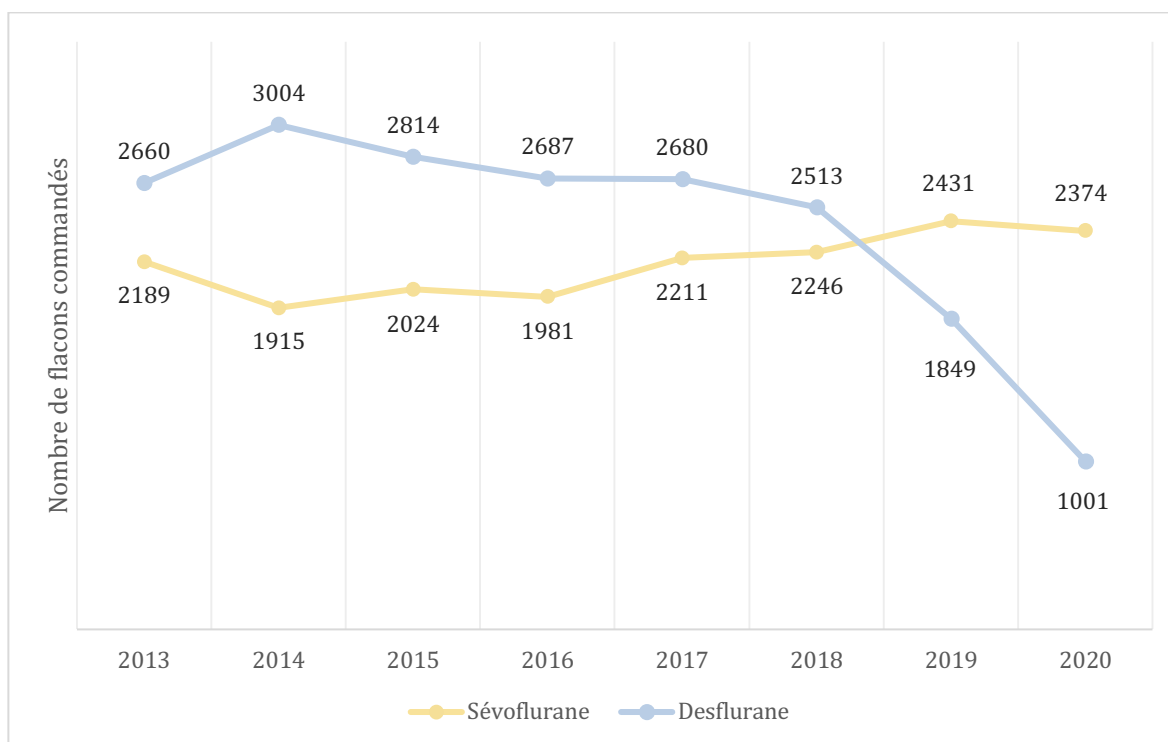


Figure 17 : Nombre de flacons de desflurane et de sévoflurane commandés par année

L'impact carbone calculé lié aux agents halogénés au CHU de Lille est de 1003 tonnes de CO₂ en 2020, dont 88% est lié à l'utilisation du desflurane. L'impact carbone par année et par agent halogéné est détaillé dans la figure 18.

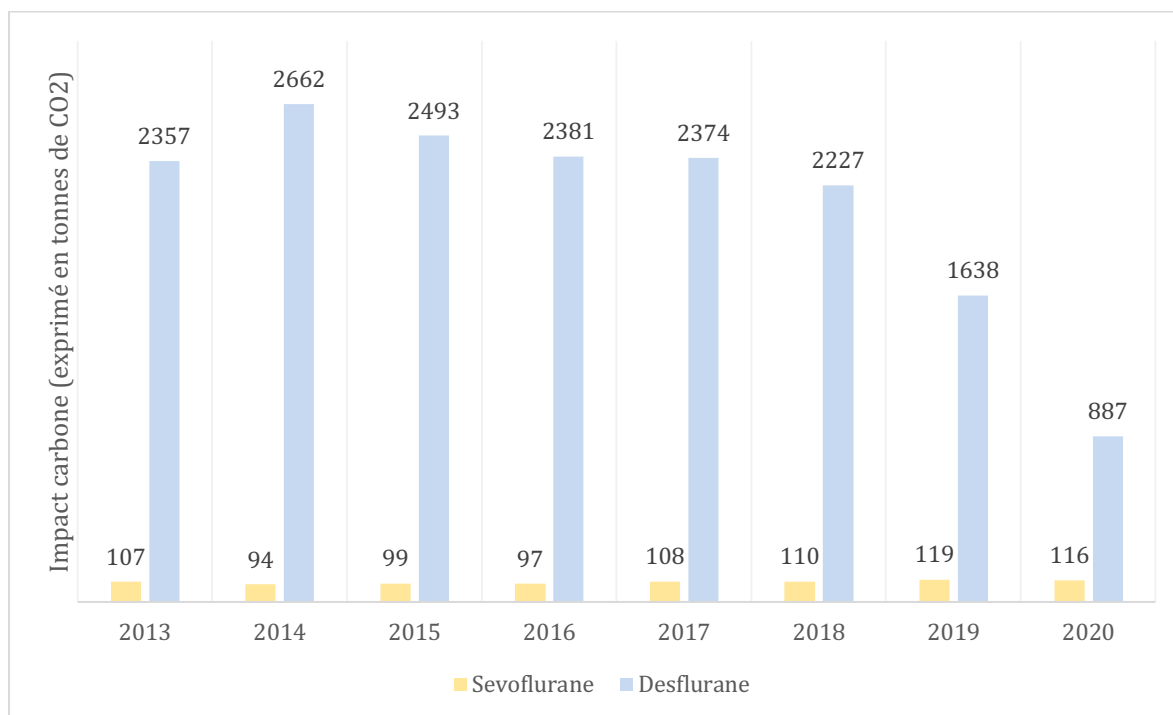


Figure 18 : Impact carbone calculé (en tonnes de CO₂) du sévoflurane et du desflurane par année

Les **dépenses pharmaceutiques** liées aux agents halogénés en 2020 sont de 239 milliers d'euros. Les dépenses pharmaceutiques par année et par agent halogéné sont détaillées dans la figure 19.1.

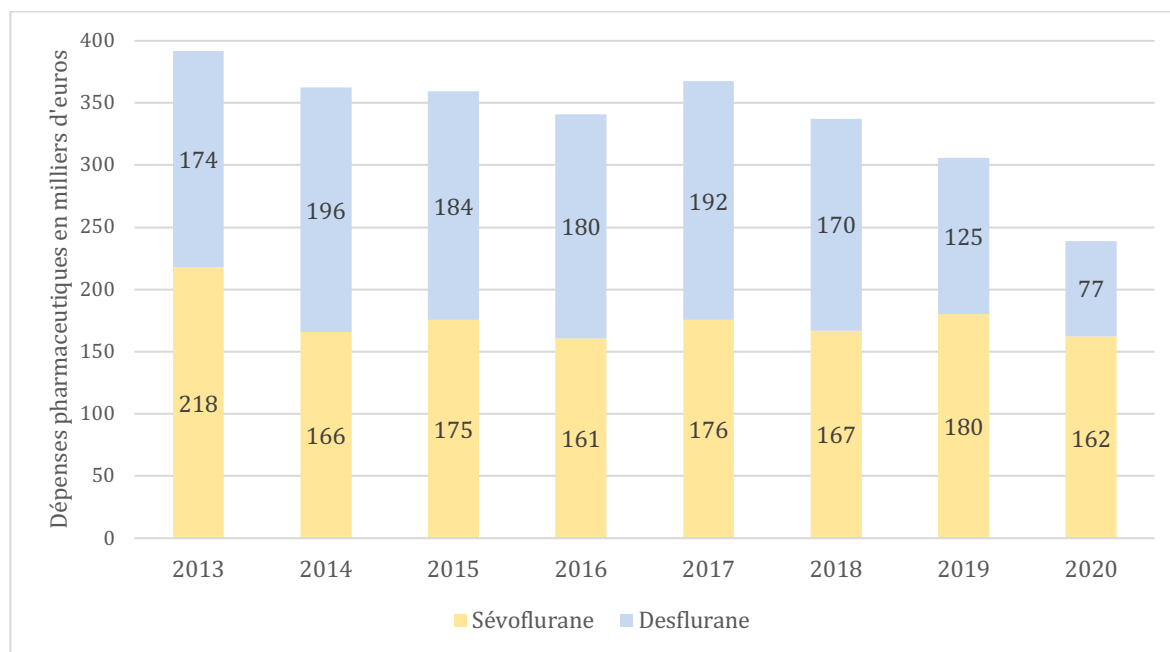


Figure 19 : Dépenses pharmaceutiques liées aux agents halogénés exprimées en milliers d'euros

1.3 Questionnaire envoyé au personnel soignant

1.3.1 Paramètres démographiques

Nous avons recueilli les réponses de 175 participants au questionnaire, soit un taux de réponse d'environ 50%.

Il y a 57,5% d'hommes et 42,5% de femmes. L'âge et la profession des personnes ayant répondu au questionnaire sont détaillés dans les figure 20 et 21.

