

CRISE CLIMATIQUE ET AGENTS INHALÉS

STEPHAN R WILLIAMS, MD PHD

CO-GESTIONNAIRE MEDICAL CARBONEUTRALITÉ/DÉV. DUR., CHUM

RESPONSABLE, COMITÉS CARBONEUTRALITÉ, DAMD-UdeM

DANS CE COURS

1. Crise climatique: cause, impact santé, solutions
2. Puissant effet de serre associé à certains agents anesthésiques inhalés
3. Analyse quantitative de stratégies de réduction des GES associés aux agents anesthésiques inhalés (exemple CHUM)

POURQUOI UN COURS SUR LA CRISE CLIMATIQUE ET AGENTS INHALÉS



GUIDE D'EXERCICE DE
L'ANESTHÉSIE

ÉDITION RÉVISÉE 2024

10 Lignes directrices pour la durabilité environnementale

Une utilisation responsable des agents anesthésiques volatils qui sont de puissants gaz à effet de serre. Les considérations devraient inclure le choix des agents ayant le potentiel de réchauffement planétaire le plus faible et l'utilisation de faibles débits totaux de gaz frais de $1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, idéalement des débits minimaux de $0,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, lorsque cela est possible.

L'utilisation de desflurane et de N_2O devrait être éliminée ou réduite au minimum, dans la mesure du possible, en tenant compte des ressources locales, de l'emplacement et du contexte clinique.

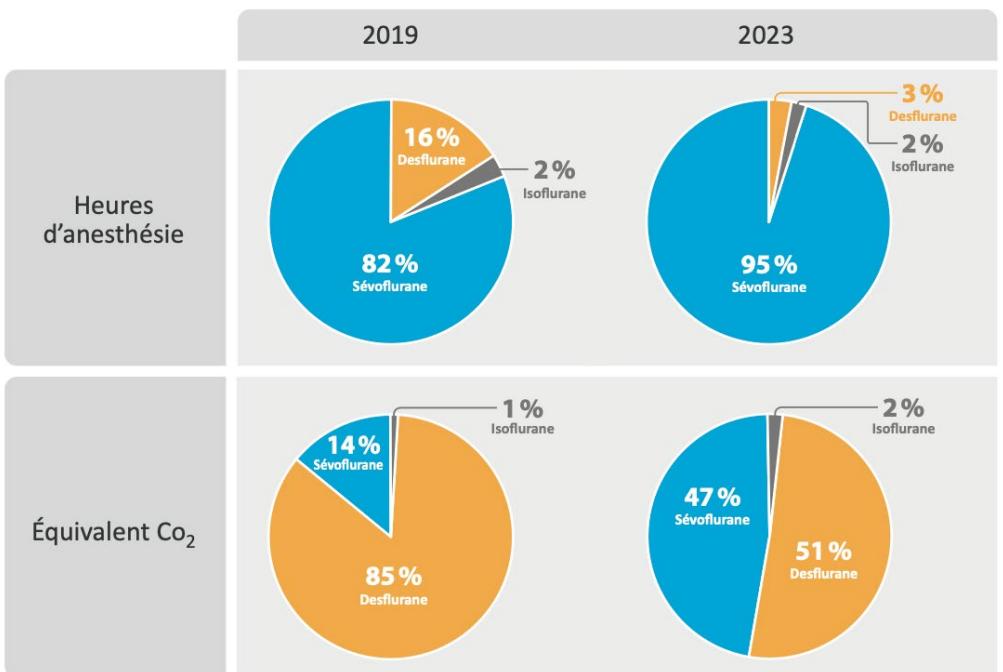
NATIONAL CURRICULUM FOR CANADIAN ANESTHESIOLOGY RESIDENCY

35.4.4 Environmental effects of anesthetic gases discharged from hospitals

POURQUOI UN COURS SUR LA CRISE CLIMATIQUE ET AGENTS INHALÉS

The cover features the INESS logo at the top right, followed by the text 'LE SAVOIR PREND FORME'. Below this, the title is centered in a blue box. To the right, there's a grey box containing the subtitle 'Fiche synthèse de l'avis produit par l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux', the date 'Juillet 2024', and '(Révisée le 10 juillet 2024)'. At the bottom right is the word 'Québec' with three small blue squares.

Figure 2. Impact de l'utilisation du desflurane en 2019 et 2023 sur l'empreinte carbone des anesthésies par inhalation*



https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESS/Rapports/Usage_optimal/INESS_Gaz_anesthesiques_Fiche_synthse.pdf

POURQUOI UN COURS SUR LA CRISE CLIMATIQUE ET AGENTS INHALÉS

L'INESSS recommande que des directives et des mesures soient mises en place par le MSSS et les établissements de santé pour parvenir, dans un avenir rapproché et selon un plan et des échéanciers qui tiennent compte des particularités organisationnelles locales, à :

- ⇒ l'élimination de l'usage du **desflurane** (sauf en cas de situations très exceptionnelles);
- ⇒ la fermeture des systèmes centralisés de distribution de **protoxyde d'azote** (en cessant l'alimentation de ces canalisations), et l'omission de ce type de système dans les plans de construction des futures infrastructures hospitalières.

- le protoxyde d'azote ne soit pas utilisé comme gaz porteur, à moins d'une raison médicale justifiant son utilisation;
- le recours au protoxyde d'azote à des fins de sédation se limite à des circonstances particulières.

POURQUOI UN COURS SUR LA CRISE CLIMATIQUE ET AGENTS INHALÉS

The cover features the INESSS logo at the top right, followed by the title in white text on a blue background. Below the title is a thin yellow horizontal line. To the right of the title is a grey sidebar containing the document's details.

INESSS
LE SAVOIR PREND FORME

Diminuer l'empreinte carbone des agents anesthésiques inhalés au bloc opératoire lors d'une anesthésie générale : stratégies et enjeux à considérer

Fiche synthèse de l'avis produit par l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux

Juillet 2024
(Révisée le 10 juillet 2024)

Québec

...l'INESSS recommande que les milieux d'enseignement rehaussent la formation de base ...des agents anesthésiques inhalés, pour y introduire les considérations environnementales en lien avec l'anesthésie;

POURQUOI UN COURS SUR LA CRISE CLIMATIQUE ET AGENTS INHALÉS

La Faculté de médecine se met
au diapason de la santé
planétaire



et

Série de webinaires : Crise climatique et santé planétaire

médecine de l'UdeM

À distance Français



Faculté de médecine

Direction du développement professionnel continu

DESCRIPTION

FORMATION ENTIÈREMENT À DISTANCE ET ASYNCHRONE

Cette formation doit être terminée avant le 20 janvier 2026

Le Groupe *Crise Climatique et Santé Planétaire* de la Faculté de Médecine vous offre une série de 10 activités de DPC sur ce sujet. Elles seront mises en ligne à raison d'une par mois tout au long de l'année.

Non seulement la crise climatique est le premier problème de santé publique dans le monde, mais elle a des impacts très spécifiques chez plusieurs de nos patient-e-s avec diverses pathologies. Nous espérons qu'après cette série de formations vous serez mieux outillé(e)s afin de prévenir et de traiter plusieurs de ces problèmes.

FORMATION

Durée : 1 heure/webinaire

Nombre de crédits : 1 crédit/webinaire



FRAIS D'INSCRIPTION

Attention : la présente session est réservée uniquement aux professeur(e)s et étudiant(e)s et de la Faculté de médecine de Université de Montréal. Une authentification sera demandée lors de votre inscription.

- Gratuit : Étudiant(e)s et Professeur(e)s de la Faculté de médecine de Université de Montréal - Authentification par département d'attaché.

Public cible : Médecins, résident(e)s et professionnel(le)s de la santé.

CARBONEUTRALITÉ

Québec 

© Éditeur officiel du Québec

À jour au 1^{er} mars 2023
Ce document a valeur officielle.

chapitre M-9, r. 17

Code de déontologie des médecins

3. Le médecin a le devoir primordial de protéger et de promouvoir la santé et le bien-être des individus qu'il sert, tant sur le plan individuel que collectif.

D. 1213-2002, a. 3.

6. Le médecin doit exercer sa profession selon des principes scientifiques.

D. 1213-2002, a. 6.

12. Le médecin doit utiliser judicieusement les ressources consacrées aux soins de santé.

D. 1213-2002, a. 12.



TRIPLE BOTTOM LINE

Pour faire les meilleurs choix:

- Bénéfices escomptés de nos actions
- MAIS AUSSI COÛTS: \$
environnementaux
sociaux

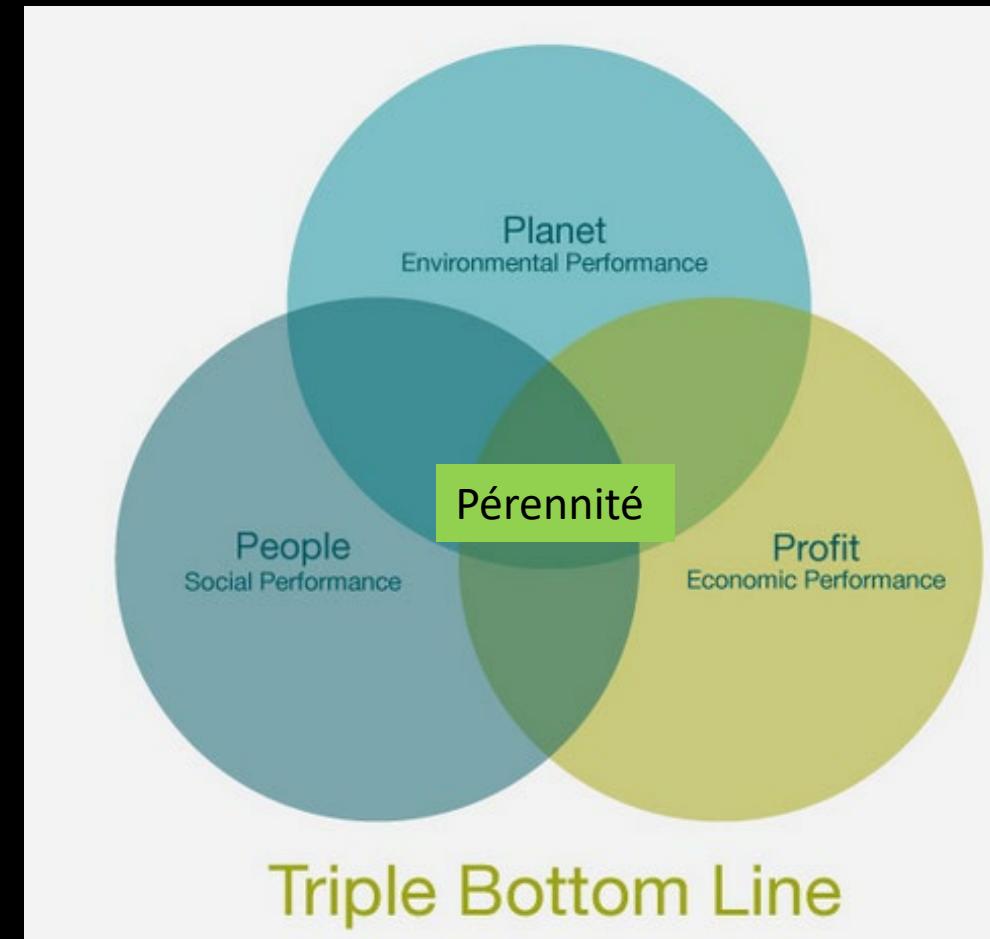


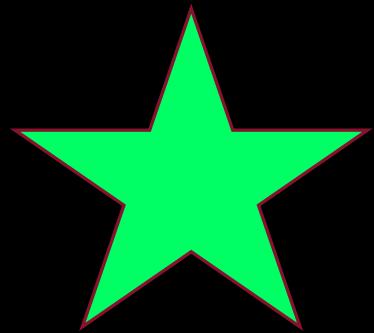
Figure 5.1 The triple bottom line formulation of sustainability (Coşkun Arslan and Kisacik, 2017)

Développement durable...



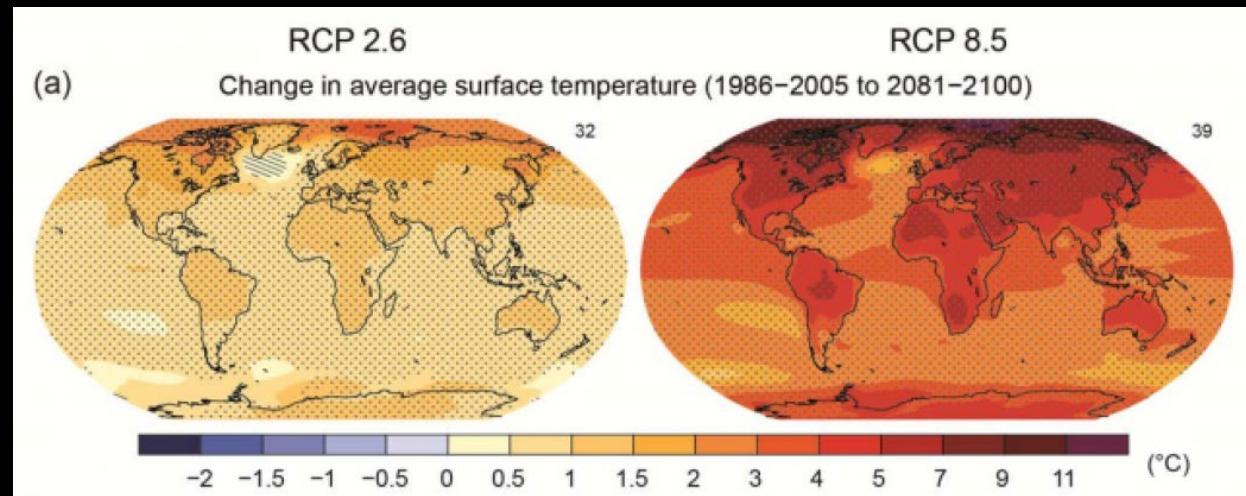


CRISE CLIMATIQUE



« Réchauffement extrême et destructeur du climat de la Terre par l'humain via l'accumulation de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. »

