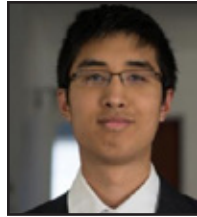


Article du gagnant du Prix de l'étudiant(e) en médecine 2012

Conséquences environnementales des gaz anesthésiques résiduels

Par Andrew Wei



Poissons intersexués, bactéries résistantes aux antibiotiques, baisse de la production spermatique et contamination de l'eau potable : voilà seulement quelques-unes des conséquences possibles liées au problème croissant de la pollution pharmaceutique. Avec la hausse de l'utilisation et de la complexité des soins pharmacologiques modernes, de nombreux chercheurs ont axé leurs efforts sur la démonstration que les médicaments administrés aux patients se retrouveront inévitablement dans l'environnement, où ils pourraient causer des effets toxiques sur les organismes biologiques et provoquer une contamination chimique de l'air, de l'eau et du sol. Le domaine de l'anesthésie, avec son utilisation répandue d'agents d'inhalation pharmacologiques, n'est pas exempt d'un tel contrôle minutieux. En fait, parce que les gaz anesthésiques sont expulsés de l'organisme pratiquement intacts et évacués directement dans l'atmosphère, leur apport au réchauffement climatique et à la diminution de la couche d'ozone est étudié depuis les années 1970.

La perspective de dommages environnementaux causés par les gaz anesthésiques a été soulevée pour la première fois par Fox et al. en 1975¹. À l'époque, les composés anesthésiques couramment utilisés incluaient le N₂O et les agents volatiles halothane et enflurane. Peu sujets au métabolisme in vivo, ces médicaments étaient habituellement libérés directement dans l'atmosphère à la suite de leur expulsion de l'organisme des patients. On a soumis une hypothèse du double effet de leur rejet dans l'atmosphère : contribution à l'appauvrissement de la couche d'ozone et puissants gaz à effet de serre. Les recherches effectuées dans les années 1980 suggéraient toutefois que la menace environnementale que posaient ces composés était minime^{2,4,5}; les agents volatiles ont été considérés comme inoffensifs pour l'environnement et il a été démontré que l'utilisation en anesthésie du N₂O ne contribuait que de façon modeste à la diminution de la couche d'ozone et aux changements climatiques. En effet, malgré leur proche ressemblance avec les CFC destructeurs de la couche d'ozone, les agents anesthésiques volatiles, dont la durée de vie dans l'air n'est que de 2 à 6 ans^{2,3}, ont démontré que leur durée de vie était trop courte pour qu'ils se répandent de façon significative dans la stratosphère, où se produisent les principaux dommages à la couche d'ozone. Qui plus est, malgré la puissance des agents anesthésiques à titre de gaz à effet de serre, leur production mondiale a été jugée trop modeste pour exercer un effet significatif sur le réchauffement climatique^{4,5}. Bien que ces premiers résultats soient prometteurs, le portrait de l'anesthésie et de la science environnementale a changé depuis.

Aujourd'hui, les anesthésiques par inhalation les plus couramment utilisés incluent le N₂O ainsi que de plus récents agents volatiles, soit le sevoflurane et le desflurane. De plus, la production mon-

diale de composés anesthésiques augmente pour répondre à la demande croissante dans les pays en développement, et une interdiction de la production de CFC à la suite du Protocole de Montréal en 1987 a grandement fait augmenter l'apport de l'écoulement d'anesthésiques à la diminution de la couche d'ozone. Un examen permanent des effets de la façon courante d'exercer l'anesthésie sur l'environnement global est par conséquent garanti sur la base de récents changements en recherche clinique et politique environnementale.

Comme leurs prédécesseurs, le sevoflurane et le desflurane ont peu d'effet sur la diminution de la couche d'ozone en raison de leur courte durée de vie dans l'air^{3,6}. De plus, parce qu'ils sont uniquement des halogènes du fluor, ils sont considérés comme encore plus sécuritaires que les agents volatiles précédents, qui étaient en partie des halogènes du chlore⁶. La raison en est que le potentiel qu'ont les anesthésiques volatiles à détruire la couche d'ozone dépend de leur capacité à produire des radicaux de chlore libres, qui catalysent la destruction des molécules d'ozone. D'autre part, la production de radicaux de chlore libres ne provoque aucun dommage significatif à la couche d'ozone, parce que le chlore libre réagit fortement et rapidement avec l'eau pour former du fluorure d'hydrogène, ce qui l'empêche de réagir avec l'ozone⁷. Le danger que pourraient causer à la couche d'ozone les nouveaux agents anesthésiques peut par conséquent être considéré comme pratiquement négligeable. Cependant, un impact beaucoup plus important sur la diminution de la couche d'ozone provient de l'utilisation du N₂O comme anesthésique. L'effet potentiellement destructeur pour la couche d'ozone du N₂O provient de sa dégradation en émissions de NOx en haute atmosphère, qui détruisent l'ozone au moyen d'un processus catalytique très semblable à celui observé avec les radicaux de chlore libres. Historiquement, le rôle du N₂O dans la diminution de la couche d'ozone était considéré comme mineur en comparaison avec l'effet dominant des CFC. Toutefois, l'abolition quasi complète de la production de CFC à la suite de la très grande réussite du Protocole de Montréal a grandement accru l'apport relatif du N₂O à ce phénomène. On prévoit maintenant que le N₂O deviendra la substance principalement responsable de la destruction de la couche d'ozone tout au long du XXI^e siècle⁸, et son utilisation comme agent anesthésique est responsable de jusqu'à 2 % du nombre total d'émissions^{6,11,12}. Heureusement, la popularité de ce gaz anesthésique diminue ces dernières années^{9,10}, en partie en raison de son avantage clinique incertain, de la disponibilité de nouveaux agents d'inhalation éminemment contrôlables et de ses conséquences néfastes sur l'environnement^{11,12,13,14}. Il reste à voir si cette tendance durera.