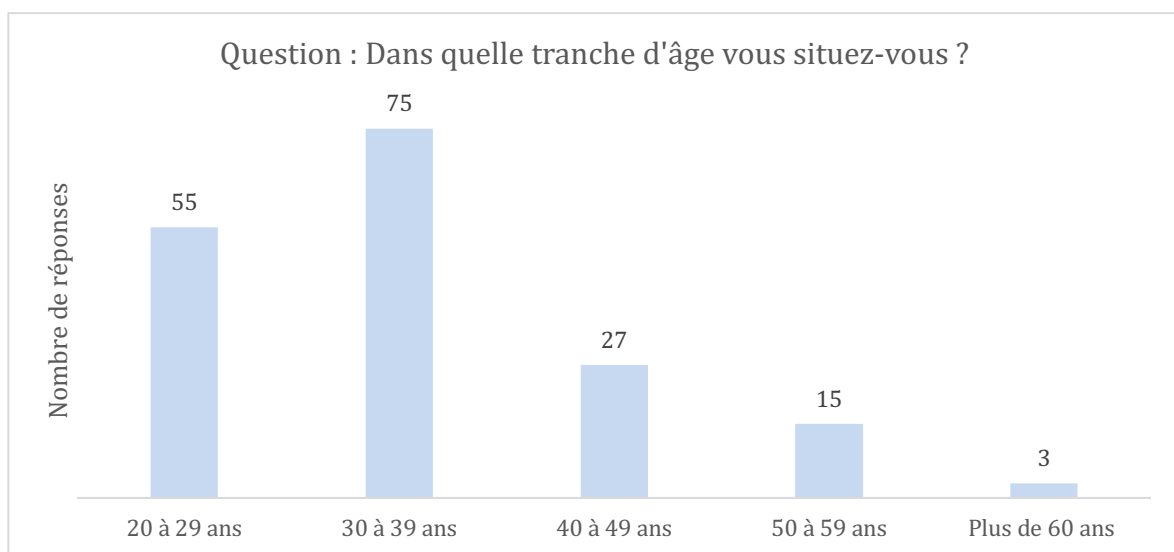


Figure 20 : âge des répondants

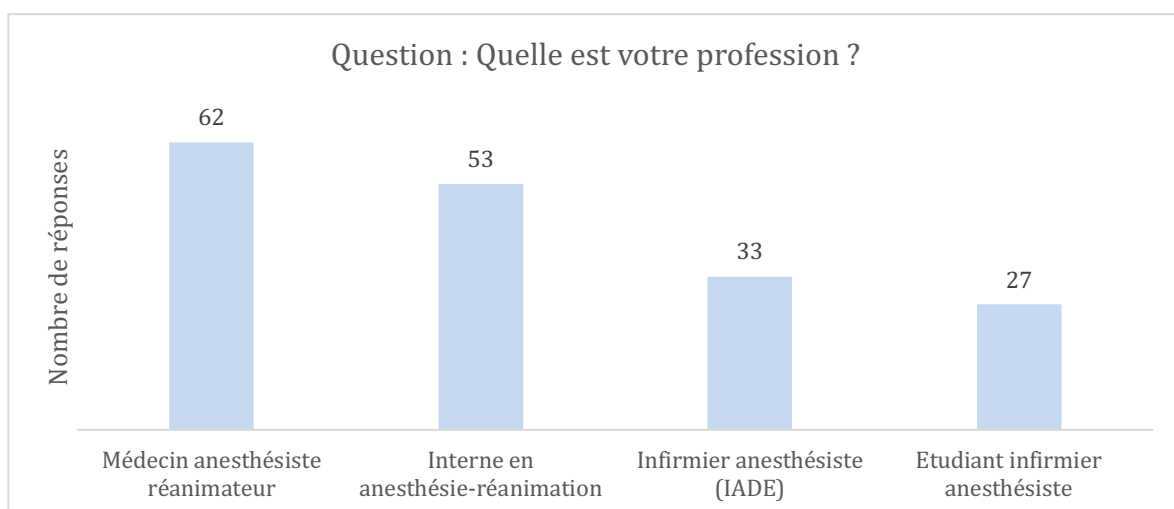


Figure 21 : Profession des répondants

Le service de provenance des personnes ayant répondu au questionnaire est détaillé dans la figure 22.



Figure 22 : Service de provenance des répondants

1.3.2 Partie médicale : utilisation des agents inhalés

1.3.2.1 Agent halogéné (sévoflurane ou du desflurane)

La fréquence d'utilisation du sévoflurane et du desflurane en fonction du score ASA et de la durée d'intervention est détaillée dans les figures 23 et 24.

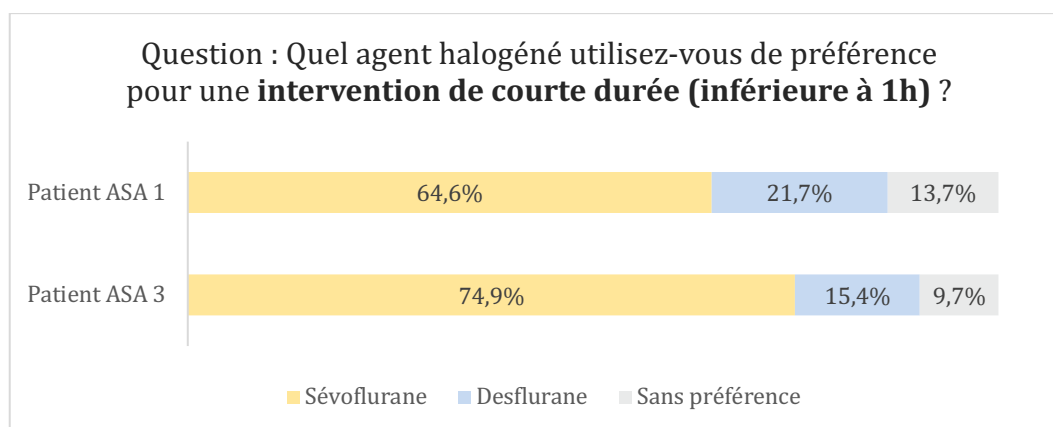


Figure 23 : Utilisation des agents halogénés en fonction du score ASA pour une intervention de courte durée

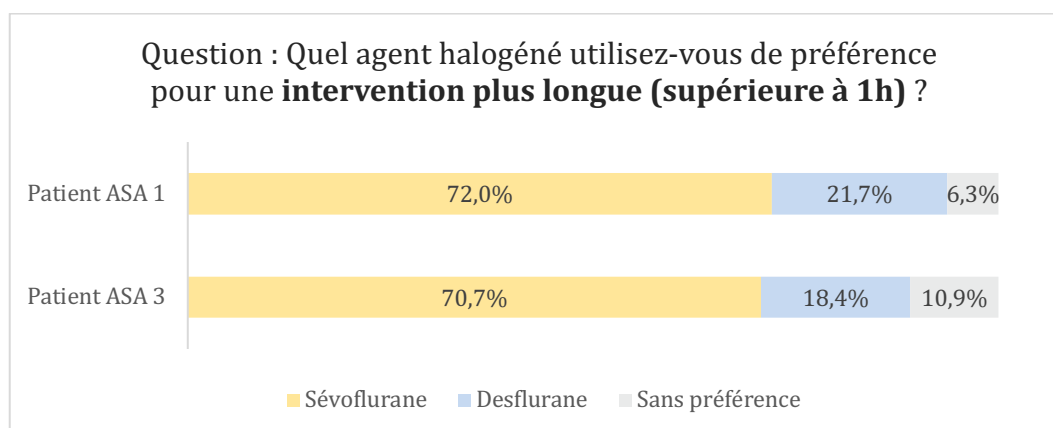


Figure 24 : Utilisation des agents halogénés en fonction du score ASA pour une intervention de longue durée

Les critères d'utilisation des agents halogénés en entretien sont détaillés dans la figure 25.

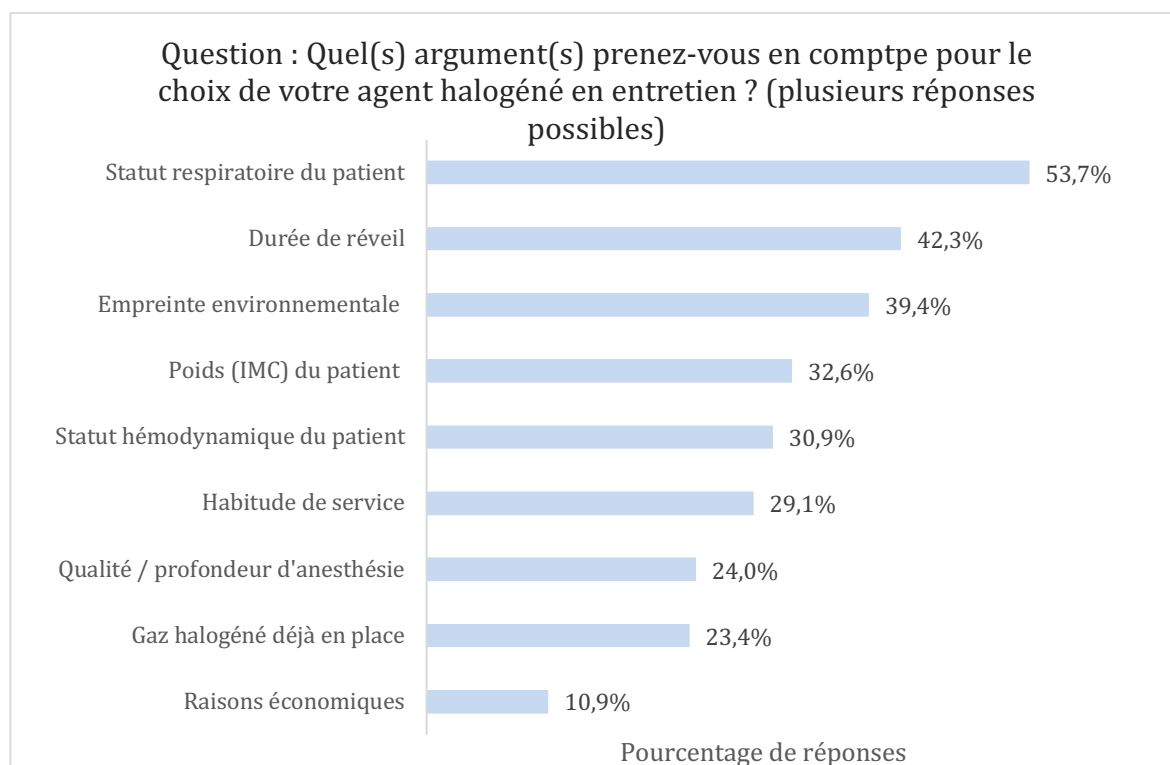


Figure 25 : Critères d'utilisation des agents halogénés

Les critères d'utilisation des agents halogénés en entretien, en ne tenant compte que des réponses des **médecins anesthésistes** sont détaillés dans la figure 26.