BioScience 70(1), January 2020, 8–12



TERRE: EQUILIBRE THERMIQUE SIMPLE MAIS DÉLICAT

ENTRÉES: 99.97% soleil

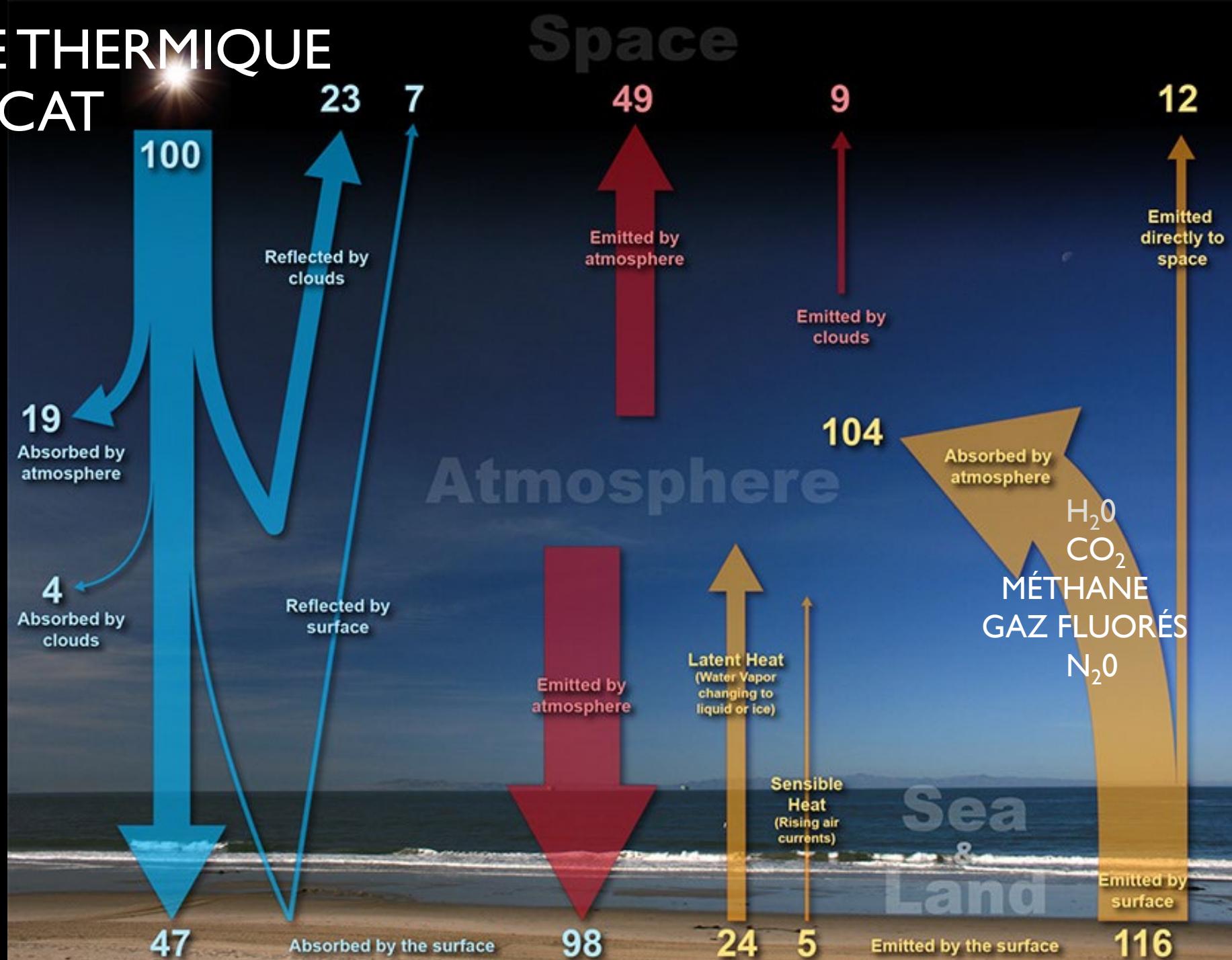
0.02% noyau chaud
0.01% production humaine

SORTIE: 100% radiation dans le vide de l'espace

National Oceanic and Atmospheric Administration

Lawrence Livermore Word Energy Flow 2011

Treat Geophys 6 (2007): 217-252

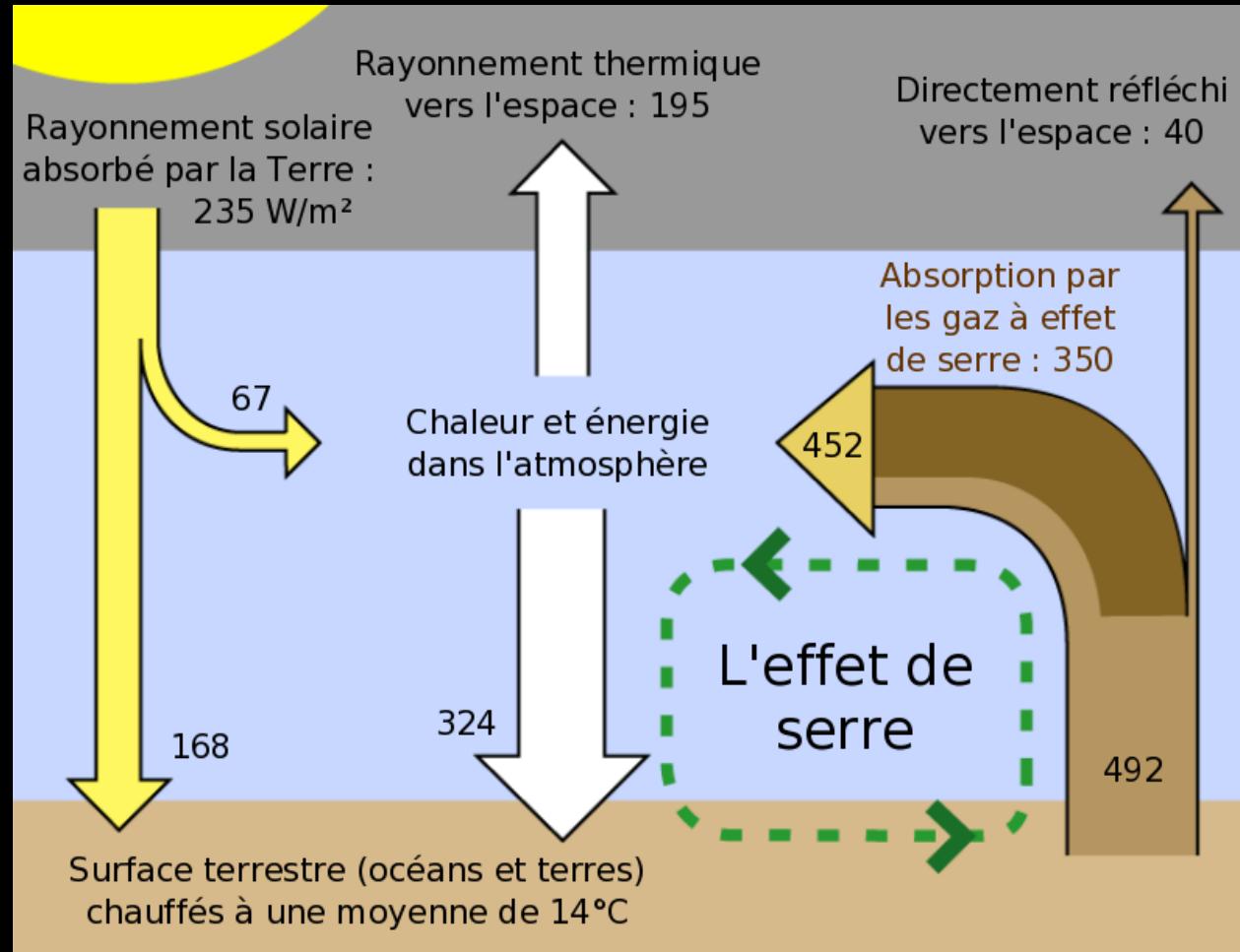


GAZ À EFFET DE SERRE (GES):

**COMPOSANTS GAZEUX DE
L'ATMOSPHÈRE**

**ABSORBENT ET REDIRIGENT LA
CHALEUR VERS LA SURFACE**

**RÉCHAUFFENT +++
TEMPÉRATURE DE LA TERRE**



GES: PUISSANTS RÉGULATEURS DE LA TEMPÉRATURE

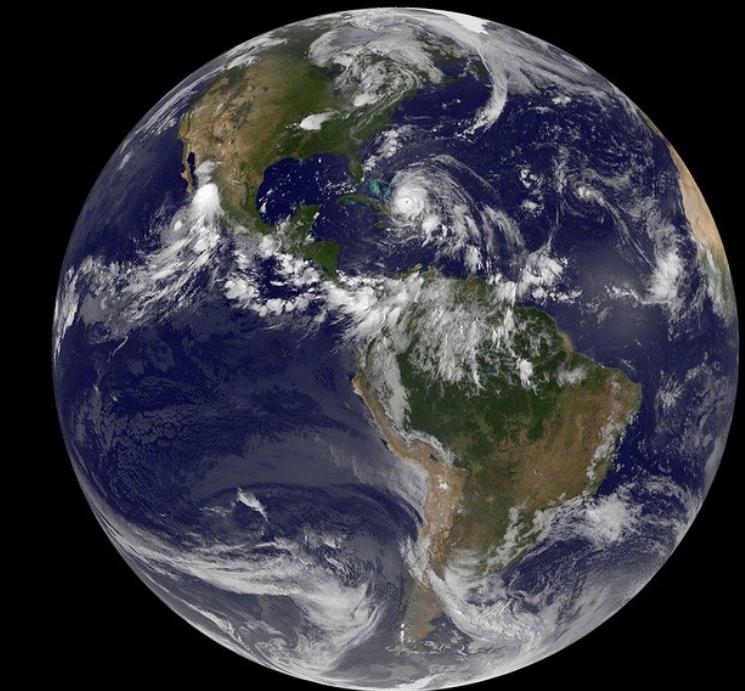
Lune (pas de GES)

-18°C



Terre (atmosphère avec GES):

+14...15°...?



National Oceanic and Atmospheric Administration, <https://www.weather.gov/jetstream/energy>, NASA



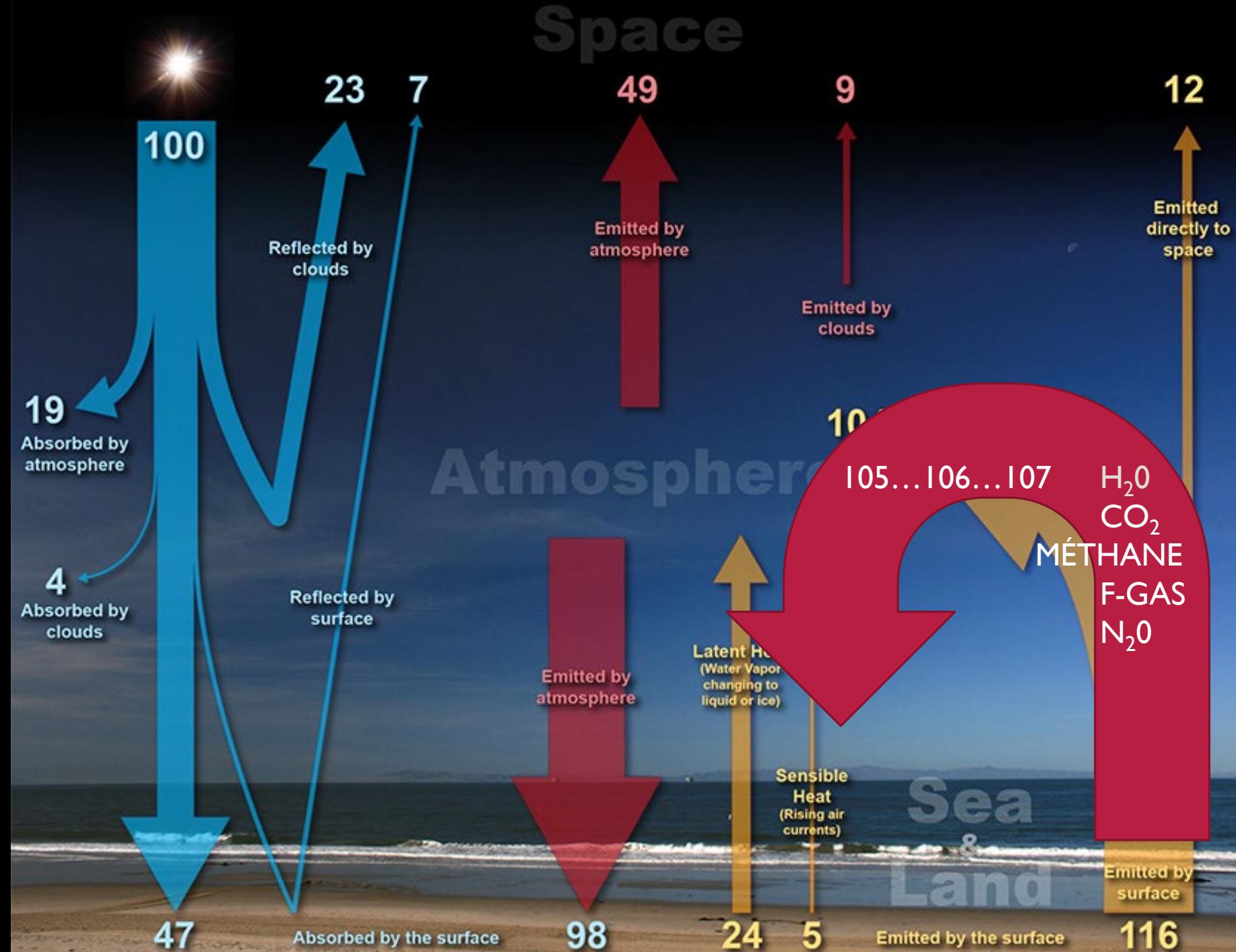
SOLEIL

GES

AUGMENTATION
DES GES DANS
L'ATMOSPHÈRE

=

AUGMENTATION
DE LA TEMPÉRATURE
DE LA TERRE

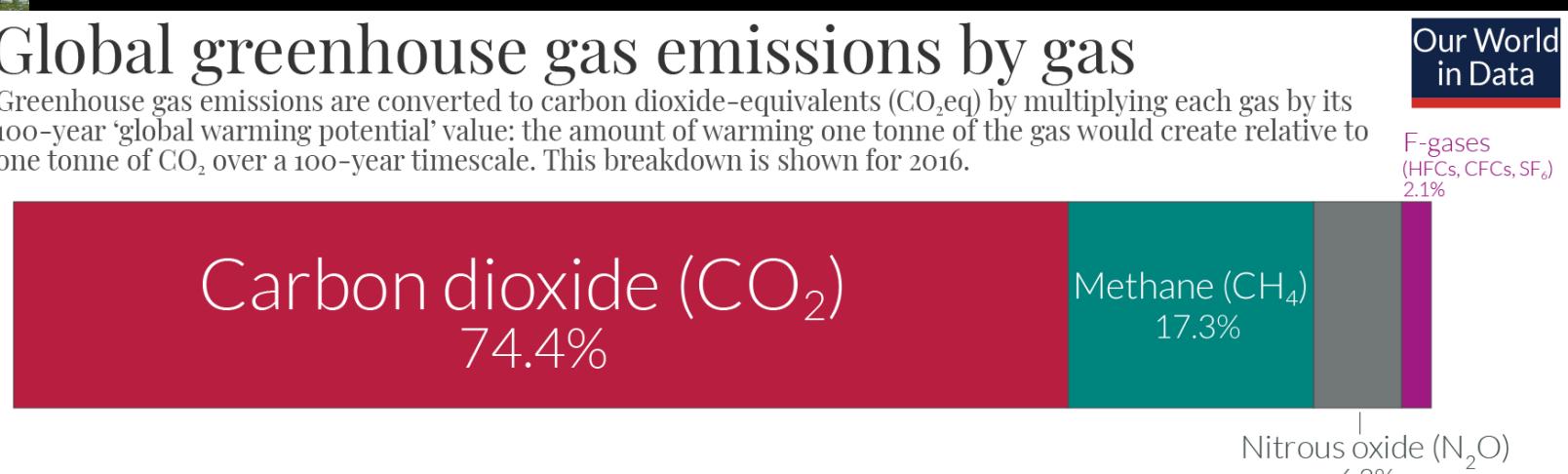


EMISSIONS MONDIALES GES 2022= 50 MILLIARDS TONNES CO₂eq



Global greenhouse gas emissions by gas

Greenhouse gas emissions are converted to carbon dioxide-equivalents (CO₂eq) by multiplying each gas by its 100-year 'global warming potential' value: the amount of warming one tonne of the gas would create relative to one tonne of CO₂ over a 100-year timescale. This breakdown is shown for 2016.