L'effet des agents anesthésiques sur le réchauffement climatique est plus difficile à quantifier, en partie parce qu'il est difficile de comparer de façon objective des gaz aux différentes propriétés et durées de vie dans l'air. En effet, la contribution relative de différents gaz peut grandement varier selon les paramètres utilisés pour les comparer (par exemple PRG₂₀, PRG₁₀₀, GTP). Le choix de ces paramètres est souvent quelque peu arbitraire¹⁵. Malgré cet inconvénient, dans de récentes études publiées par Ryan et al. et Sulbaek et al., le plus récent anesthésique volatil, le desflurane,

a été mis en cause comme un gaz à effet de serre beaucoup plus puissant que les composés précédents^{16,17}. Selon Ryan et al., lorsque l'on fait des calculs sur un horizon de 20 ans, le desflurane présente environ 3 714 fois le potentiel de réchauffement du globe du CO₂ (PRG₂₀ de 3 714), en comparaison avec un PRG₂₀ de 349 et de 1 401 pour le sevoflurane et l'isoflurane respectivement. L'impact du desflurane est amplifié davantage par sa faible puissance anesthésique comparativement à d'autres agents volatiles, ce qui nécessite l'administration de plus grandes concentrations pour obtenir un effet clinique équivalent. En appliquant ces chiffres à la pratique clinique, on estime qu'une heure d'anesthésie au desflurane administré à 1 CMA et un débit de gaz frais de 2 litres a un effet climatique équivalent à 186 kilogrammes d'émissions de CO₂¹⁶. De tels résultats suggèrent que les anesthésiques volatiles, et en particulier le récent desflurane, pourrait exercer une empreinte de carbone plus importante que celle anticipée, bien que la proportion de l'ensemble du réchauffement climatique imputable à ces gaz demeure difficile à évaluer¹⁶. L'effet du N₂O, par contre, est mitigé; le N₂O est lui-même un gaz à effet de serre à grande durée de vie, mais son utilisation en anesthésie permet d'utiliser des concentrations moindres d'agents volatiles beaucoup plus puissants. Lorsqu'il est utilisé comme gaz porteur pour le sevoflurane, le N₂O augmente la quantité totale de PRG₂₀ du mélange gazeux, mais l'inverse est aussi vrai lorsque le N₂O est utilisé avec le desflurane. Les calculs sur un horizon de 100 ans, toutefois, démontrent une augmentation sans équivoque en PRG chaque fois que l'on ajoute le N₂O comme gaz porteur : un écart pouvant être attribué à sa durée de vie prolongée dans l'atmosphère¹⁶. Dans un contexte où le desflurane et le N₂O démontrent respectivement un potentiel très puissant et très prolongé de réchauffement climatique, de récentes études semblent indiquer que les gaz anesthésiques constitueraient une petite partie, quoiqu'importante, du fardeau total des gaz à effet de serre. Par conséquent, il ne faut pas prendre à la légère la menace écologique qu'ils pourraient représenter.