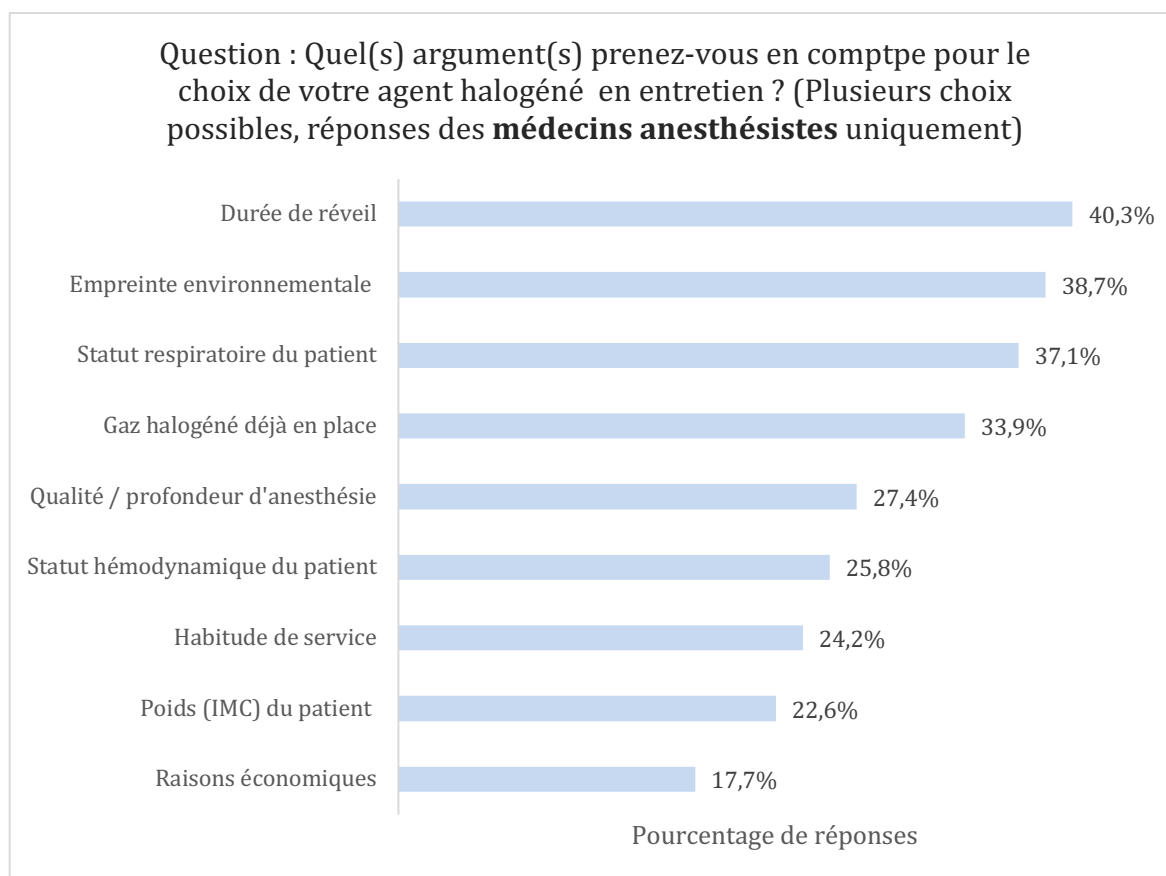


Figure 26 : Critères d'utilisation des agents halogénés, réponses des médecins anesthésistes uniquement

1.3.2.2 Protoxyde d'azote

La fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote est détaillée dans la figure 27.

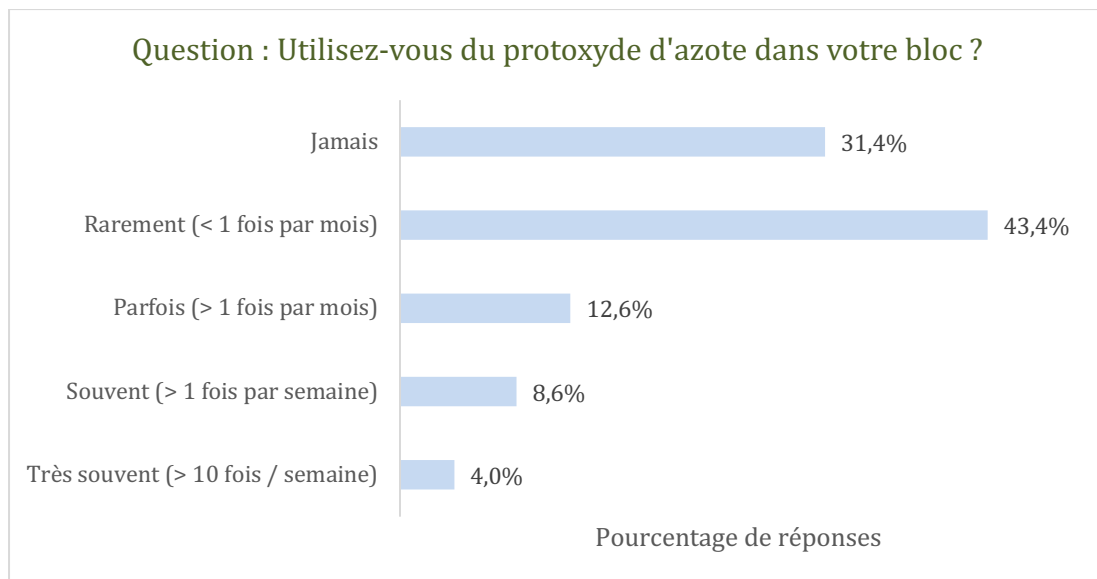


Figure 27 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote

Les critères d'utilisation du protoxyde d'azote sont détaillés dans la figure 28.

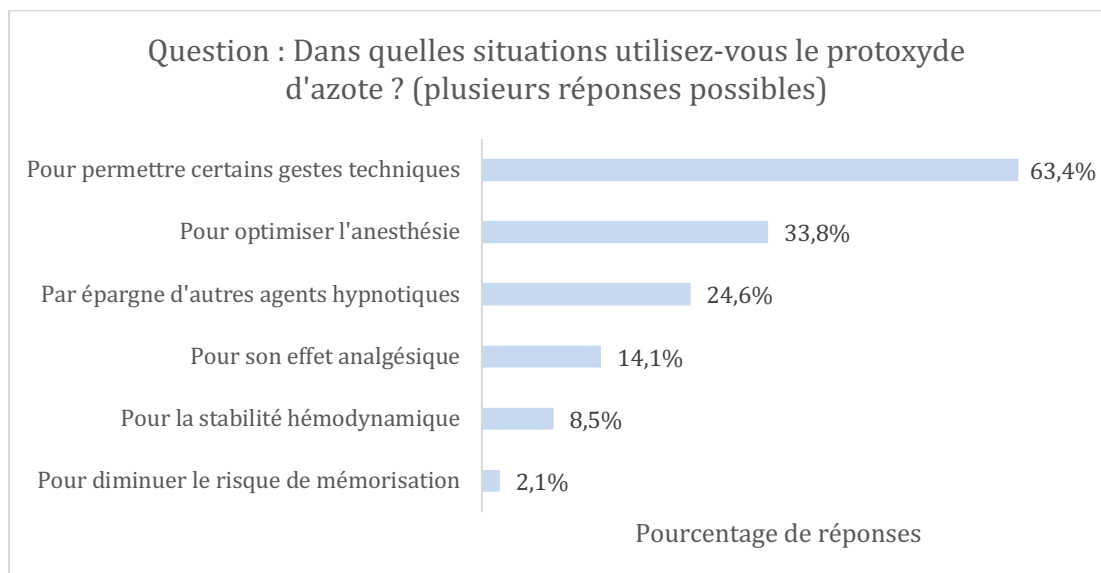


Figure 28 : Critères d'utilisation du protoxyde d'azote

1.3.3 Partie écologique : prise de conscience et connaissances

Les questions concernant la sensibilité des participants aux problèmes environnementaux sont détaillées dans les figures 29 et 30 :