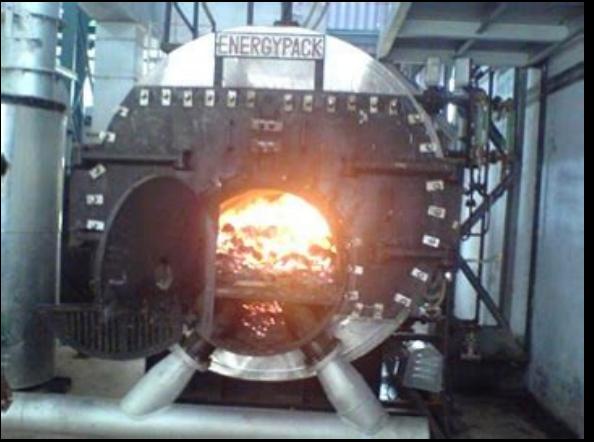
OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.
Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Our World
in Data

F-gases
(HFCs, CFCs, SF₆)
2.1%

Nitrous oxide (N₂O)
6.2%



CO₂



91% combustion gaz,
pétrole, charbon fossile

Principal GES

Principal déchet humain



<https://www.carbonbrief.org/analysis-global-co2-emissions-from-fossil-fuels-hit-record-high-in-2022/#:~:text=Fossil%20CO2%20emissions%20represent%20the,the%20same%20as%20fossil%20emissions.>

DÉCHETS CHUM 2021

30 000 000 kg

20 000 000

10 000 000

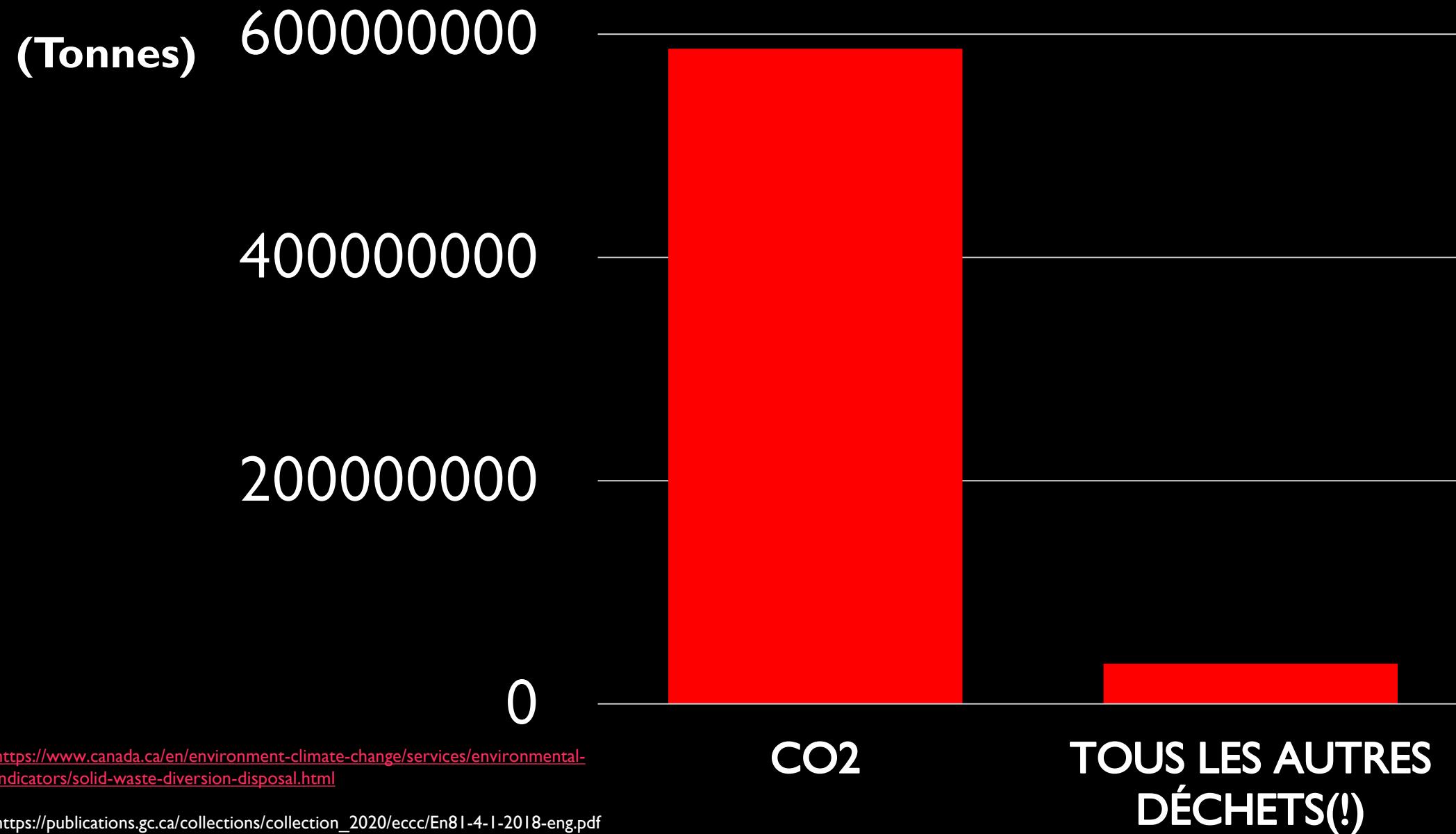
0 0

CO2

TOUS LES
AUTRES
DÉCHETS(!)



DÉCHETS CANADA 2018

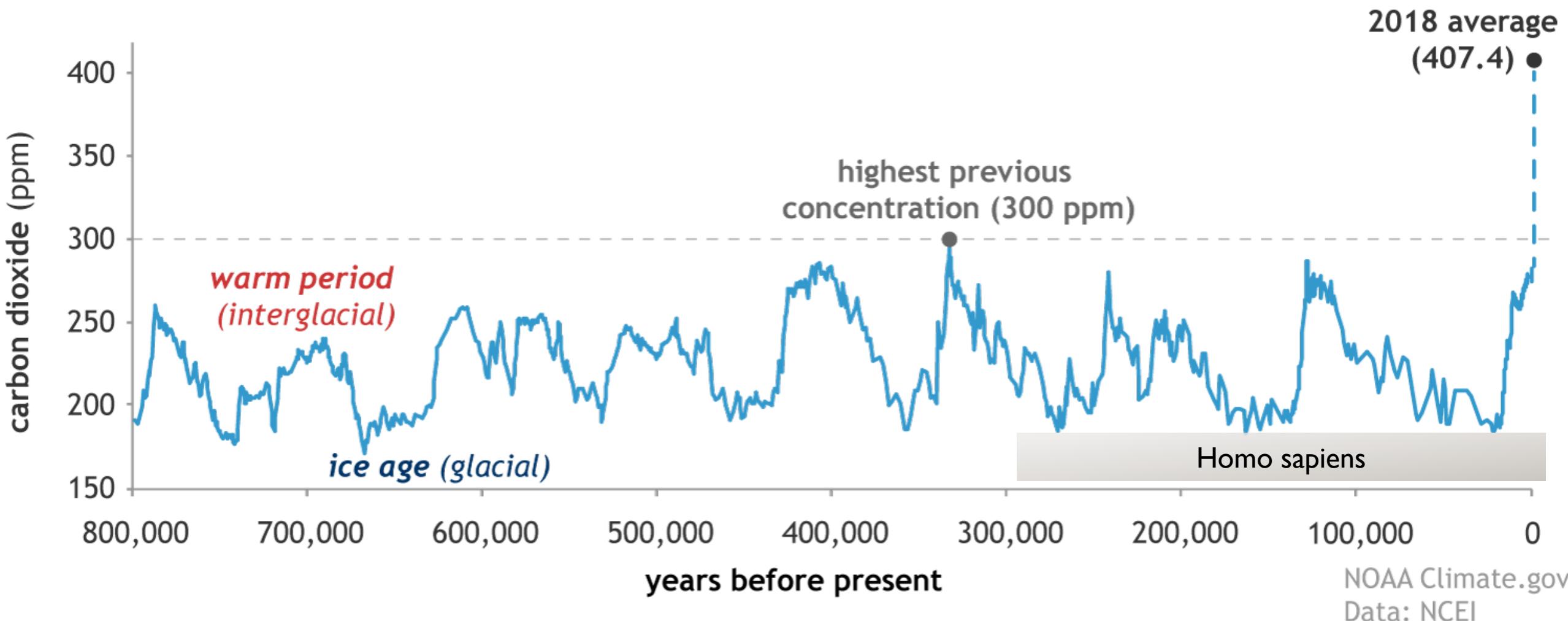


<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/solid-waste-diversion-disposal.html>

https://publications.gc.ca/collections/collection_2020/eccc/En81-4-1-2018-eng.pdf

Les GES atmosphériques sont à des niveaux imprudents

CO₂ during ice ages and warm periods for the past 800,000 years



2023-24: TEMPÉRATURES « GOBSMACKING »

Climat : l'été 2024 poursuit une interminable série de records de températures



RADIO-canada

INFO



Dans l'ouest des États-Unis, des feux de forêt ont fait rage après plusieurs canicules. (Photo d'archives)



THIS IS THE HOTTEST SUMMER OF MY LIFE

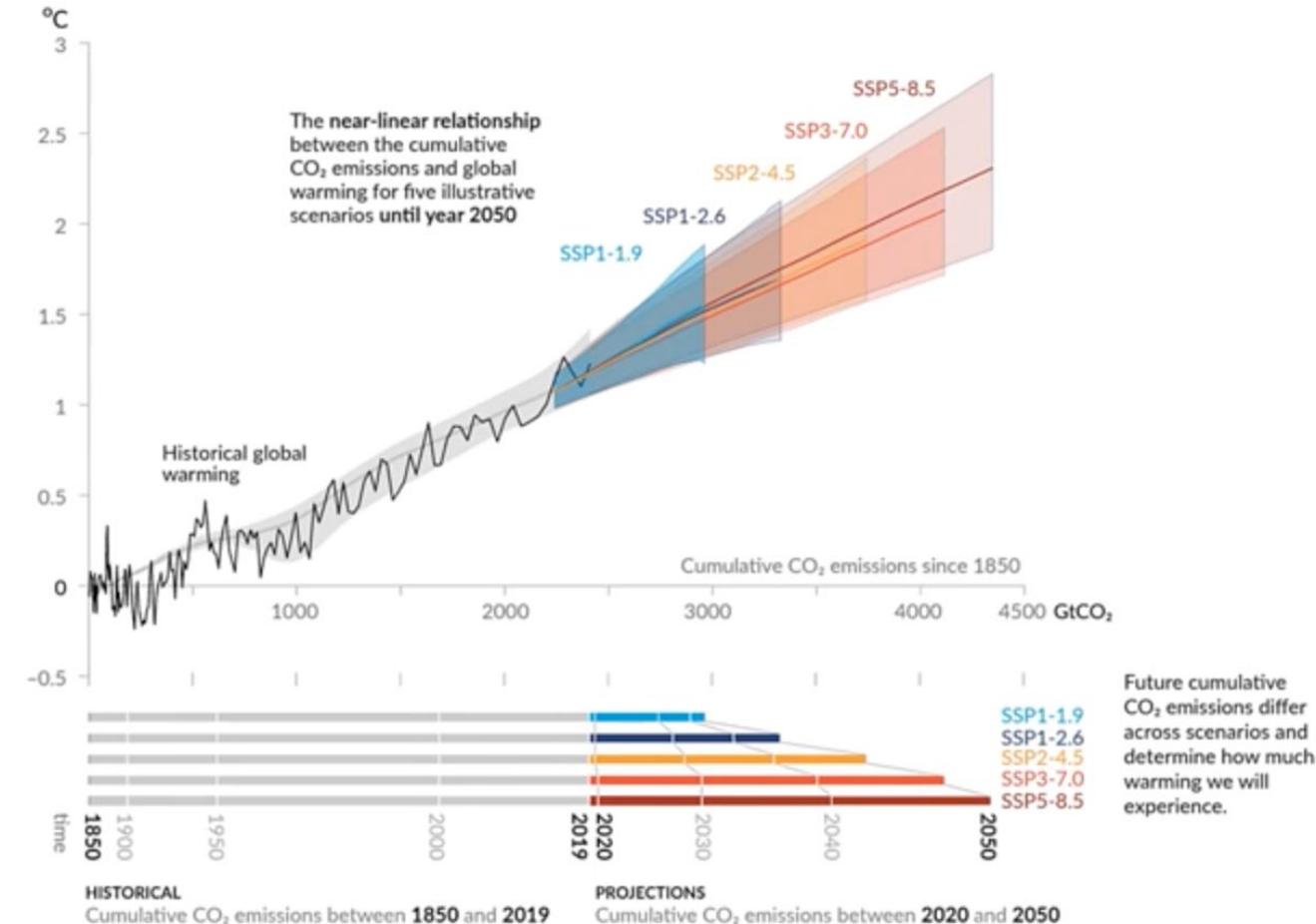


THIS IS THE COLDEST SUMMER
OF THE REST OF YOUR LIFE

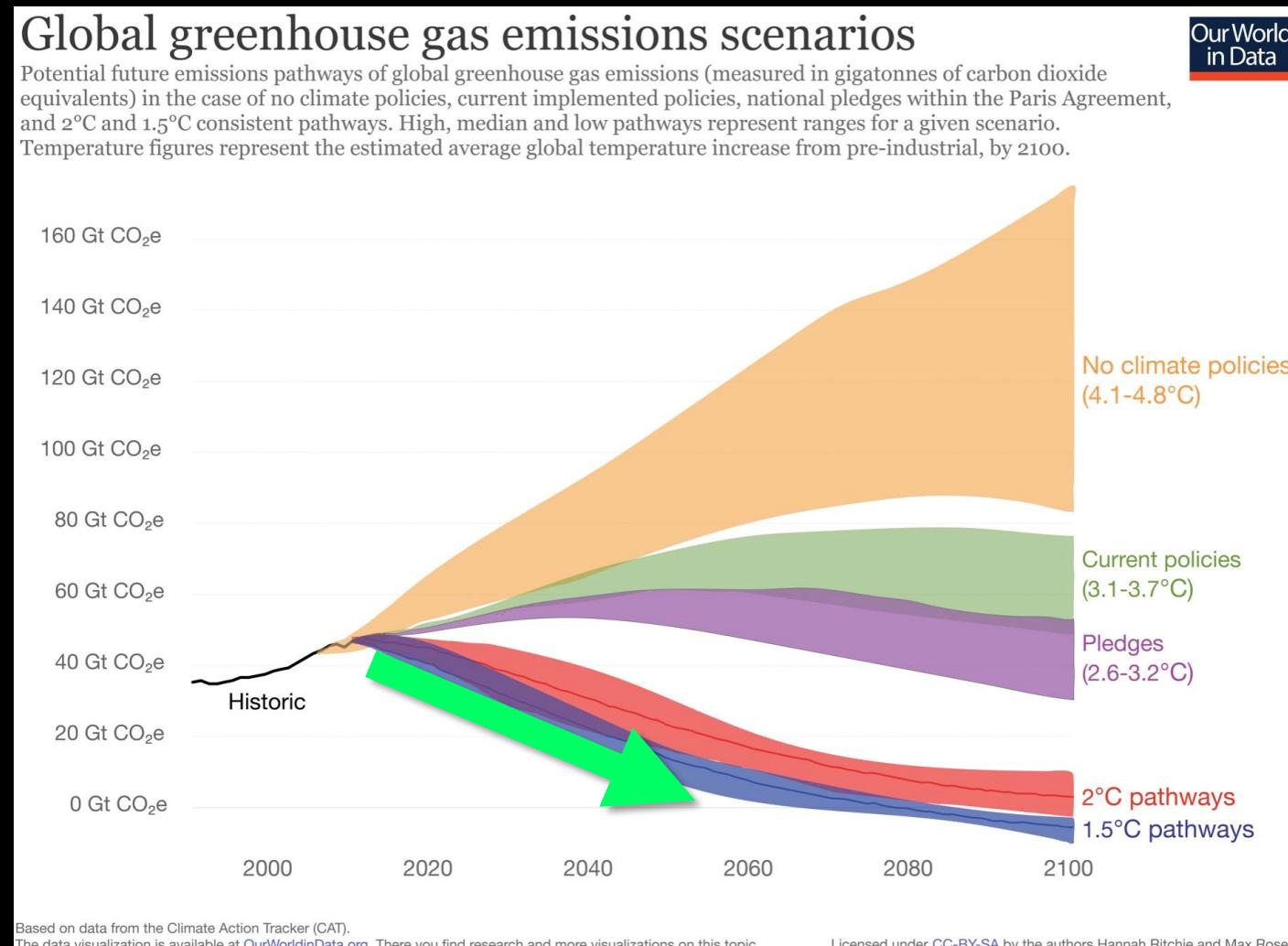
SÉVÉRITÉ CRISE CLIMATIQUE: α ÉMISSIONS DE GES