L'ampleur de la pollution causée par les agents anesthésiques ne commande pas nécessairement de mesures correctives draconiennes, mais la production de gaz résiduels devrait néanmoins être réduite le plus possible par des moyens raisonnables et économiques. Historiquement, le secteur des soins de santé a été épargné du fardeau des évaluations environnementales, parce que ses services sont jugés essentiels et parce que la nécessité clinique doit, avec raison, avoir préséance sur les préoccupations environnementales¹⁸. Toutefois, avec un secteur médical en croissance dont l'empreinte environnementale est de plus en plus grosse, il est justifié de redoubler d'ardeur, lorsque cela est possible, pour réduire son empreinte écologique. Il n'est pas nécessaire de recourir à des méthodes onéreuses pour diminuer la production de gaz anesthésiques résiduels. Il est possible de mettre en œuvre des façons de faire à l'intérieur d'un cadre qui tient compte des coûts et de la sécurité des patients. Des solutions simples et réalistes applicables à l'anesthésie de tous les jours incluent de réduire au minimum les débits de gaz frais et d'éviter l'utilisation du N₂O et du desflurane si possible^{6,16}. Certaines méthodes de réduction des émissions de gaz résiduels nécessiteraient des changements plus importants aux pratiques courantes en anesthésie et incluent un usage plus répandu de la TIVA et de systèmes d'anesthésie en circuits fermés⁶. Enfin, de nouvelles technologies sont en cours de développement et pourraient être utiles à l'avenir, notamment des systèmes capables d'emprisonner les gaz anesthésiques résiduels et des agents d'inhalation expérimentaux comme le xénon^{6,19,20}. Dans

le domaine de l'environnementalisme, aucune intervention n'est trop futile pour être étudiée et les mesures visant à réduire l'empreinte environnementale de l'anesthésie contribuent au bout du compte à garantir la durabilité future de notre système de santé dans son ensemble.

Références

1. Fox JW, Fox EJ, Villanueva R. Letter: Stratospheric ozone destruction and halogenated anaesthetics. *Lancet*. 1975 Apr 12; 1(7911):864.
2. Brown AC, Canosa-Mas CE, Parr AD, Pierce JM, Wayne RP. Tropospheric lifetimes of halogenated anaesthetics. *Nature*. 1989 Oct 19; 341(6243):635-7.
3. Langbein T, Sonntag H, Trapp D, Hoffmann A, Malms W, Roth EP, et al. Volatile anaesthetics and the atmosphere: atmospheric lifetimes and atmospheric effects of halothane, enflurane, isoflurane, desflurane and sevoflurane. *Br J Anaesth*. 1999 Jan; 82(1):66-73.
4. Kole T. Environmental and occupational hazards of the anesthesia workplace. *AANA Journal*. 1990 Oct; 58(5):327-31.
5. O'Hare B, Fitzpatrick GJ. General anaesthesia and the environment. *Ir Med J*. 1994 Sep-Oct; 87(5):149-50.
6. Ishizawa Y. Special article: general anesthetic gases and the global environment. *Anesth Analg*. 2011 Jan; 112(1):213-7.
7. Rowland FS. Stratospheric ozone depletion. *Phil Trans R Soc B*. 2006 May; 361(1469):769-790.
8. Ravishankara AR, Daniel JS, Portmann RW. Nitrous oxide: the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science*. 2009 Oct 2; 326(5949):123-5.
9. Henderson KA, Raj N, Hall JE. The use of nitrous oxide in anaesthetic practice: a questionnaire survey. *Anaesthesia*. 2002 Dec; 57(12):1155-8.
10. Yoshimura E, Ushijima K. The consumption of nitrous oxide used for general anesthesia has been markedly reduced in recent years in our institute. *Masui*. 2005 Aug; 54(8):904-5.
11. Gilani SM, Sofi K. Is nitrous oxide necessary for general anaesthesia?. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2008 Oct-Dec; 20(4):149-52.
12. McGain F. Why anaesthetists should no longer use nitrous oxide. *Anaesth Intensive Care*. 2007 Oct; 35(5):808-9.
13. Schwilden H, Schuttler J. 200 years of nitrous oxide – and the end of an era?. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2001 Oct; 36(10):640.
14. Jahn UR, Berendes E. Nitrous oxide – an outdated anaesthetic. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2005 Sep; 19(3):391-7.
15. Shine KP. Climate effect of inhaled anaesthetics. *Br J Anaesth*. 2010 Dec; 105(6):731-3.
16. Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anaesthetics: application to clinical use. *Anesth Analg*. 2010 Jul; 111(1):92-8.
17. Sulbaek Andersen MP, Sander SP, Nielsen OJ, Wagner DS, Sanford TJ Jr, Wallington TJ. Inhalation anaesthetics and climate change. *Br J Anaesth*. 2010 Dec; 105(6):760-6.
18. Davies T, Lower AI. Environmental implications of the health care service sector [Internet]. Washington DC: Resources for the future; 1999 Oct [updated 1999 Oct; cited 2012 Feb 4]. Consulté à l'adresse : <http://www.rff.org/documents/rff-dp-00-01.pdf>.
19. Yamauchi S, Nishikawa K, Tokue A, Ishizeki J, Kadoi Y, Saito S. Removal of sevoflurane and nitrous oxide from waste anesthetic gases by using Anesclean, the system for treating waste anesthetic gases. *Masui*. 2010 Jul; 59(7):930-4.
20. Joyce JA. Xenon: anesthesia for the 21st century. *AANA J*. 2000 Jun; 68(3):259-64.