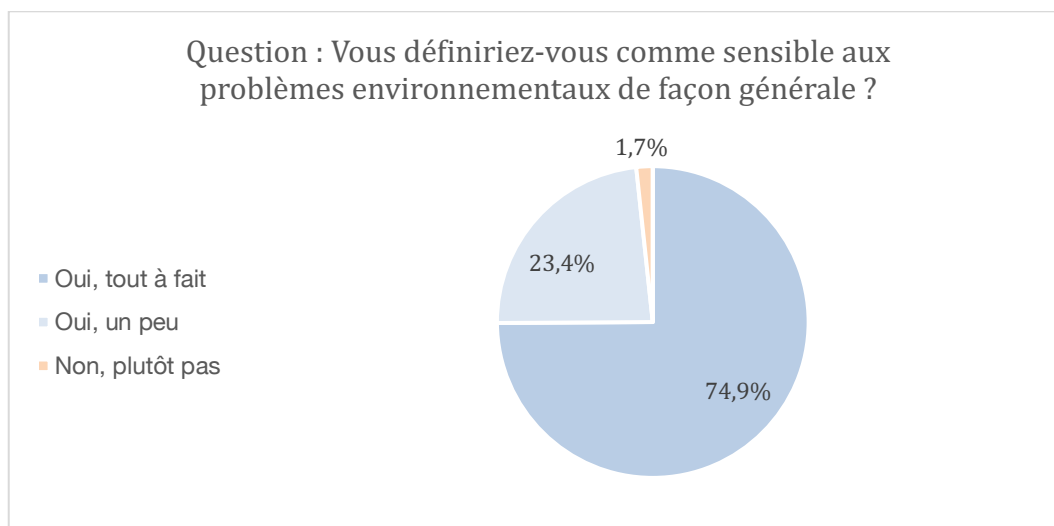


Figure 29 : Sensibilité des participants aux problèmes environnementaux

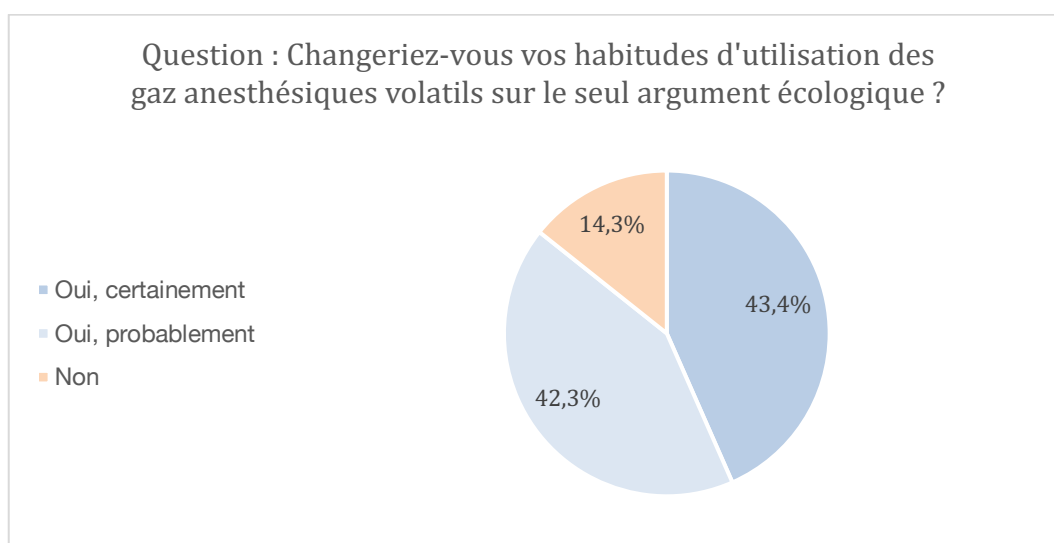


Figure 30 : Changement des habitudes d'utilisation des gaz d'anesthésie

Les questions concernant les connaissances des participants à l'impact environnemental des agents halogénés sont détaillées dans les figures 31 et 32.

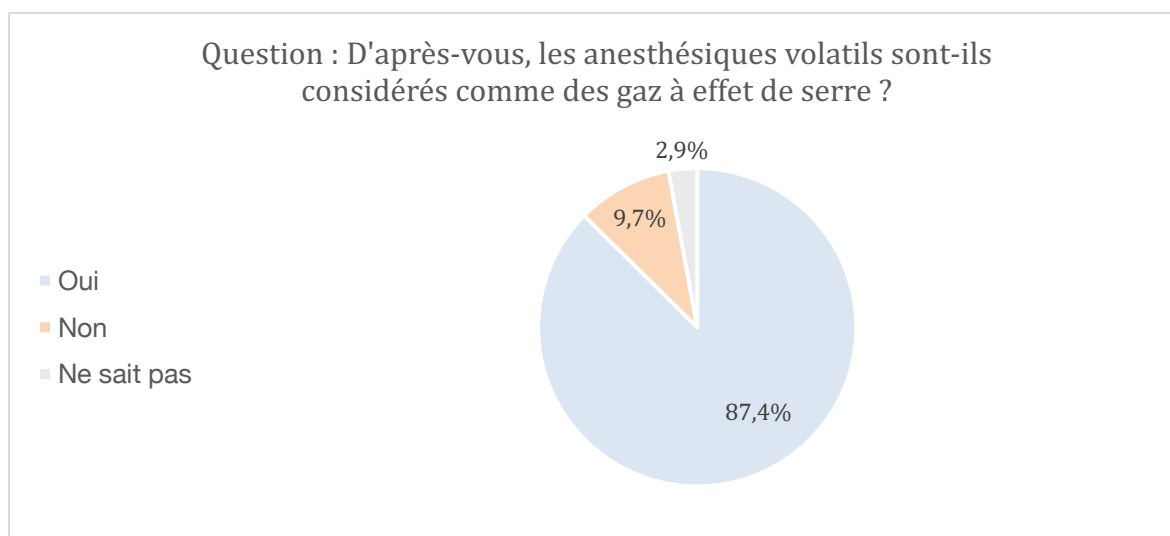


Figure 31 : Connaissances concernant les agents halogénés

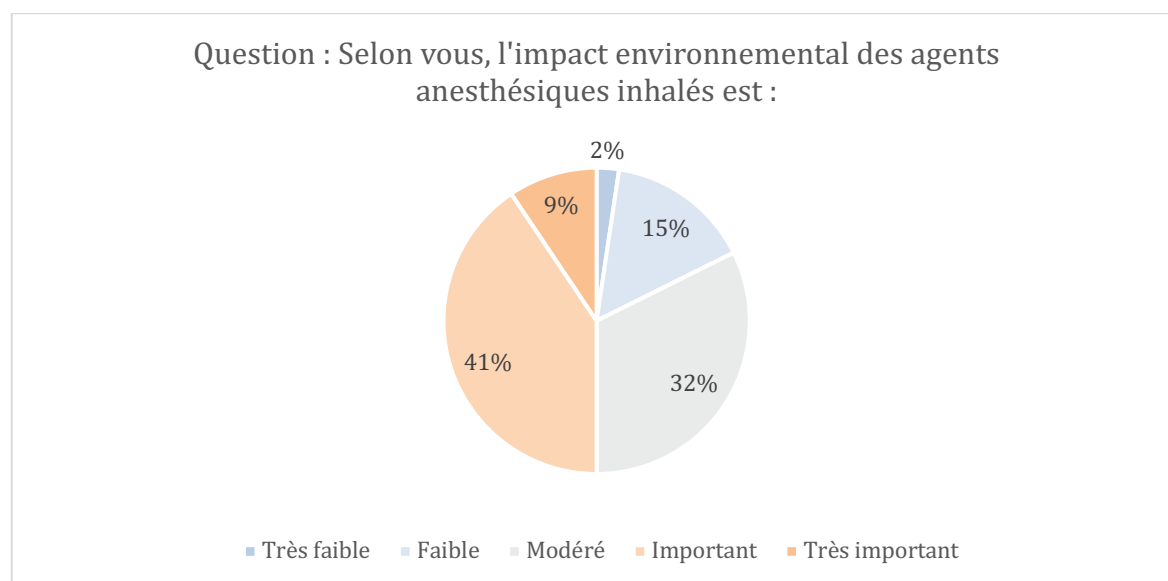


Figure 32 : Connaissances sur l'impact environnemental des agents halogénés

Le pourcentage de bonnes réponses à la question « Quelle est la demi-vie du sevoflurane dans l'atmosphère ? » en fonction de la profession est détaillé dans la figure 32. La bonne réponse était 2 ans.

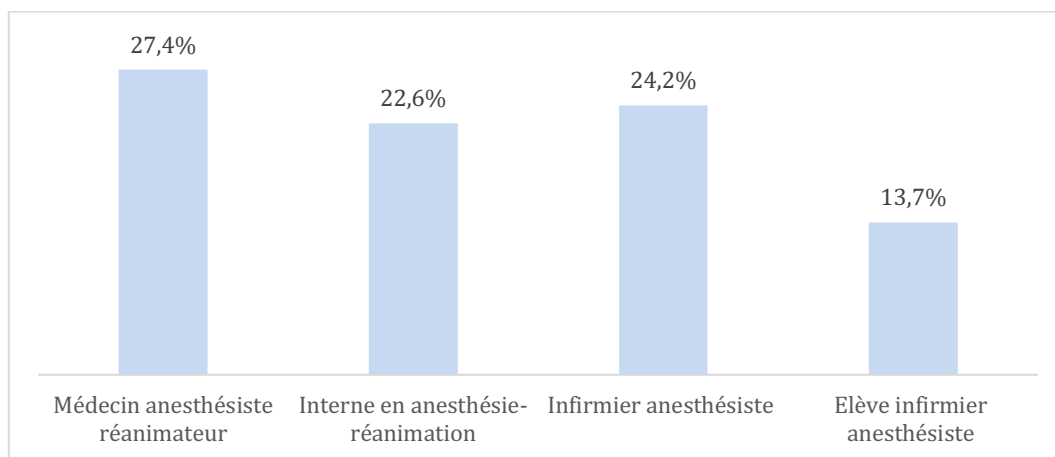


Figure 32 : Pourcentage de bonnes réponses selon la profession sur la demi-vie du sévoflurane

Le pourcentage de bonnes réponses à la question « Quelle est la demi-vie du desflurane dans l'atmosphère ? » en fonction de la profession est détaillé dans la figure 33. La bonne réponse était 14 ans.

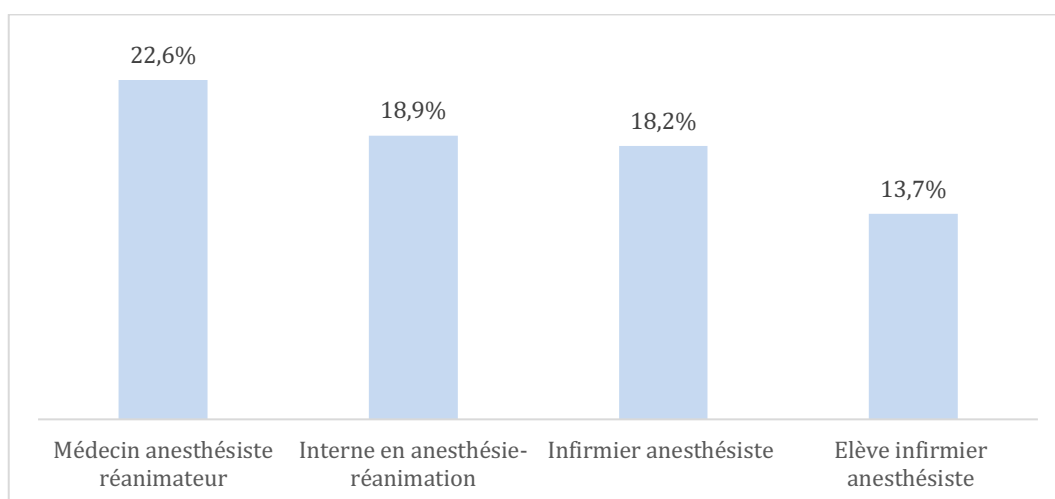


Figure 33 : Pourcentage de bonnes réponses selon la profession sur la demi-vie du desflurane

Le pourcentage de bonnes réponses à la question « Quelle est la demi-vie du protoxyde d'azote dans l'atmosphère ? » en fonction de la profession est détaillé dans la figure 34. La bonne réponse était 114 ans.