Every tonne of CO₂ emissions adds to global warming

Global surface temperature increase since 1850–1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)



SOLUTION CRISE CLIMATIQUE: CARBONEUTRALITÉ



RÉDUIRE LE + VITE POSSIBLE LES ÉMISSIONS GES JUSQU'À NET ZÉRO



INFO

Analyse | **GIEC : les solutions sont là,
qu'est-ce qu'on attend?**

RÉSOUDRE LA CRISE CLIMATIQUE:

- ATTEIGNABLE AVEC TECHNOLOGIES EXISTANTES
- RÉSULTE EN ÉCONOMIES IMPORTANTES \$ VS STATUT QUO
- IMPACTS POSITIFS SUR LA SÉCURITÉ, QUALITÉ DE VIE, **SANTÉ**

Hawken P (ed). *Drawdown* (2017), ISBN 9780143130444

Selon l'OMS, le changement climatique est « la plus grande menace sanitaire à laquelle l'humanité est confrontée »



L'Organisation mondiale de la santé a publié un rapport dans lequel elle affirme que le changement climatique est la plus

14 octobre 2021



IMPACT SANTÉ DE LA CRISE CLIMATIQUE

- « 1. Mortalité directe
- 2. Augmentation des maladies infectieuses
- 3. Dégradation des déterminants les plus fondamentaux de la santé:
 - air propre
 - eau douce potable
 - nourriture »
 - logement
- 4. Conflits

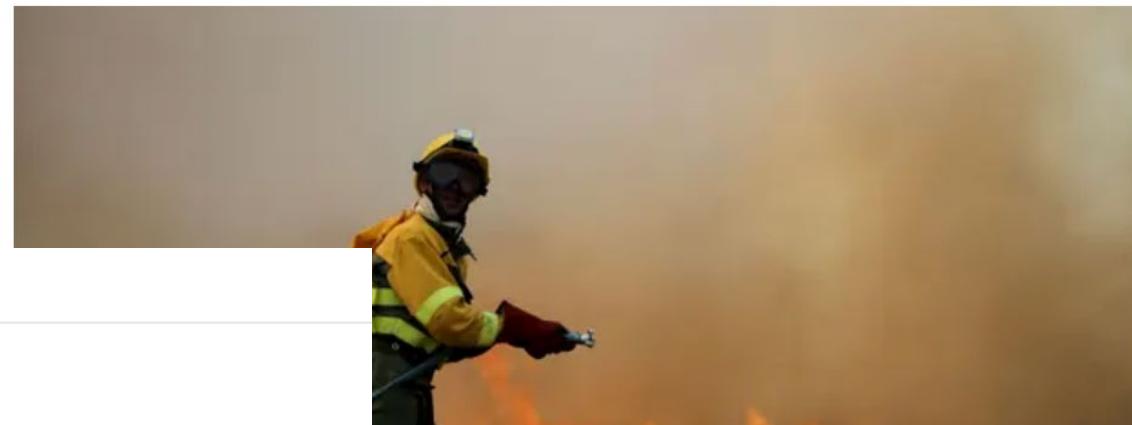


MÊME DANS LES PAYS RICHES...LA CHALEUR EXTRÊME
TUE DÉJÀ DES DIXAINES DE MILLIERS D'HUMAINS/AN

The
Guardian

Over 20,000 died in western Europe's
summer heatwaves, figures show

This year's temperatures would have been virtually impossible
without climate crisis, scientists say



The New York Times

Aug. 27, 2024

*Heat Deaths Have Doubled in the U.S.
in Recent Decades, Study Finds*

US

16 July

Broken air conditioner proves fatal in record
heatwave

A firefighter tackles a blaze in a wheat field in the province of Zamora, Spain, in July.



The image shows the cover page of a journal article from the Journal of Environmental Economics and Management. The title of the article is "Heat exposure and child nutrition: Evidence from West Africa". The authors listed are Sylvia Blom, Ariel Ortiz-Bobea, and John Hoddinott. There are links to add the article to Mendeley, share it, and cite it. The DOI is https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102698. A "Get rights and content" link is also present.

Journal of Environmental Economics and Management

Volume 115, September 2022, 102698

Heat exposure and child nutrition: Evidence from West Africa ☆

Sylvia Blom, Ariel Ortiz-Bobea, John Hoddinott

Show more ▾

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102698>

[Get rights and content](#)

CHALEUR EXTRÊME PROLONGÉE=
ANOMALIES MÉTABOLIQUES...AUGMENTATION
MALNUTRITION AIGUE ET CHRONIQUE... « REVERSING THE
PROGRESS MADE ON IMPROVING NUTRITION ... »

The mortality cost of carbon

R. Daniel Bressler 

Nature Communications 12, Article number: 4467 (2021)

I MORT (entre 2020-2100) par 4500 TONNES CO₂EQ

(N'INCLUT PAS EFFET MALADIES INFECTIEUSES, AUGMENTATION NIVEAU MER,
PÉNURIES DE NOURRITURE/EAU POTABLE, POLLUTION DE L'AIR, GUERRE, ...)

CRISE CLIMATIQUE : ↑ MALADIES INFECTIEUSES

**58% des maladies infectieuses connues
sont aggravées par la crise climatique**

...vs 3% diminuées

Fig. 4: Diseases affected by climatic hazards.

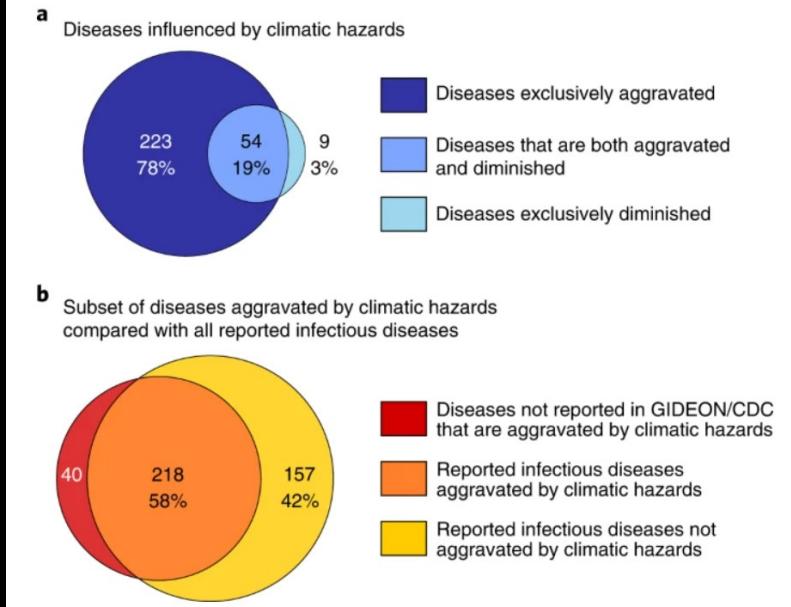
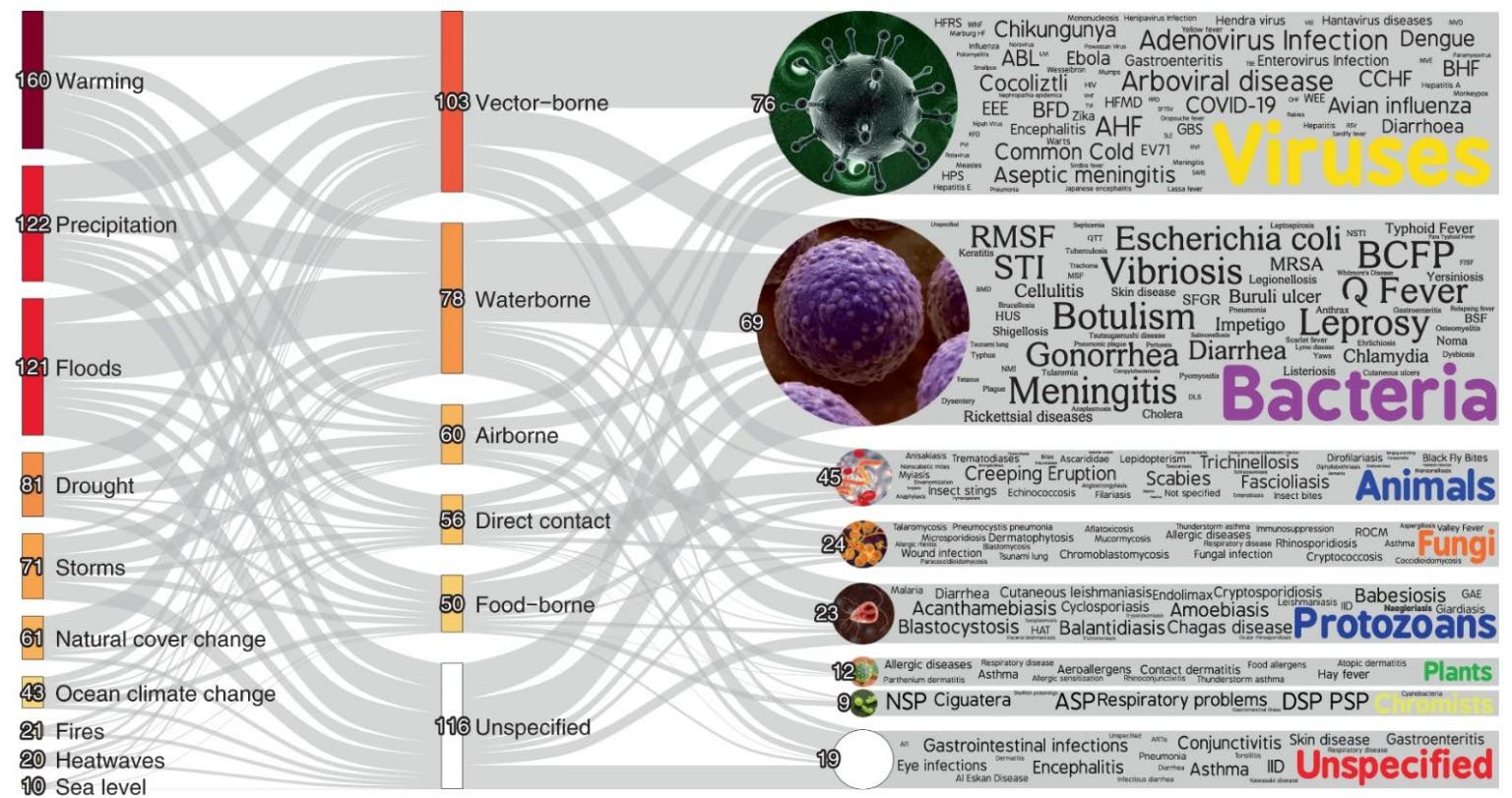
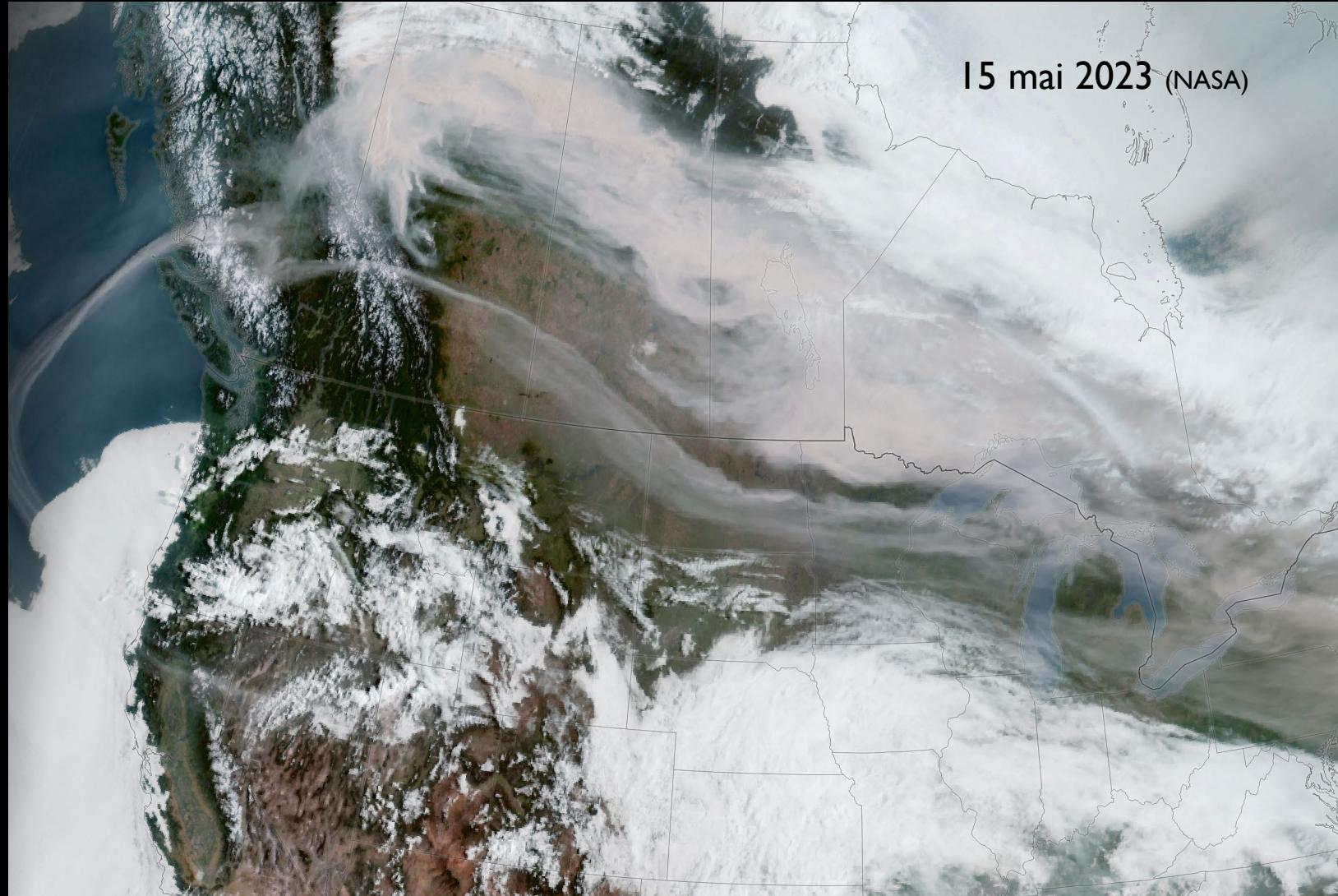


Fig. 3: Pathogenic diseases aggravated by climatic hazards.

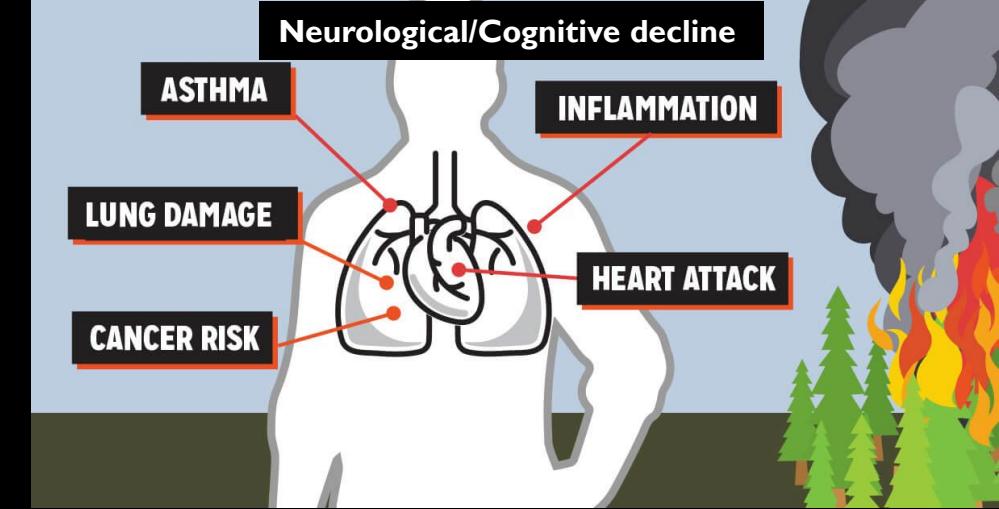
From: Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change



LE DÉRÈGLEMENT DU CYCLE DE L'EAU: ↑ SÉCHERESSES, FEUX, TEMPÊTES EXTRÊMES ET INONDATIONS



7 June
Fires the size of Greece



ACTUALITÉS

Métro

♥ SOUTENEZ

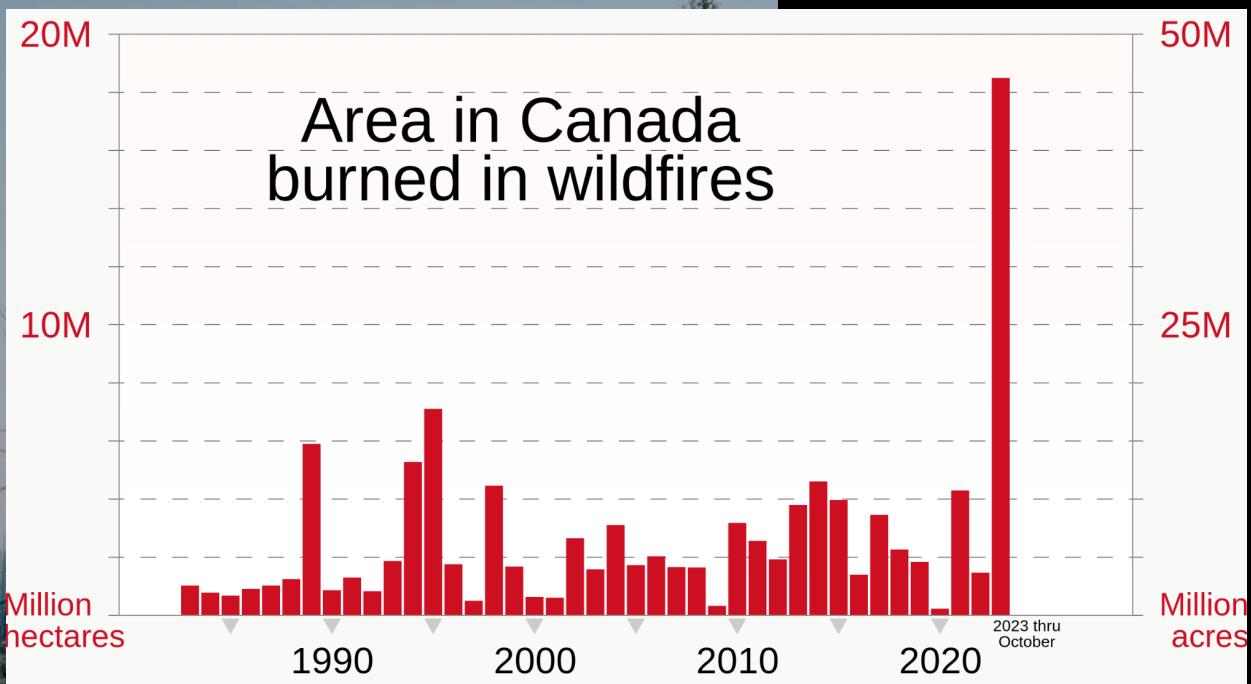
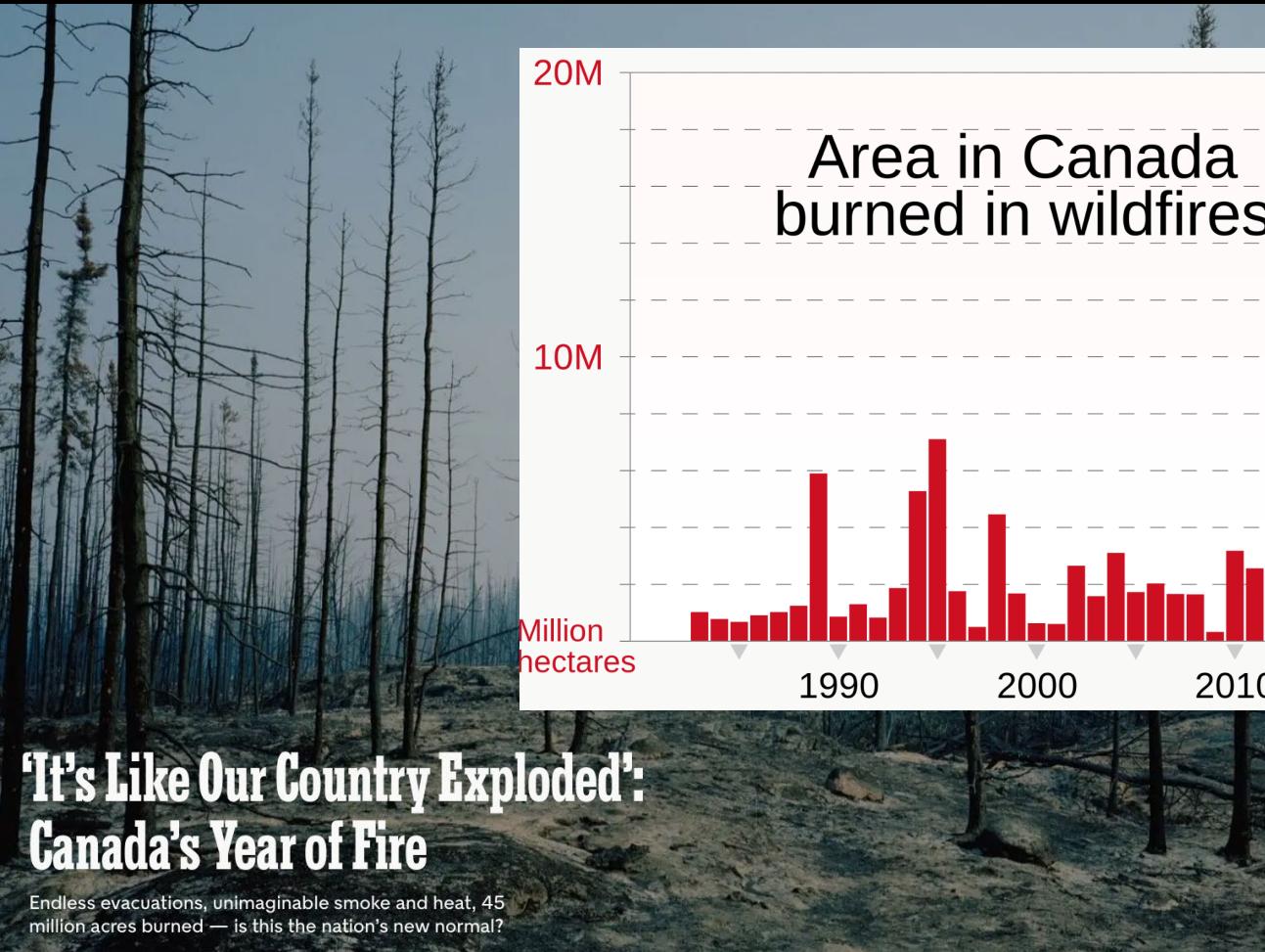
Montréal a la pire qualité de l'air au monde



La ville de Montréal sous le smog
Photo: Santé Montréal/Twitter

Climate change more than doubled the likelihood of extreme fire weather conditions in Eastern Canada

[HTTPS://DOI.ORG/10.25561/105981](https://doi.org/10.25561/105981)



CRISE CLIMATIQUE = PÉNURIES DE NOURRITURE, EAU POTABLE



JNCTAD at 60

About » Statistics and data » Publications » Meetings and events » Technical assistance » Media centre »

Home / News / Chocolate price hikes: A bittersweet reason to care about climate change

Chocolate price hikes: A bittersweet reason to care about climate change • Cocoa prices surged 136% between July 2022 and February 2024.

28 March 2024

Higher price tags for chocolate lovers worldwide are in part linked to a changing climate pushing up cocoa costs.

The Economist

Why chocolate is becoming much more expensive

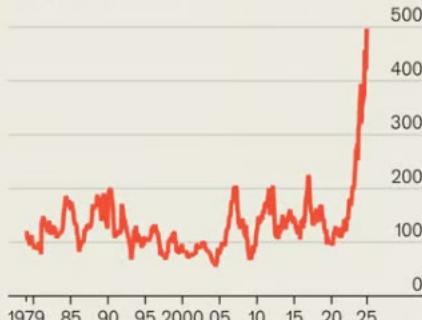
Climate patterns are partly to blame for rising costs.

Finance & economics | The big squeeze

Why orange juice has never been more expensive

Zesty

United States, frozen-concentrate-orange-juice futures, cents per lb



Source: LSEG Workspace

Olive oil is in trouble as extreme heat and drought push the industry into crisis

By Laura Paddison, CNN

④ 4 minute read · Published 12:06 AM EDT, Sat August 19, 2023



Alberta facing water restrictions, 'agricultural disaster' if drought conditions persist



By Adam Toy · Global News

Posted January 4, 2024 7:39 pm

"And also, remember we're seeing climate change now. This is what it looks like," Pomeroy said. "And so (drought conditions are) not going to go away after a bad year. We're going to keep seeing these effects year on year."



Global water crisis leaves half of world food production at risk in next 25 years

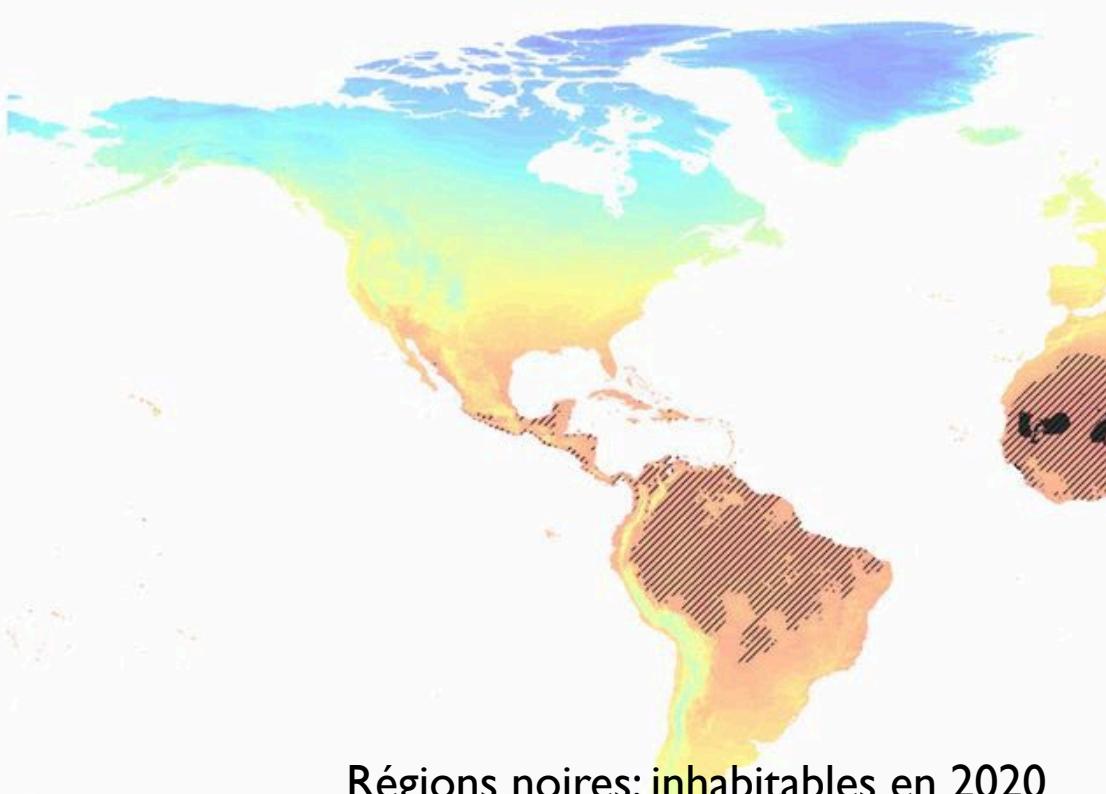
Landmark review says urgent action needed to conserve resources and save ecosystems that supply fresh water