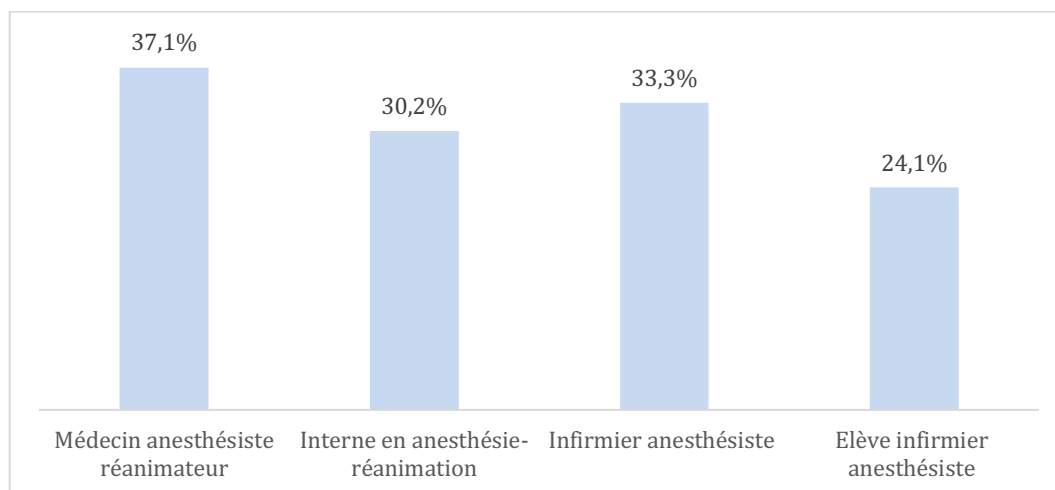


Figure 34 : Pourcentage de bonnes réponses en fonction de la profession sur la demi-vie du protoxyde d'azote

Discussion

1.1 Résumé et commentaire des résultats

1.1.1 Résultats de DIAGnosTIC et commandes à la pharmacie

A la lecture des résultats de **DIAGnosTIC**, l'utilisation des agents halogénés depuis 2010 peut se décrire en 2 phases. La première phase est marquée par une utilisation croissante du desflurane jusqu'en 2016 et atteint 54% des interventions. La 2^{ème} phase est marquée par une décroissance de son utilisation jusqu'en 2019, où elle revient au même niveau qu'en 2010 (environ 32% des interventions).

Ces tendances se retrouvent également dans les **commandes réalisées à la pharmacie**. Le nombre de flacons de desflurane commandés augmente jusqu'en 2014, puis diminue jusqu'en 2020. Parallèlement, les commandes de flacons de sévoflurane sont au plus bas en 2014, puis remontent progressivement jusqu'en 2020.

Le pic d'utilisation du desflurane est donc différent lorsqu'on étudie les commandes et les résultats de DIAGnosTIC. La consommation en agent halogéné n'est en effet pas tout à fait superposable au nombre d'interventions où l'agent halogéné est utilisé, car la consommation de gaz par intervention dépend du débit de gaz frais, de la durée d'intervention et de la concentration d'agent halogéné administrée.

Les **émissions totales de GES liées aux agents halogénés** (calculées) ont diminué de près de 64% entre 2013 et 2020, alors que l'utilisation du sévoflurane a augmenté sur cette période. Cette baisse des émissions de GES est surtout imputable à la

diminution de l'utilisation du desflurane. Malgré une diminution du nombre de flacons commandés depuis 2013, cet agent halogéné reste responsable de 88% des émissions liées aux agents halogénés dans les blocs étudiés en 2020.

Les **chiffres de 2020** sont à interpréter avec prudence en raison de la pandémie de COVID-19, qui a provoqué une diminution de l'activité au bloc opératoire et du nombre total de flacons commandés. On peut toutefois noter que ce sont surtout les commandes de desflurane qui ont diminué en 2020.

Dans notre analyse sur l'année 2019, on constate que le **desflurane** est davantage utilisé chez les patients obèses, et lorsque la durée d'intervention dépasse 2 heures. Il est très souvent utilisé au bloc ORL et au bloc commun.

En 2019, le **sévoflurane** est davantage utilisé chez l'enfant et l'adolescent. Certaines spécialités chirurgicales n'utilisent que du sévoflurane : la CCV, la chirurgie thoracique, la chirurgie pédiatrique et l'ortho-traumatologie.

Le **protoxyde d'azote** voit sa fréquence d'utilisation diminuer progressivement de près de 75% entre 2010 et 2019. En 2019, quels que soient les critères liés au patient ou à la chirurgie, son utilisation en tant qu'adjuvant à l'anesthésie est faible (près de 8%).

Il est davantage utilisé lorsque l'âge est bas, le score ASA est bas, ou lorsque la durée d'intervention est courte. Il n'est quasiment jamais utilisé en CCV, chirurgie thoracique, ORL ou au bloc commun.

1.1.2 Questionnaire

Le choix de l'agent halogéné en per-opératoire dépend de plusieurs paramètres, notamment médicaux.

Pour les anesthésistes ayant répondu, le **critère environnemental** apparaît en 2^{ème} position. Ils sont 88% à savoir que les agents halogénés sont des gaz à effets de serre.

Ceci traduit une sensibilité des professionnels sur la question de l'écologie. Ils sont 85% à avoir répondu « oui probablement », ou « oui certainement » à la question : « Changeriez-vous vos habitudes d'utilisation des gaz d'anesthésie sur le seul argument écologique ? ».

1.2 Forces et limites de l'étude

1.2.1 Forces de l'étude

Il s'agit d'une étude sur l'évolution des pratiques d'utilisation des gaz d'anesthésie à l'échelle d'un CHU sur une période de 10 ans. Elle s'appuie sur un questionnaire mais s'intéresse aussi à la pratique réelle, car les données proviennent directement des données per-opératoires collectées par un logiciel.

Le logiciel utilisé permet un recueil fiable d'un grand nombre de données. L'étude est de forte puissance car l'effectif est conséquent : 292 090 interventions ont été analysées au total, incluant 28 001 interventions en 2019 et 31 024 interventions en 2018.

En outre, le taux de réponses pour le questionnaire est d'environ 50%.

1.2.2 Limites de l'étude

Cette étude est **monocentrique**.

Parmi les difficultés rencontrées, certaines sont liées à l'utilisation de l'outil DIAGnosTIC. La recherche du mot clef « **noradrénaline** » a abouti à un nombre de résultats de 0 pour l'année 2019. Les données de l'année 2018 ont donc été utilisées. Parmi ces résultats, le nombre de patients sous noradrénaline a peut-être été sous-estimé car la recherche par mot-clef ne prend pas en compte certaines dénominations ou abréviations (levophed par exemple).

DIAGnosTIC n'est pas parvenu à récupérer les données concernant le **bloc des spécialités** après 2016, ce qui engendre biais de sélection.

Enfin, 26% des données sont manquantes concernant **l'IMC** des patients en 2019. Ceci peut-être lié à certaines consultations incomplètes ou retranscrites sur papier, dont nous n'avons pas le compte exact.

Près de 37% des anesthésistes interrogés dans notre questionnaire prennent en compte le **statut respiratoire** du patient (asthme, BPCO...) dans le choix de l'agent halogéné. Cette donnée aurait été intéressante à analyser, malheureusement le logiciel DIAGnoSTIC ne permettait pas de l'extraire.

De plus, le logiciel ne permettait de déterminer le **débit de gaz frais utilisé**. La consommation réelle en agent halogéné a donc seulement été estimée à partir des commandes réalisées à la pharmacie. La connaissance du débit de gaz frais aurait pu apporter des informations plus précises sur la consommation réelle des gaz en fonction des années et des critères étudiés.

Concernant le **protoxyde d'azote**, les critères d'inclusion ne permettaient pas de détecter lorsqu'il était utilisé seul, mais uniquement lorsqu'il était utilisé en *adjuvant* d'un autre agent halogéné. En effet, il est régulièrement utilisé en dehors du bloc opératoire afin d'obtenir une analgésie pour des gestes techniques, et le logiciel DIANE n'est pas toujours utilisé dans ces circonstances. L'analyse effectuée dans notre étude ne représente donc qu'une partie de l'utilisation réelle du protoxyde d'azote. Les commandes de protoxyde d'azote auprès de la pharmacie auraient pu nous apporter davantage d'informations sur sa consommation réelle, mais nous n'y avons pas accès.

1.3 Comparaison avec la littérature

1.3.1 Les agents halogénés

Une enquête de la SFAR de Ecoffey et al. par email auprès de 1676 anesthésistes a été réalisée en 2018 sur l'utilisation du protoxyde d'azote et des agents halogénés [24]. Le sévoflurane est le gaz le plus souvent utilisé en entretien pour 59% des anesthésistes en population adulte, et 90% chez l'enfant. Le desflurane est utilisé en majorité pour 21% des anesthésistes en population adulte, et pour 2% d'entre eux chez l'enfant. Cette enquête retrouve une utilisation du sévoflurane dans des proportions similaires à notre étude.

Une enquête de la SFAR plus récente (par téléphone et par email) a été réalisée en France en 2019 sur un échantillon de 594 anesthésistes sur l'utilisation des agents anesthésiques volatils [57]. Plus de 50% des anesthésistes interrogés ne savaient pas quel gaz anesthésique entre le sévoflurane, le desflurane et le protoxyde d'azote avait le plus fort impact écologique. Dans notre questionnaire, moins de 40% des anesthésistes connaissaient les demi-respectives du sévoflurane, du desflurane et du protoxyde d'azote.