Melting glaciers threaten Asia's water supply

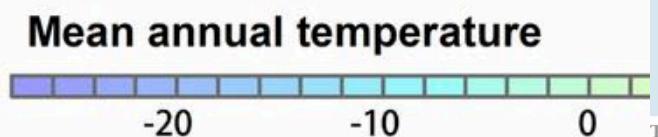


Tim Schauenberg
07/19/2022

CRISE CLIMATIQUE ET SAISIE RÉGIONS INHABITABLES



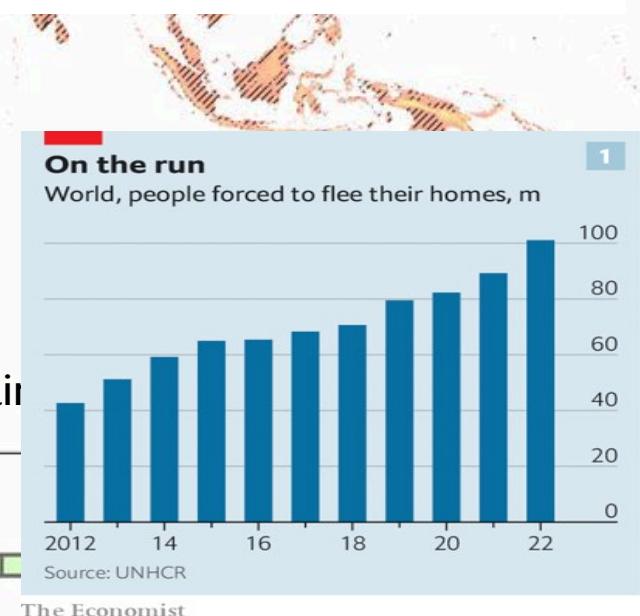
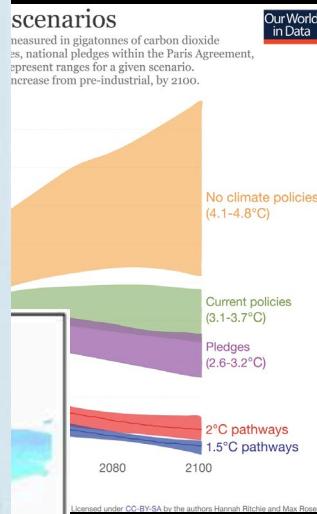
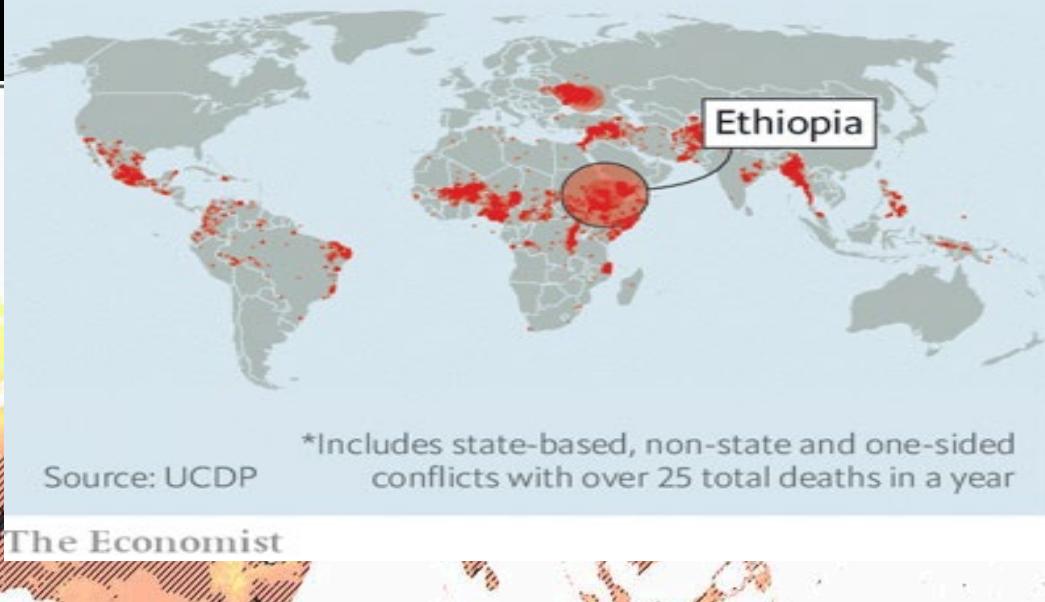
PNAS May 26,
2020 117 (21) 11350-11355



Ring of fire

Deaths directly caused by organised violence*
Feb 2022-Feb 2023

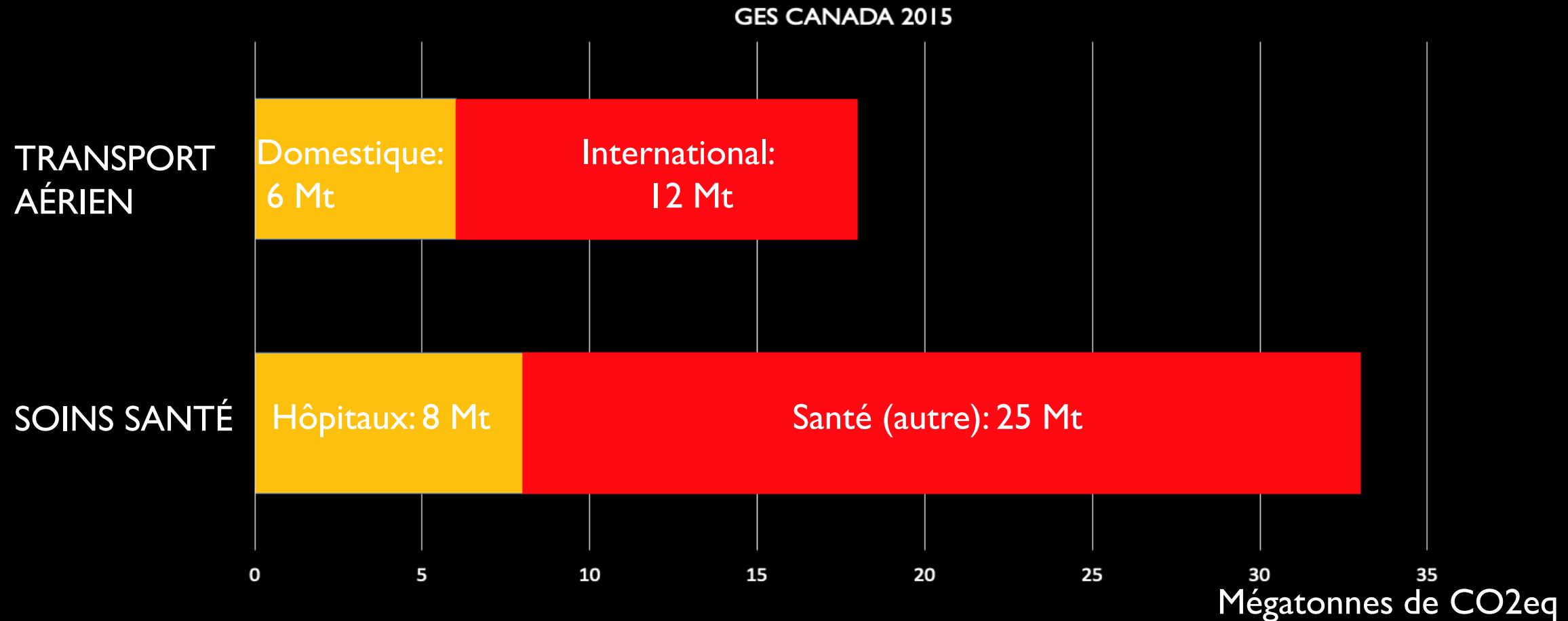
10 • 1,000 • 10,000 •



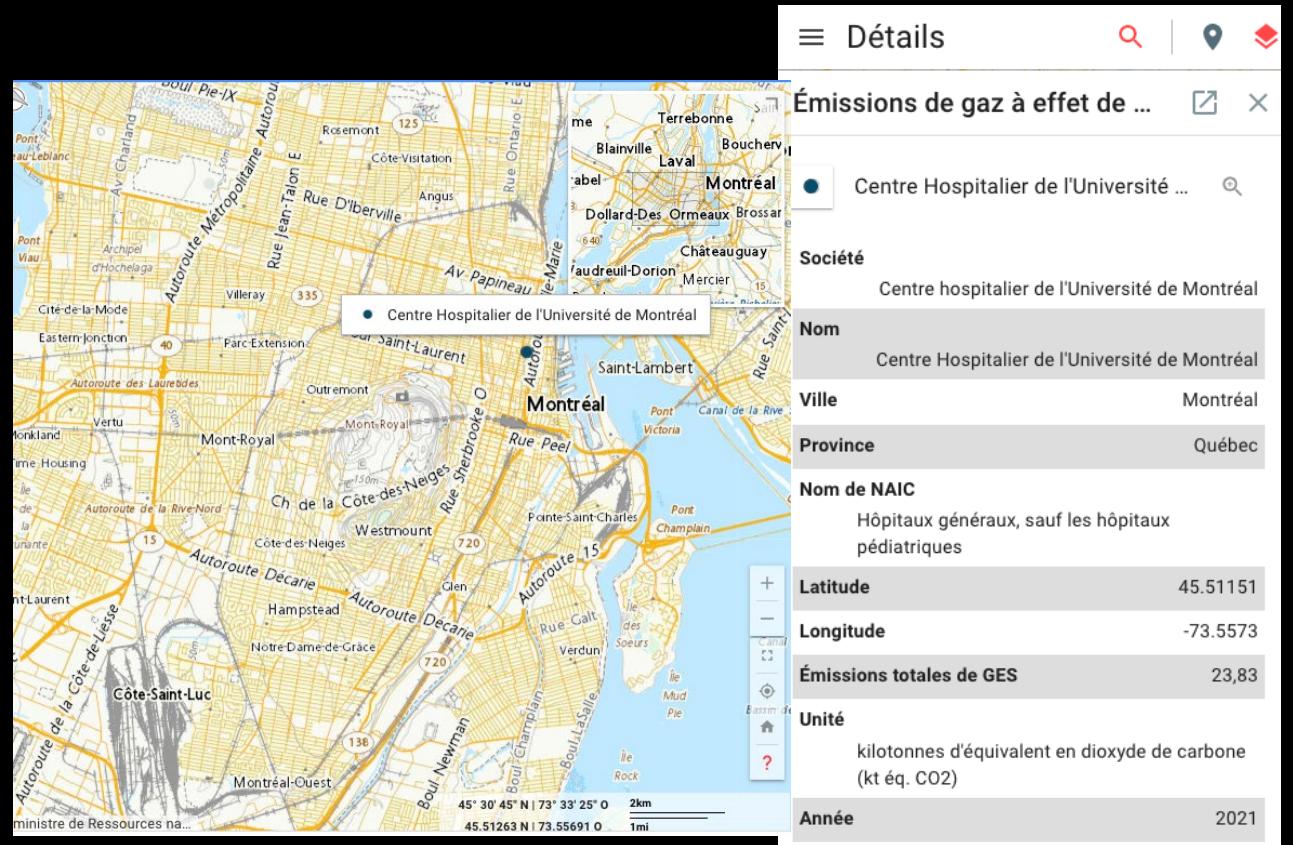
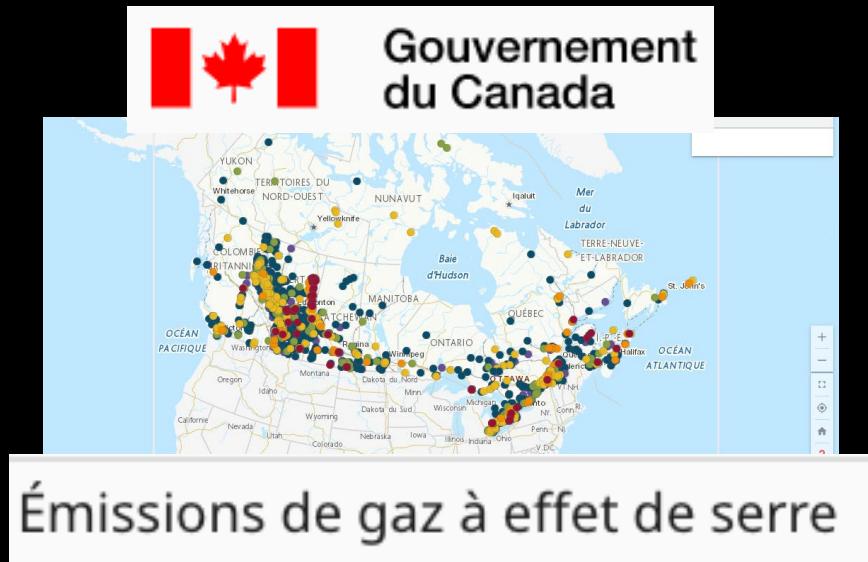
CRISE CLIMATIQUE



SOINS DE SANTÉ = 5% DES GES ÉMIS AU CANADA



CHUM : TRÈS GRAND POLLUEUR



« Soigner en polluant »

Pétrin-Desrosiers C., La Presse, 2021

CARBONEUTRALITÉ = SORTIE DE PARADOXE

Brunet F, *La Presse*, 2022

Cesser de « se construire les malades de demain »



PHOTO ALAIN ROBERGE, ARCHIVES LA PRESSE

Le Dr Fabrice Brunet, PDG sortant du Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM)

Le réseau de la santé doit se préparer à faire face à une prochaine pandémie. Et viser rapidement la carboneutralité pour cesser de « se construire les malades de demain ». Après sept années à la tête du

CARBONEUTRALITÉ

thebmj

covid-19

Research ▾

Education ▾

News & Views ▾

Campaigns ▾

Jobs ▾

GREEN RECOVERY

Net zero healthcare: a call for clinician action

Health professionals are well positioned to effect change by reshaping individual practice, influencing healthcare organisations, and setting clinical standards, argue **Jodi Sherman and**

thebmj

covid-19

Research ▾

Education ▾

News & Views ▾

Campaigns ▾

Jobs ▾

Opinion

Is your hospital, health system, or organisation serious about tackling the climate crisis? A checklist

BMJ 2023 ;382 doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.p1881> (Published 15 August 2023)

Cite this as: BMJ 2023;382:p1881

threaten health and wellbeing for everyone. regulatory and oversight bodies.

^{1,2} This plane-
s crucial links
uman health,
encompasses
dual health
nical setting,
in healthcare
nunities they
dividuals and
ocieties with

strands of action: reducing emissions
from healthcare services, matching supply
and demand, and reducing demand for
healthcare.⁴ Here we provide practical
suggestions to help clinicians enact that
framework (table 1).

Reducing emissions from supply of health services

Reducing emissions from healthcare services encompasses all activities that consume materials and energy. Most

BMJ: first published as 10.1136/bmj.n1323 on 20 September 2021. [



(SYSTÈME DE SANTÉ DU ROYAUME UNI)

Delivering a 'Net Zero' National Health Service

2020: Vrai plan avec mesure GES et jalons annuels

Cibles:

-80% de GES en 2030
NHS Carboneutre en 2040

Budget: 3-500 millions £/an (car économies +++)

Staff permanent 200 personnes

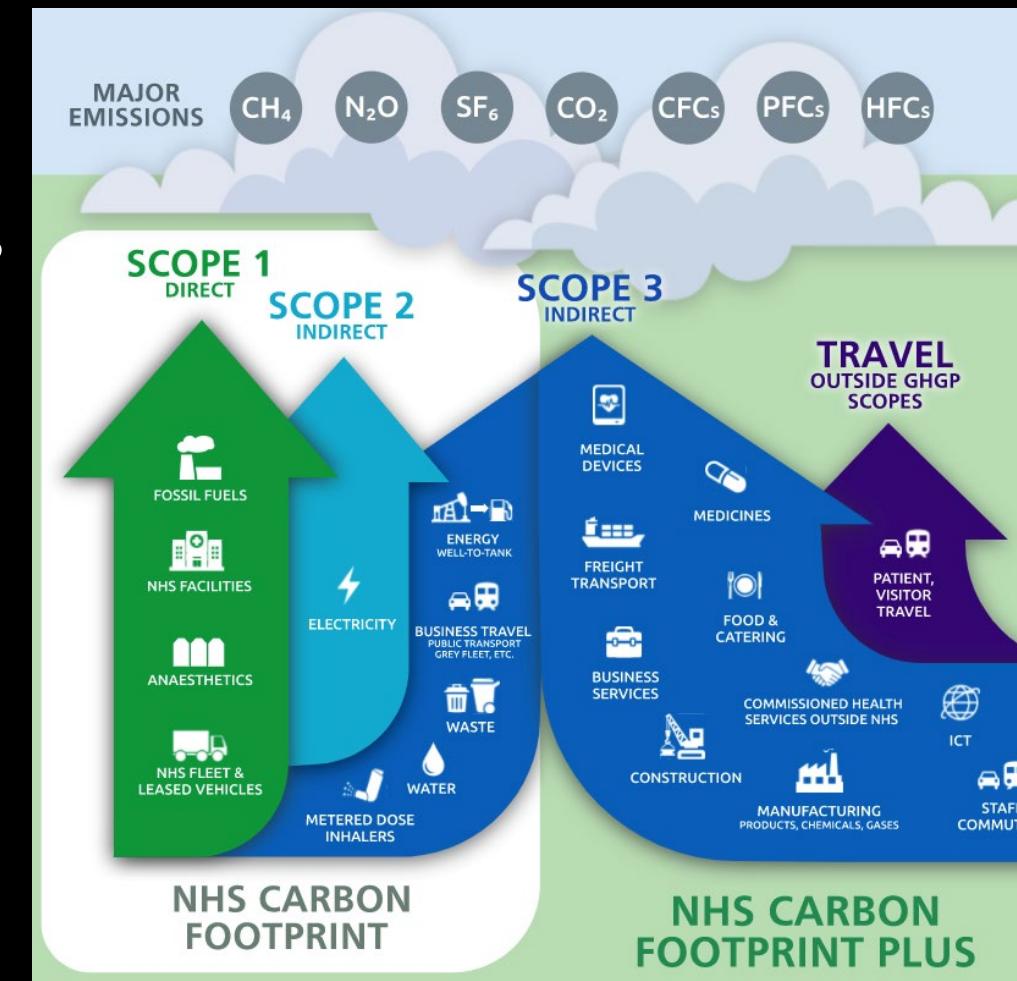
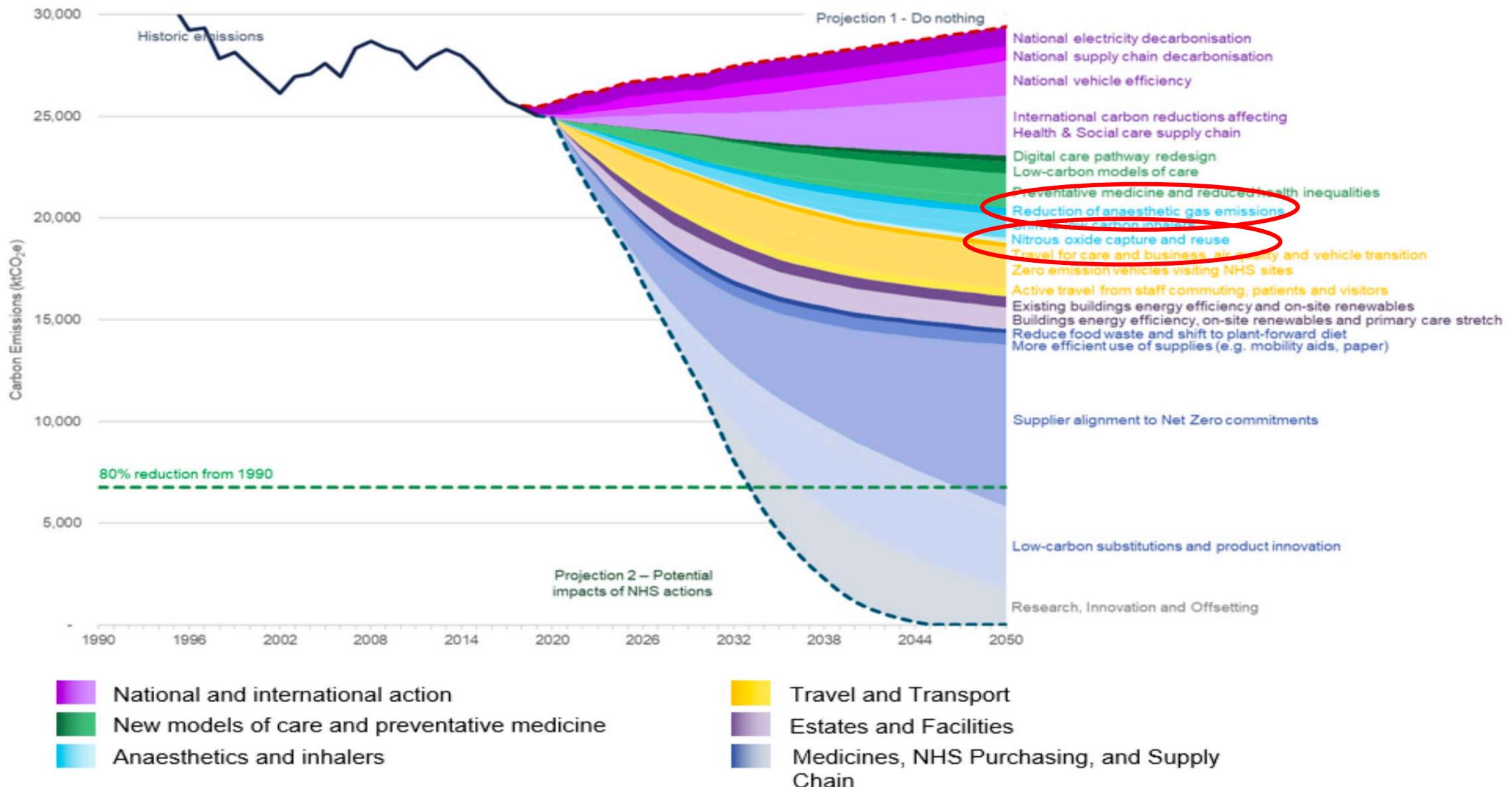


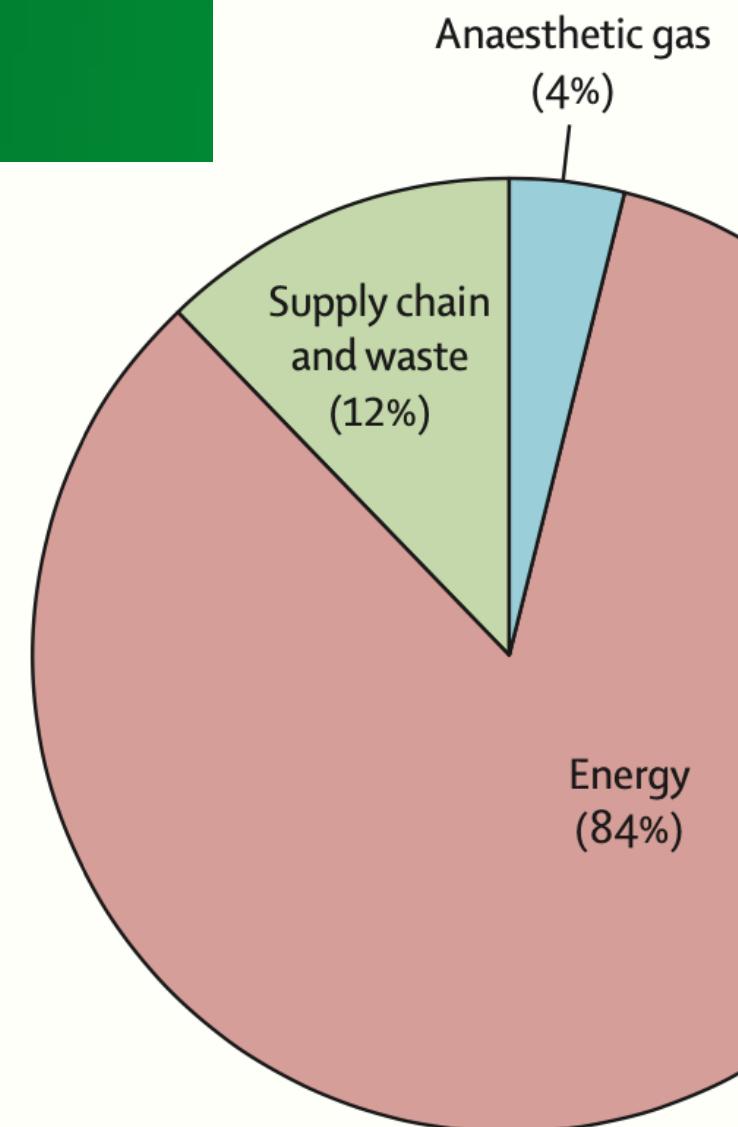
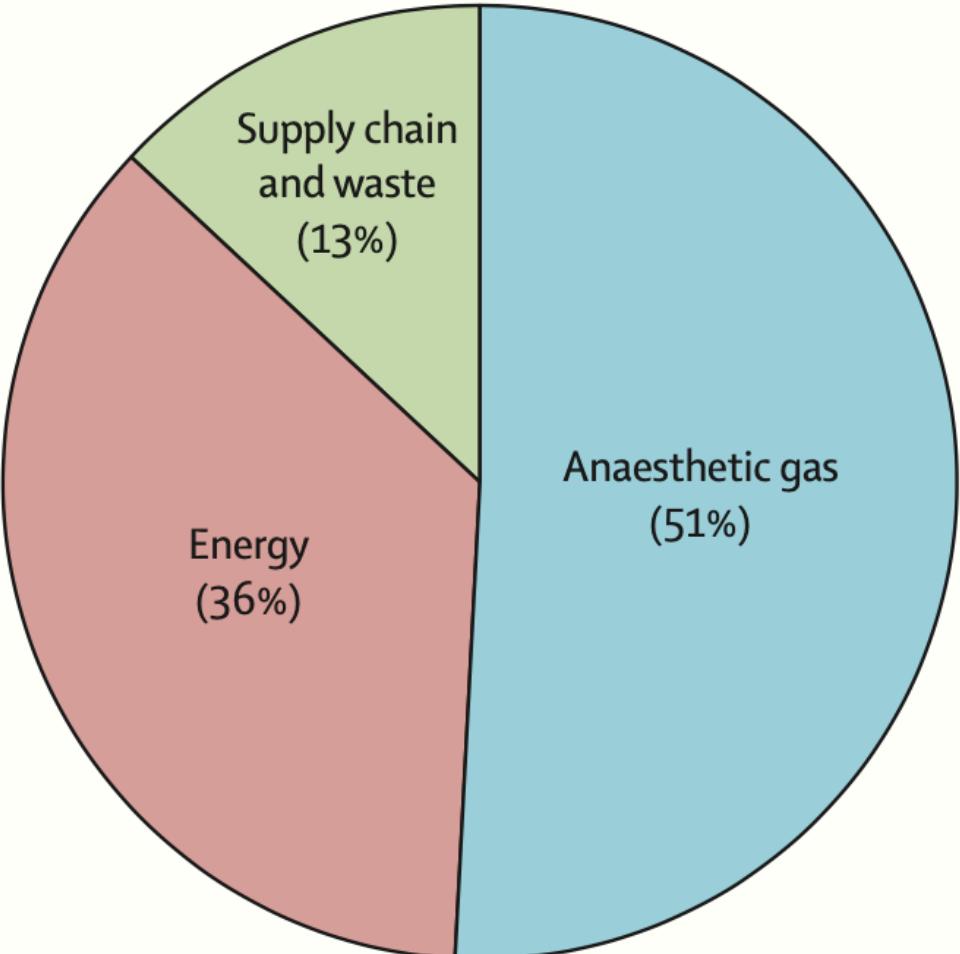
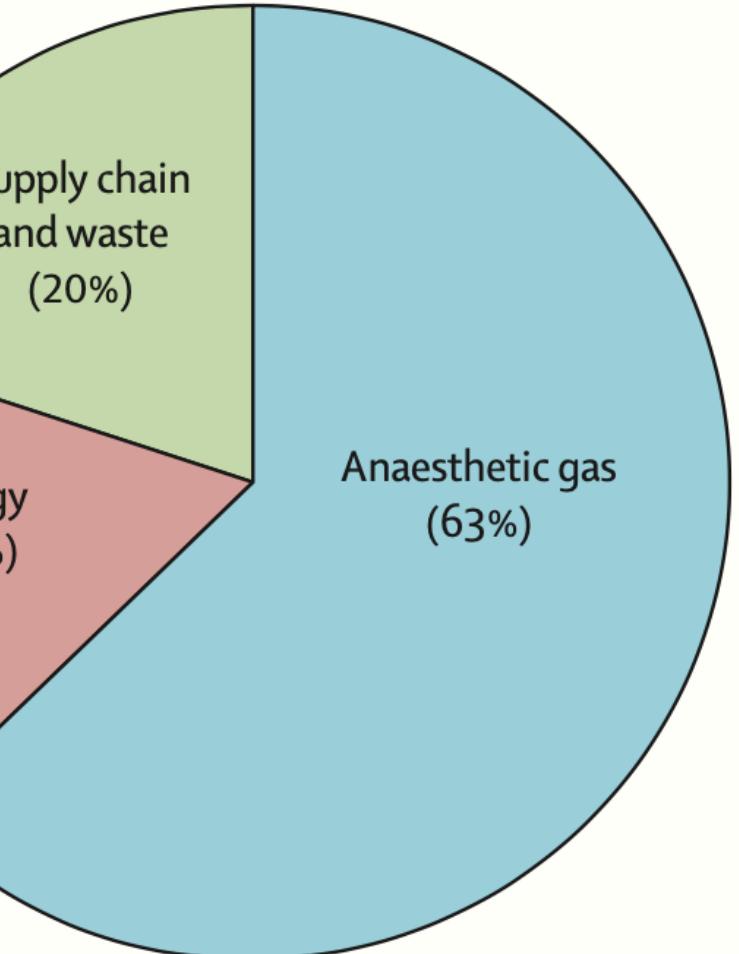
Figure 5: Pathway to net zero for the NHS Carbon Footprint Plus Scope



The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems

Andrea J MacNeill, MD • Robert Lillywhite • Prof Carl J Brown, MD

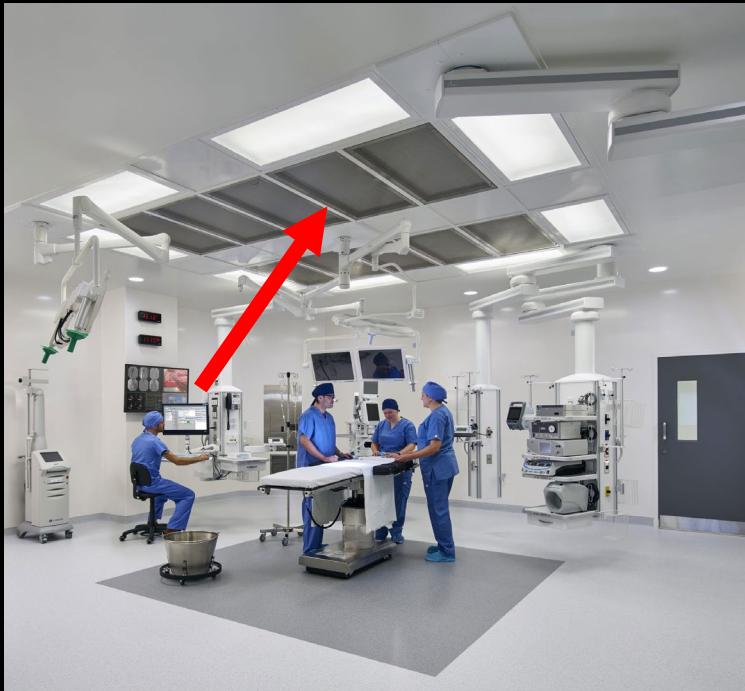
Open Access • Published: December, 2017 • DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30162-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30162-6) •



Relative contribution of scopes 1, 2, and 3 to the carbon footprint of operating theatres at (A) Vancouver General Hospital, (B) University Health Network, and (C) John Radcliffe Hospital.