Après sensibilisation aux effets du desflurane et du protoxyde d'azote sur le réchauffement climatique, plus de 90% des anesthésistes étaient prêts à réduire leur utilisation de ces 2 agents. Ils jugeaient alors utiles des **recommandations** pour encadrer leurs utilisations.

Notre questionnaire traduit également une volonté des anesthésistes de réduire leur empreinte carbone au bloc opératoire. La formation et la sensibilisation des

professionnels sur la question de l'écologie pourrait donc induire des changements dans leurs pratiques.

En 2017, Andrea et al, dans une démarche écoresponsable, ont souhaité déterminer l'impact carbone lié à la chirurgie dans 3 blocs opératoires de 3 hôpitaux différents sur une période de 1 an. Ils ont inclut : les émissions liées à l'anesthésie, la gestion des déchets et la consommation d'énergie [13].

Dans l'hôpital de L'Université de Minnesota et de Vancouver, les émissions de GES liées aux agents halogénés représentaient respectivement 63% et 51% des émissions totales de GES du bloc opératoire. Le desflurane était responsable de respectivement 97% et 92% des émissions liées aux agents halogénés (en additionnant les émissions dues au sévoflurane, au desflurane et à l'isoflurane).

Dans l'hôpital John Radcliffe qui n'utilisait pas de desflurane, les émissions de GES liées aux gaz d'anesthésie étaient 10 fois inférieures aux 2 autres hôpitaux.

Ainsi, au CHU de Lille comme dans les 2 hôpitaux de l'étude de Andrea et al., le desflurane représente la majorité (environ 90%) des émissions de GES liées aux agents halogénés. Le choix de l'agent halogéné représente donc un facteur déterminant dans l'impact carbone d'un bloc opératoire.

1.3.2 Le protoxyde d'azote

Une **étude rétrospective réalisée à l'Institut Gustave Roussy** (Villejuif) a analysé l'impact de la diminution d'utilisation du protoxyde d'azote sur la consommation des agents halogénés [47]. La consommation de protoxyde d'azote a été réduite de 70% entre 2006 et 2010. En conséquence, la consommation par patient de sévoflurane a augmenté de 25% et celle de desflurane de 37%. Les émissions de gaz à effet de serre liées au protoxyde d'azote sont passées de 234 tonnes d'équivalent CO₂ en 2006 à 58 tonnes en 2010. Ces changements dans les pratiques ont donc permis une réduction de l'impact écologique de l'activité du bloc opératoire. Toutefois, les auteurs ne prennent pas en compte dans leur calcul l'impact carbone lié aux halogénés, car ils estiment qu'il est plus faible que celui du protoxyde d'azote, et le protoxyde d'azote participe en plus à la destruction de la couche d'ozone.

Depuis, dans une démarche éco-responsable, l'Institut Gustave Roussy n'utilise plus de protoxyde d'azote au bloc opératoire.

C'est également le cas au CHU de Bordeaux depuis 2008. [16].

Notre étude retrouve également une tendance à la diminution de l'utilisation du protoxyde d'azote en per-opératoire au cours des années. En revanche, nos données ne permettaient pas d'en déduire l'impact sur la consommation des agents halogénés, ni l'impact sur les émissions de GES du bloc opératoire.

L'enquête de Ecoffey et al. en 2018 décrit de manière similaire une diminution de l'utilisation du protoxyde d'azote chez les professionnels interrogés [24].

1.4 Perspectives

L'analyse de la littérature nous permet de formuler des hypothèses afin de réduire les émissions de GES au bloc opératoire du CHU de Lille.

1.4.1 Utilisation du débit de gaz frais minimal

Les auteurs du « *Guide du développement durable* » édité par la SFAR proposent de travailler avec un **débit de gaz frais inférieur à 1L /min** lors de l'entretien de l'anesthésie générale, afin de réduire la consommation en agent halogéné [16]. Certains respirateurs d'anesthésie permettent de régler automatiquement le débit de gaz frais en fonction de la fraction expirée cible d'agent halogéné (système AINOC). Ce système permet d'après le constructeur une réduction jusqu'à 65% de la consommation d'agent halogéné [58].

1.4.2 Choix de l'agent halogéné

Il n'existe pas de recommandation officielle de la SFAR sur l'utilisation des agents halogénés au bloc opératoire. De plus, aucun de ces agents ne possède d'autorisation de mise sur le marché (AMM) spécifique pour un type de chirurgie.

Utilisé dans les mêmes conditions, le desflurane a un impact carbone 20 fois plus élevé que le sévoflurane. Cette donnée devrait être prise en compte lors de son utilisation, en particulier dans les situations où il n'y a pas d'avantage reconnu du desflurane [2,16].

1.4.3 Utilisation raisonnée du protoxyde d'azote

Il n'existe pas non plus de recommandation officielle ni d'AMM spécifique du protoxyde d'azote pour un type de chirurgie. Son utilisation en adjuvant de l'anesthésie dépend

donc du choix du médecin anesthésiste. Il est souhaitable que son impact carbone et ses effets sur la couche d'ozone soient pris en compte lors de son utilisation [49,54].

1.4.4 Anesthésie intraveineuse

L'anesthésie intraveineuse peut être utilisée en entretien de l'anesthésie générale.

Elle n'émet pas directement de gaz à effet de serre, et son impact carbone direct est estimé à 1% de celui de l'anesthésie par sévoflurane [2]. Toutefois, d'après Yeoh et al., le propofol utilisé peut se retrouver dans les eaux usées par excrétion dans les urines. En outre, il faut prendre en compte l'utilisation de consommables associée à l'anesthésie intraveineuse (seringues en plastique, etc.) [15,59].

Sur le plan médical, d'après une méta-analyse, les hypnotiques intraveineux (propofol) provoquent moins de NVPO mais les délais de réveil sont plus longs par rapport au sévoflurane et au desflurane [60]. Cette alternative reste donc à étudier.

1.4.5 Anesthésie locorégionale

L'anesthésie locorégionale est une technique intéressante pouvant réduire de manière considérable l'impact carbone d'une intervention chirurgicale d'après Timur et al [8].

En 2021, McGain et al. ont calculé l'empreinte carbone liée à l'anesthésie dans le cadre d'une chirurgie de prothèse totale de genou pour 29 patients. En raison des consommables et du matériel à usage unique utilisé, le bilan carbone de la rachianesthésie associée à une sédation intraveineuse était plus élevé que celui de l'anesthésie générale sous sévoflurane [61].

Cette alternative reste donc également en cours d'évaluation.

1.4.6 Réabsorption

Deltasorb® est un dispositif qui capture les agents halogénés rejetés par le bloc opératoire et les recycle pour qu'ils soient réutilisés. Ce système n'est pas encore commercialisé à l'heure actuelle [16].

1.4.7 Xénon

Il s'agit d'un gaz d'anesthésie totalement dépourvu d'effet de serre. Malheureusement aujourd'hui sa production est très énergivore et onéreuse [17]. En outre, son innocuité n'est pas encore totalement établie [16].

Conclusion

Notre étude met en lumière une évolution des pratiques concernant les gaz d'anesthésie au bloc opératoire. Les gaz les plus polluants, le desflurane et le protoxyde d'azote, sont de moins en moins utilisés, sauf dans certaines indications.

Les professionnels de santé sont sensibles à la question de l'écologie. Des formations sur l'impact carbone des gaz d'anesthésie pourraient induire de réels changements dans les pratiques afin de réduire les émissions de GES au sein du CHU de Lille.

Liste des figures

Figure 1 : Potentiel de réchauffement global (PRG) à 100 ans en équivalent CO₂ du desflurane, sévoflurane et protoxyde d'azote (16)

Figure 2 : Nombre d'interventions analysées par année

Figure 3 : Utilisation des agents halogénés de 2010 à 2019

Figure 4 : Utilisation des agents halogénés en fonction de l'âge en 2019

Figure 5 : Utilisation des agents halogénés en fonction de l'IMC en 2019

Figure 6 : Utilisation des agents halogénés en fonction du score ASA en 2019

Figure 7 : Utilisation des agents halogénés en fonction du statut hémodynamique pour 2018

Figure 8 : Utilisation des agents halogénés en fonction de la durée d'intervention en 2019

Figure 9 : Utilisation des agents halogénés en fonction de la spécialité chirurgicale en 2019

Figure 10 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote de 2010 à 2019

Figure 11 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de l'âge

Figure 12 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de l'indice de masse corporelle

Figure 13 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction du score ASA

Figure 14 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction du statut hémodynamique

Figure 15 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de la durée d'intervention.

Figure 16 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote en fonction de la spécialité chirurgicale

Figure 17 : nombre de flacons de desflurane et de sévoflurane commandés par année

Figure 18 : impact carbone calculé (en tonnes de CO₂) du sévoflurane et du desflurane par année

Figure 19 : Dépenses pharmaceutiques liées aux agents halogénés exprimées en milliers d'euros

Figure 20 : âge des répondants

Figure 21 : Profession des répondants

Figure 22 : Service de provenance des répondants

Figure 23 : Utilisation des agents halogénés en fonction du score ASA pour une intervention de courte durée

Figure 24 : Utilisation des agents halogénés en fonction du score ASA pour une intervention de longue durée

Figure 25 : Critères d'utilisation des agents halogénés

Figure 26 : Critères d'utilisation des agents halogénés (réponses des médecins anesthésistes uniquement)

Figure 27 : Fréquence d'utilisation du protoxyde d'azote

Figure 28 : Critères d'utilisation du protoxyde d'azote

Figure 29 : Sensibilité des participants aux problèmes environnementaux

Figure 30 : Changement des habitudes d'utilisation des gaz d'anesthésie

Figure 31 : Connaissances concernant les agents halogénés

Figure 32 : Connaissances sur l'impact environnemental des agents halogénés

Figure 33 : Question sur la demi-vie du desflurane

Figure 33 : Question sur la demi-vie du desflurane

Figure 34 : Question sur la demi-vie du protoxyde d'azote

Références

- [1] Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Réchauffement planétaire de 1,5 degrés. Disponible sur : www.ipcc.ch
- [2] McGain F, Muret J, Lawson C, Sherman JD. Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *Br J Anaesth* 2020;125:680–92.
- [3] Özelsel TJ-P, Sondekoppam RV, Buro K. The future is now—it's time to rethink the application of the Global Warming Potential to anesthesia. *Can J Anesth Can Anesth* 2019;66:1291–5.
- [4] Haines A, Ebi K. The Imperative for Climate Action to Protect Health. *N Engl J Med* 2019;380:263–73.
- [5] Ministère de la transition écologique. Chiffres clés du climat - France, Europe et Monde - Édition 2021 n.d.:92. Disponible sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>
- [6] Ma NW. The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate 2019;394:44.
- [7] OMS. Changement climatique et santé. Disponible sur who.int
- [8] Özelsel TJ-P, Sondekoppam RV, Ip VHY, Tsui BCH. Re-defining the 3R's (reduce, refine, and replace) of sustainability to minimize the environmental impact of inhalational anesthetic agents. *Can J Anesth Can Anesth* 2019;66:249–54.
- [9] Ministère de la Transition écologique. Politiques du climat, de l'air et de l'énergie. Disponible sur www.ecologie.gouv.fr
- [10] Watts N., Amann M., Arnell N. The 2019 report of The Lancet Countdown on health. *Lancet* 2019; 394: 1836–78
- [11] Rizan C, Steinbach I, Nicholson R, Lillywhite R, Reed M, Bhutta MF. The Carbon Footprint of Surgical Operations: A Systematic Review. *Ann Surg* 2020;272:986–95.
- [12] Samii K. Traité d'anesthésie et de réanimation. 2014.
- [13] MacNeill AJ. The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems 2017;1:8.

- [14] Jodi D. Sherman, M.D., Robert B. Schonberger, M.D., Matthew Eckelman, Ph.D. Yale, New Haven, Connecticut, United States. Estimate of Carbon Dioxide Equivalents of Inhaled Anesthetics in the United States
- [15] Yeoh CB, Lee KJ, Coric V, Tollinche LE. Simple Green Changes for Anesthesia Practices to Make a Difference 2021:6
- [16] Mourgues F., Bonnet F. Développement durable au bloc opératoire. Disponible sur www.SFAR.org
- [17] Vollmer MK, Rhee TS, Rigby M, Hofstetter D, Hill M, Schoenenberger F, et al. Modern inhalation anesthetics: Potent greenhouse gases in the global atmosphere. *Geophys Res Lett* 2015;42:1606–11.
- [18] Hanna M. A long way to go: minimizing the carbon footprint from anesthetic gases *Can Anesth* (2019) 66:838–839
- [19] Morel J, Massacrier F, Molliex S, Molliex S. Le protoxyde d'azote a-t-il encore une place en Anesthésie ? OUI ! SFAR Le Congrès 2015. Disponible sur <https://sofia.medicalistes.fr/spip/IMG/pdf/le-n2o-a-t-il-encore-une-place-en-anesthesie-oui-molliex-1442329990.pdf>
- [20] Richebé P, Pfeiff R, Simonnet G, Janvier G. Faut-il supprimer le protoxyde d'azote au bloc opératoire ? Conférences d'actualisation 2006, p. 133-155.
- [21] Odin I, Nathan N. Anesthésiques halogénés. 2005.
- [22] Dalens B. Traité d'anesthésie générale n.d.:2840.
- [23] J. Morel, S. Molliex, Rappels pharmacocinétiques des agents par inhalation 53e congrès national d'anesthésie et de réanimation.
- [24] Ecoffey C. Enquête sur le protoxyde d'Azote et l'anesthésie générale . Disponible sur <https://sfar.org/enquete-sur-le-protoxyde-dazote-et-lanesthesie-generale/>
- [25] Diemunsch P. Conférence d'experts – Texte court. Prise en charge des nausées et vomissements postopératoires. *Ann Fr Anesth Réanimation* 2008;27:866–78.
- [26] Boggett S, Ou-Young J, Heiberg J, Steiger RD, Richardson M, Williams Z, et al. A randomized trial of desflurane or sevoflurane on postoperative quality of recovery after knee arthroscopy n.d.:14.
- [27] Macario A, Dexter F, Lubarsky D. Meta-analysis of trials comparing postoperative recovery after anesthesia with sevoflurane or desflurane. *Am J Health Syst Pharm*

- [28] Valley RD, Freid EB, Bailey AG, Kopp VJ, Georges LS, Fletcher J, et al. Tracheal Extubation of Deeply Anesthetized Pediatric Patients: A Comparison of Desflurane and Sevoflurane: *Anesth Analg* 2003;1320–4.
- [29] Dadure C, Sabourdin N, Veyckemans F, Babre F, Bourdaud N, Dahmani S, et al. Gestion des voies aeriennes de l'enfant. *Anesth Réanimation* 2019;5:408–26.
- [30] TerRiet MF, DeSouza GJA, Jacobs JS, Young D, Lewis MC, Herrington C, et al. Which is most pungent: isoflurane, sevoflurane or desflurane? *Br J Anaesth* 2000;85:305–7.
- [31] Meineke M, Applegate RL, Rasmussen T, Anderson D, Azer S, Mehdizadeh A, et al. Cognitive dysfunction following desflurane versus sevoflurane general anesthesia in elderly patients: a randomized controlled trial. *Med Gas Res* 2014;4:6.
- [32] Alalawi R, Yasmeen N. Postoperative Cognitive Dysfunction in the Elderly: A Review Comparing the Effects of Desflurane and Sevflurane. *J Perianesth Nurs* 2018;33:732–40.
- [33] De Baerdemaeker LEC, Struys MMRF, Jacobs S. Optimization of desflurane administration in morbidly obese patients - a comparison with sevoflurane. *British Journal of Anaesthesia* 91 (5): 638±50 (2003)
- [34] Colla LL. Faster wash-out and recovery for desflurane vs sevoflurane in morbidly obese patients when no premedication is used. *British Journal of Anaesthesia* 99 (3): 353–8 (2007)
- [35] Satoh J-I, Yamakage M, Kobayashi T, Tohse N, Watanabe H, Namiki A. Desflurane but not sevoflurane can increase lung resistance via tachykinin pathways †. *Br J Anaesth* 2009;102:704–13.
- [36] Volta CA, Alvisi V, Petrini S, Zardi S, Marangoni E, Ragazzi R, et al. The Effect of Volatile Anesthetics on Respiratory System Resistance in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: *Anesth Analg* 2005;100:348–53.
- [37] Bennett JA, Mahadeviah A, Stewart J, Lingaraju N, Keykhah M. Desflurane Controls the Hemodynamic Response to Surgical Stimulation More Rapidly Than Isoflurane. *Journal of Clinical anesthesia* 1995 ; 7:288-291
- [38] Avramov N, Griffin JD, White PF. The Effect of Fresh Gas Flow and Anesthetic Technique on the Ability to Control Acute Hemodynamic Responses During Surgery. *ANESTH ANALG* n.d.:5.
- [39] Sympathetic Hyperactivity during Desflurane Anesthesia in Healthy Volunteers- A Comparison with Isoflurane. *Anesthesiology* 1993;79:444-453

- [40] Bailey JM. Context-Sensitive Half-Times and Other Decrement Times of Inhaled Anesthetics. *ANESTH ANALG* 1997;85:681-6
- [41] Li IE, Gong D, Koblin D, Bowland T, Laster J, Weiskopf B. The Effect of Anesthetic Duration on Kinetic and Recovery Characteristics of Desflurane Versus Sevoflurane, and on the Kinetic Characteristics of Compound A, in Volunteers. *ANESTH ANALG* :8.
- [42] McKay RE, Malhotra A, Cakmakkaya OS, Hall KT, McKay WR, Apfel CC. Effect of increased body mass index and anaesthetic duration on recovery of protective airway reflexes after sevoflurane vs desflurane 1998;86:414-21
- [43] Guerrero Orriach JL, Galán Ortega M, Ramirez Aliaga M, Iglesias P, Rubio Navarro M, Cruz Mañas J. Prolonged sevoflurane administration in the off-pump coronary artery bypass graft surgery: Beneficial effects. *J Crit Care* 2013;28:879.e13-879.e18.
- [44] Hert et Blier - Effects of Propofol, Desflurane, and Sevoflurane on recovery of myocardial function after coronary surgery in elderly high-risk patients. *Anesthesiology* 2003; 99:314 –23
- [45] Landoni G, Lomivorotov VV, Nigro Neto C, Monaco F, Pasyuga VV, Bradic N, et al. Volatile Anesthetics versus Total Intravenous Anesthesia for Cardiac Surgery. *N Engl J Med* 2019;380:1214–25.
- [46] Arain SR, Shankar H, Ebert TJ. Desflurane Enhances Reactivity during the Use of the Laryngeal Mask Airway. *Anesthesiology* 2005;103:495–9.
- [47] Laverdure F, Gaudin A, Bourgain J-L Impact de la diminution d'utilisation du protoxyde sur la consommation d'agents halogénés. *Annales Françaises d'anesthésie et de réanimation* 2013 766-771
- [48] Peyton PJ, Robinson GJB. Nitrous Oxide Diffusion and the Second Gas Effect on Emergence from Anesthesia. *Perioper Med Anesthesiology* 2011; 114: 596–602
- [49] Buhre W, Disma N, Hendrickx J, DeHert S, Hollmann MW, Huhn R, et al. European Society of Anaesthesiology Task Force on Nitrous Oxide: a narrative review of its role in clinical practice. *Br J Anaesth* 2019;122:587–604.
- [50] Weiskopf RB, Cahalan MK, Ionescu P, Eger EI, Yasuda N, Lockhart SH, et al. Cardiovascular Actions of Desflurane With and Without Nitrous Oxide During Spontaneous Ventilation in Humans: *Anesth Analg* 1991;73:165???174.
- [51] Chan MTV, Peyton PJ, Myles PS, Leslie K, Buckley N, Kasza J, et al. Chronic postsurgical pain in the Evaluation of Nitrous Oxide in the Gas Mixture for Anaesthesia

(ENIGMA)-II trial. Br J Anaesth 2016;117:801–11.

[52] Aubrun F, Nouette Gaulain K, Fletcher D, Belbachir A, Beloeil H, Carles M, et al. Réactualisation de la recommandation sur la douleur postopératoire. Anesth Réanimation 2016;2:421–30.

[53] Myles PS, Chan MTV, Kasza J, Paech MJ, Leslie K, Peyton PJ, et al. Severe Nausea and Vomiting in the Evaluation of Nitrous Oxide in the Gas Mixture for Anesthesia II Trial. Anesthesiology 2016;124:1032–40.

[54] Brown S, Sneyd J. Nitrous oxide in modern anaesthetic practice. BJA Educ 2016;16:87–91.

[55] Becker DE, Rosenberg M. Nitrous Oxide and the Inhalation Anesthetics. Anesth Prog 2008;55:124–31.

[56] Pierce JM. et al. The environment, the gas bill and the route to sustainable anaesthesia. <https://www.rcoa.ac.uk/sites/default/files/documents/2019-09/Bulletin82-Nov2013-Pages39-41.pdf>

[57] Khass Z, Paries M, Jacquens A, Kallel B, Rafat C, Degos V, et al. Enquête sur les changements de prescriptions des gaz anesthésiants après sensibilisation à leurs impacts climatiques. Anesth Réanimation 2021;7:110–8.

[58] B. Lortat-Jacob,1 V. Billard Assessing the clinical or pharmaco-economical benefit of target controlled desflurane delivery in surgical patients using the Zeus® anaesthesia machine 2009;7.

[59] Yeoh CB. Challenges of Going Green in the Operating Room. Anaesth Surg Open Access J 2020;2.

[60] Schraag S, Pradelli L, Alsaleh AJO, Bellone M, Ghetti G, Chung TL, et al. Propofol vs. inhalational agents to maintain general anaesthesia in ambulatory and in-patient surgery: a systematic review and meta-analysis. BMC Anesthesiol 2018;18:162.

[61] McGain F, Sheridan N, Wickramarachchi K, Carbon Footprint of General, Regional, and Combined Anesthesia for Total Knee Replacements nesthesiology 2021; XXX:00–00

Annexe 1 : Questionnaire

Question 1 : Êtes-vous :

- Un Homme ?
- Une femme ?

Question 2 : Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?

- 20 à 29 ans
- 30 à 39 ans
- 40 à 49 ans
- 50 à 59 ans
- Plus de 60 ans

Question 3 : Quelle est votre profession ?

- Médecin anesthésiste-réanimateur
- Interne en anesthésie-réanimation
- Infirmier anesthésiste (IADE)
- Étudiant infirmier anesthésiste (eIADE)

Question 4 : Quelle est votre ancienneté au sein de votre formation ?

- < 3 ans
- Entre 3 et 10 ans
- Entre 11 et 20 ans
- > 20 ans

Question 5 : Combien d'anesthésies générales pensez-vous pratiquer chaque semaine ?

- 1 à 10
- 10 à 20
- 20 à 30
- > 30

Question 6 : Dans quel service travaillez-vous actuellement ?

- UADC (déchoquage chirurgical)
- Centre de traitement des brûlés
- Bloc des spécialités
- Traumatologie - Orthopédie
- Neurochirurgie
- Chirurgie pédiatrique
- Maternité – Gynécologie – procréation médicalement assistée
- Chirurgie cardiaque et vasculaire
- Chirurgie thoracique
- Bloc commun (chirurgie digestive et urologique)
- Centre d'ambulatoire CMCA
- Chirurgie ophtalmologique
- Chirurgie ORL
- CHG (centre hospitalier général)

Question 7 : Vous définiriez-vous comme sensible aux problèmes environnementaux de façon générale ?

- Oui, tout à fait

- Oui, un peu
- Non, plutôt pas
- Non, pas du tout

Question 8 : utilisez-vous du protoxyde d'azote dans votre bloc ?

- Très souvent (> 10 fois / semaine)
- Souvent (> 1 fois / semaine)
- Parfois (> 1 fois par mois)
- Rarement (< 1 fois par mois)
- Jamais

Question 9 : Dans quelles situations utilisez-vous le N₂O ? (Plusieurs réponses possibles)

- Pour optimiser l'anesthésie
- Pour diminuer la CAM et permettre une épargne des autres hypnotiques
- Pour certains gestes techniques désagréables : pose de VVP difficile, blood patch, rachi, sondage, etc...
- Pour optimiser la stabilité hémodynamique
- Pour diminuer le risque de mémorisation
- Pour son effet analgésique

Question 10 : Quel halogéné utilisez-vous de préférence pour une intervention courte < 1 heure chez un patient ASA 1 ?

- Desflurane
- Sevoflurane
- Sans préférence

Question 11 : Quel halogéné utilisez-vous de préférence pour une intervention de durée plus longue (> 1h) chez un patient ASA 1 ?

- Desflurane
- Sevoflurane
- Sans préférence

Question 12 : Quel halogéné utilisez-vous de préférence pour une intervention courte < 1 heure chez un patient ASA ≥ 3 ?

- Desflurane
- Sevoflurane
- Sans préférence

Question 13 : Quel halogéné utilisez-vous de préférence pour une intervention de durée plus longue (> 1h) chez un patient ASA ≥ 3 ?

- Desflurane
- Sevoflurane
- Sans préférence

Question 14 : Sur quels arguments faites-vous le choix du gaz halogéné lors de votre entretien anesthésique ? (Plusieurs réponses possibles)

- Choix du médecin anesthésiste (MAR) responsable
- Gaz halogéné déjà en place sur le respirateur
- Par habitude de service
- Pour des raisons économiques
- Durée de réveil
- Qualité / profondeur d'anesthésie
- Poids du patient
- Statut hémodynamique du patient
- Statut respiratoire du patient
- Empreinte environnementale

Question 15 : D'après-vous, les anesthésiques volatiles sont-ils considérés comme des gaz à effet de serre (GES) ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

Question 16 : Si oui, leur impact environnemental est selon-vous :

- Très faible
- Faible
- Modéré
- Important
- Très important
-

Question 17 : Changeriez-vous vos habitudes d'utilisation des gaz anesthésiques volatiles sur le seul argument écologique ?

- Oui, certainement
- Oui, probablement
- Non

Question 18 : Quelle est la demi-vie dans l'atmosphère du protoxyde d'azote ?

- 2 ans
- 14 ans
- 114 ans
- Je ne sais pas

Question 19 : Quelle est la demi-vie du Desflurane ?

- 2 ans
- 14 ans
- 114 ans
- Je ne sais pas

Question 20 : Quelle est la demi-vie du Sevoflurane ?

- 2 ans
- 14 ans
- 114 ans
- Je ne sais pas

AUTEUR : VANCO Maxime

Date de Soutenance : 8 novembre 2021 à 18 heures

Titre de la Thèse : Anesthésie écoresponsable : État des lieux des connaissances et pratiques au CHU de Lille

Thèse - Médecine - Lille 2021

Cadre de classement : DES Anesthésie-Réanimation

Mots-clés : sévoflurane, desflurane, protoxyde d'azote, réchauffement climatique, gaz à effet de serre

Résumé :

Contexte : L'OMS identifie le réchauffement climatique comme la menace numéro 1 pour la santé humaine au cours du XXI^e siècle. Il est essentiellement causé par les émissions de gaz à effet de serre de nature anthropique. L'activité de soins et en particulier le bloc opératoire représentent une partie non négligeable de ces émissions. Les agents halogénés et le protoxyde d'azote utilisés en anesthésie participent directement au réchauffement climatique. L'objectif de notre travail était de faire un état des lieux des pratiques concernant l'utilisation des agents halogénés et protoxyde d'azote au CHU de Lille. Les objectifs secondaires étaient de déterminer les critères influençant ce choix, dont le critère écologique, et d'apporter des pistes de réflexion pour réduire les émissions au CHU de Lille.

Matériel et Méthodes : Nous avons analysé l'utilisation des agents halogénés au travers d'un logiciel DIAGnoSTIC permettant d'extraire de manière automatisée les données du logiciel DIANE utilisé en per-opératoire dans l'ensemble des blocs opératoires du CHU de Lille. Nous avons ainsi estimé l'utilisation du desflurane, du sevoflurane et du protoxyde d'azote en fonction de l'âge, le score ASA, l'indice de masse corporelle, la durée d'intervention, le statut hémodynamique et le type de chirurgie. Nous avons ensuite analysé les commandes de flacons d'agents halogénés à la pharmacie. Nous avons également envoyé un questionnaire aux professionnels de santé travaillant en anesthésie.

Résultats : L'analyse des données retrouve 2 phases. De 2010 à 2016, l'utilisation du desflurane est croissante jusqu'à 54% des interventions. Puis elle décroît de 2016 à 2019 pour retrouver son niveau de 2010 à 32% des interventions. L'analyse des commandes de flacons retrouve également une diminution de la consommation de desflurane à partir de 2013. Alors que la consommation de sévoflurane augmente de 2013 à 2020, les émissions de gaz à effet de serre calculées sont en diminution car elles sont en grande partie liées au desflurane. Les critères médicaux liés à l'utilisation du desflurane sont l'obésité et la durée d'intervention. Certaines spécialités l'utilisent davantage : l'ORL et le bloc commun. Le protoxyde d'azote voit son utilisation en per-opératoire diminuer au cours des années.

Conclusion : Cette étude montre une évolution dans les pratiques concernant le protoxyde d'azote et les agents halogénés au bloc opératoire, se traduisant par une réduction des émissions de gaz à effet de serre sur les dernières années. Des formations sur l'impact carbone des agents halogénés pourraient induire de réels changements dans les pratiques afin de réduire encore davantage l'impact carbone de l'activité d'anesthésie.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Éric KIPNIS

Assesseurs : Monsieur le Professeur Gilles LEBUFFE

Monsieur le Docteur Serge DALMAS

Madame le Docteur Florence LALLEMANT