GES SOP:

Gaz anesthésiques



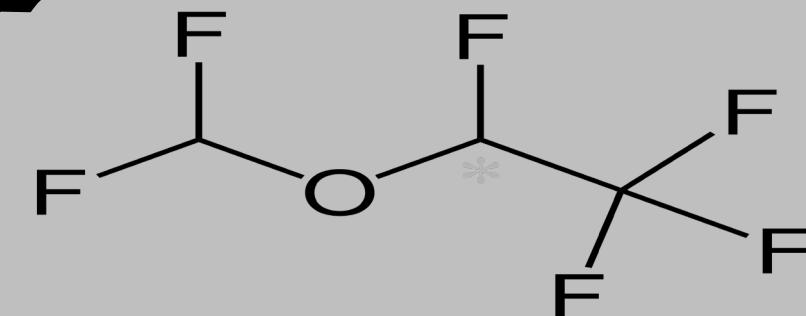
Énergie (chauffage)



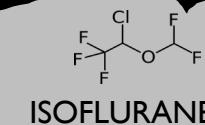
Matériel: fabrication >> disposition



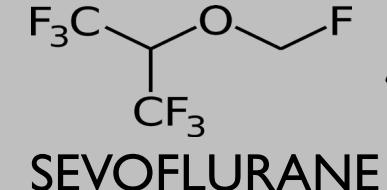
Nos agents inhalés
sont libérés
directement dans
l'atmosphère:



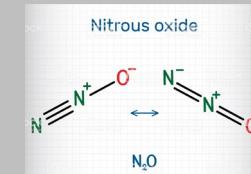
DESFLURANE



ISOFLURANE



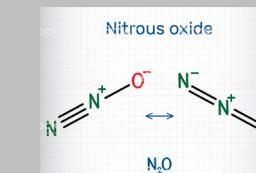
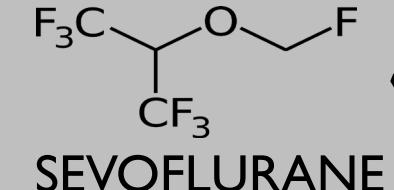
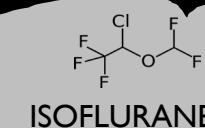
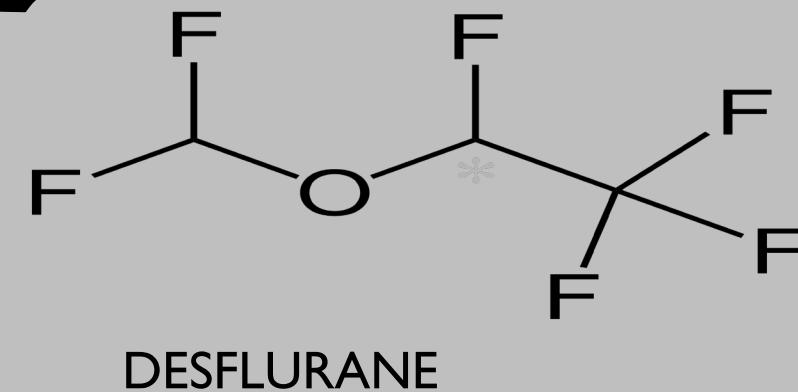
SEVOFLURANE



Nitrous oxide



...ou via la bouche de nos patients dans les heures/jours qui suivent leur anesthésie



Excrétion mesurable halogénés dans l'urine du personnel en fin de quart de SDR...



Anesth. Analg. 2012; 144(5): 1086-90

Int Arch Occup Environ Health 2018;91:349-359

AORN J 2010: doi: 10.1016/j.aorn.2009.10.022

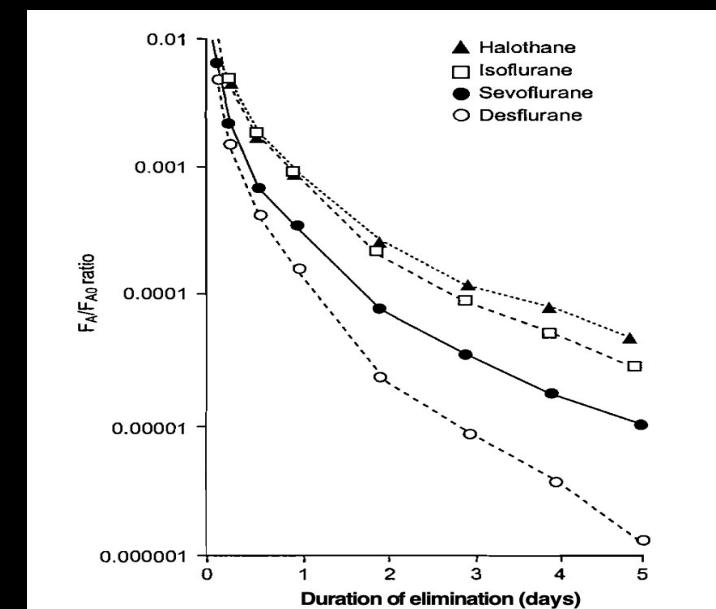


Fig. 6. Elimination of sevoflurane and other inhalational anaesthetics over 5 days. F_A/F_{A0} is the ratio of end-tidal concentration (F_A) to the F_A immediately before the beginning of elimination (F_{A0}) [from Yasuda et al.,^[55] with permission].

ATMOSPHÈRE: POUBELLE DE L'ANESTHÉSIE AUX GAZ

Gaz anesthésiques halogénés mesurés
directement dans l'atmosphère:

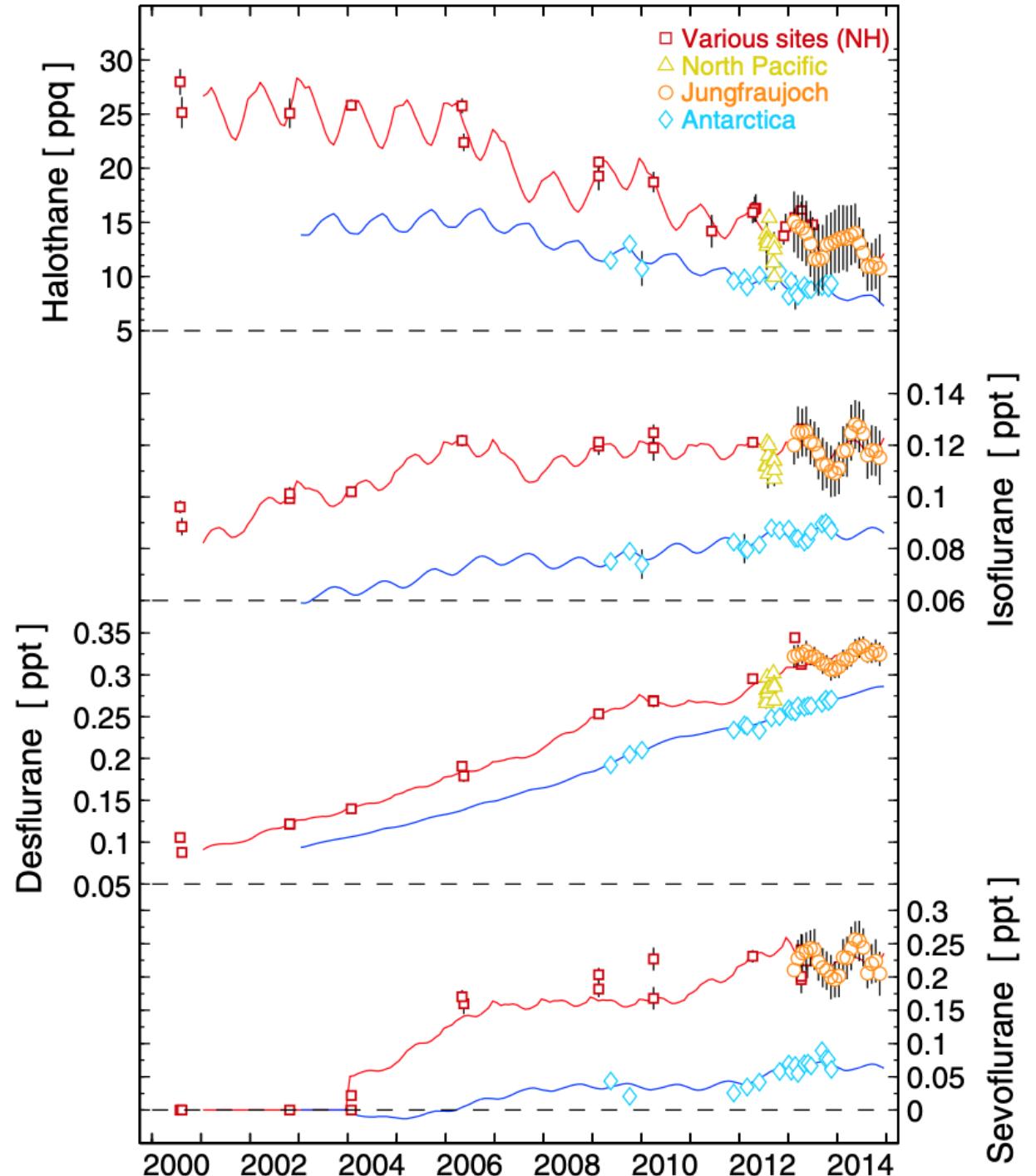
Dans l'hémisphère nord

Dans le Pacifique Nord

Sur un glacier dans les Alpes

En Antarctique...

Geophys. Res. Lett., 42, 1606–1611



Potentiel de réchauffement planétaire (PRP, PRG, GWP)

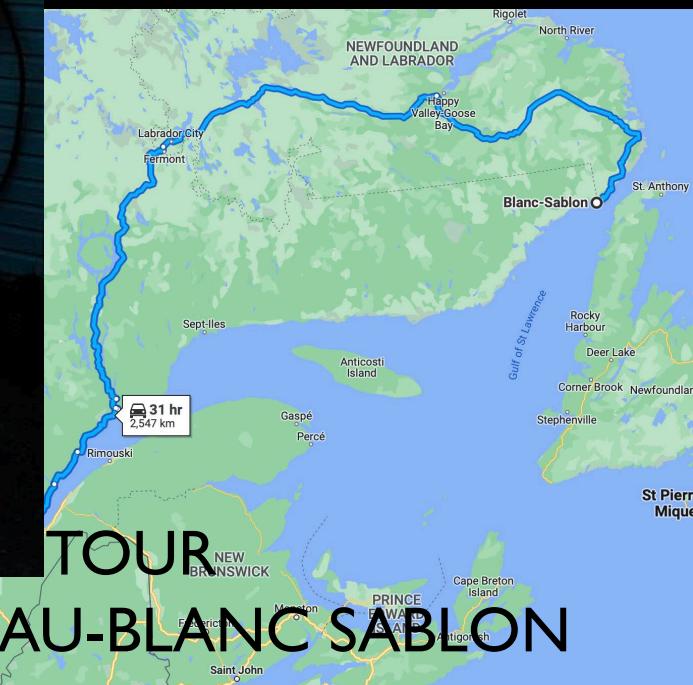
PRP: combien un kg d'un gaz réchauffe la planète
versus un kg de CO₂ (PRP défini comme = 1)
le plus souvent 100 ans (PRP₁₀₀, GWP₁₀₀)

EXEMPLE: INHALATEURS-DOSEURS

ID con
HFA-13

Un se

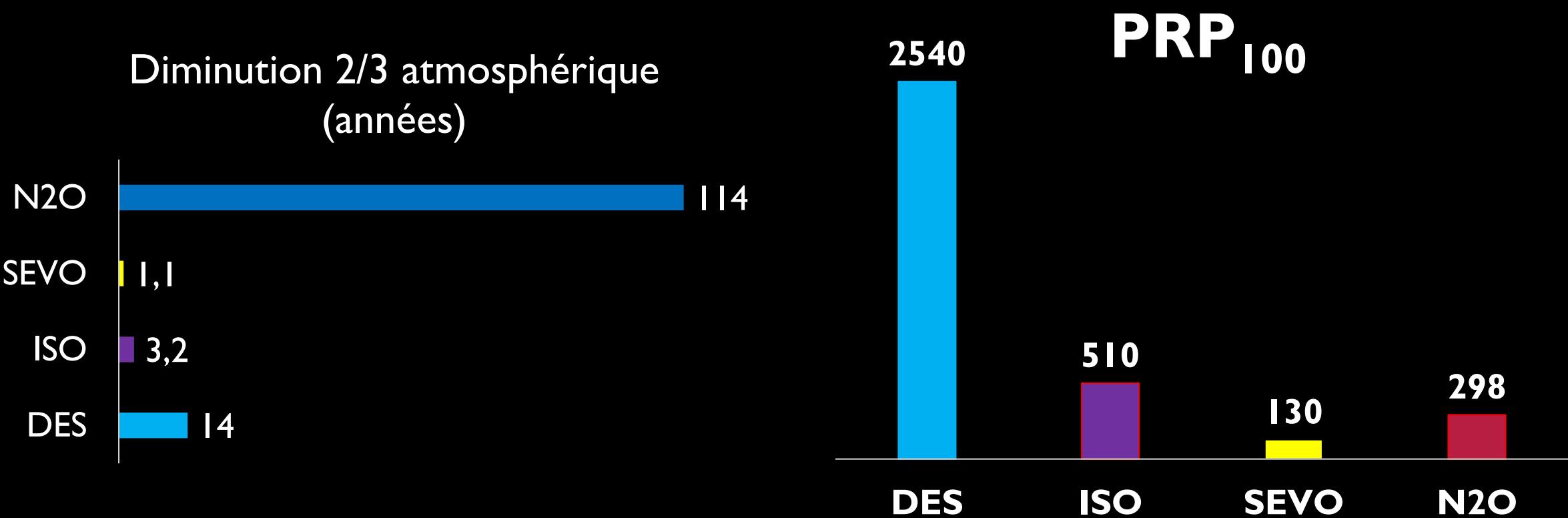
>5000



Assessing the Impact on Global Climate from General Anesthetic Gases

Mads P. Sulbaek Andersen, PhD,* Ole J. Nielsen, PhD,† Timothy J. Wallington, PhD,‡
Boris Karpichev, PhD,* and Stanley P. Sander, PhD*

Anesth Analg 2012; 114: 1081-5





OU

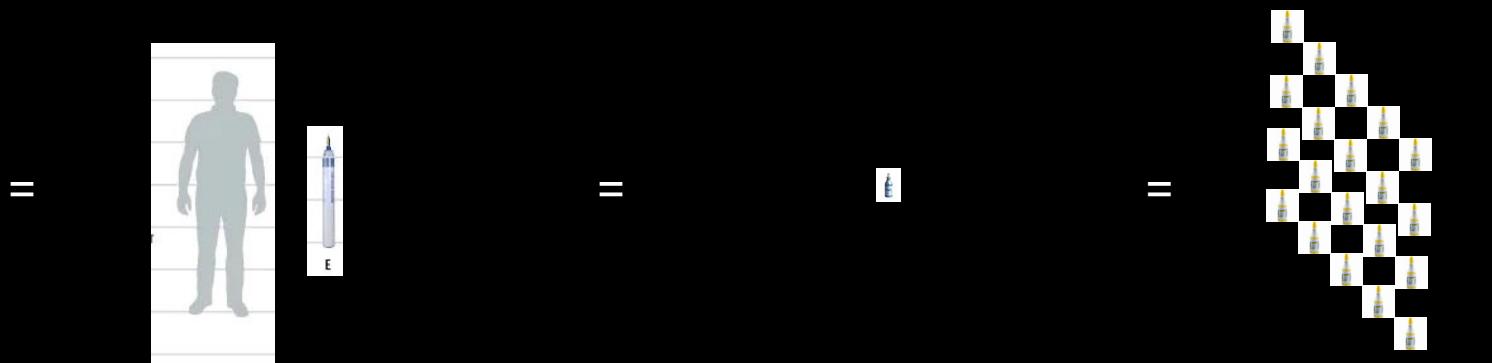


= 900 kg CO₂eq



= 50 kg CO₂eq

GAZ À EFFET DE SERRE (GES): 1 TONNE CO₂eq =



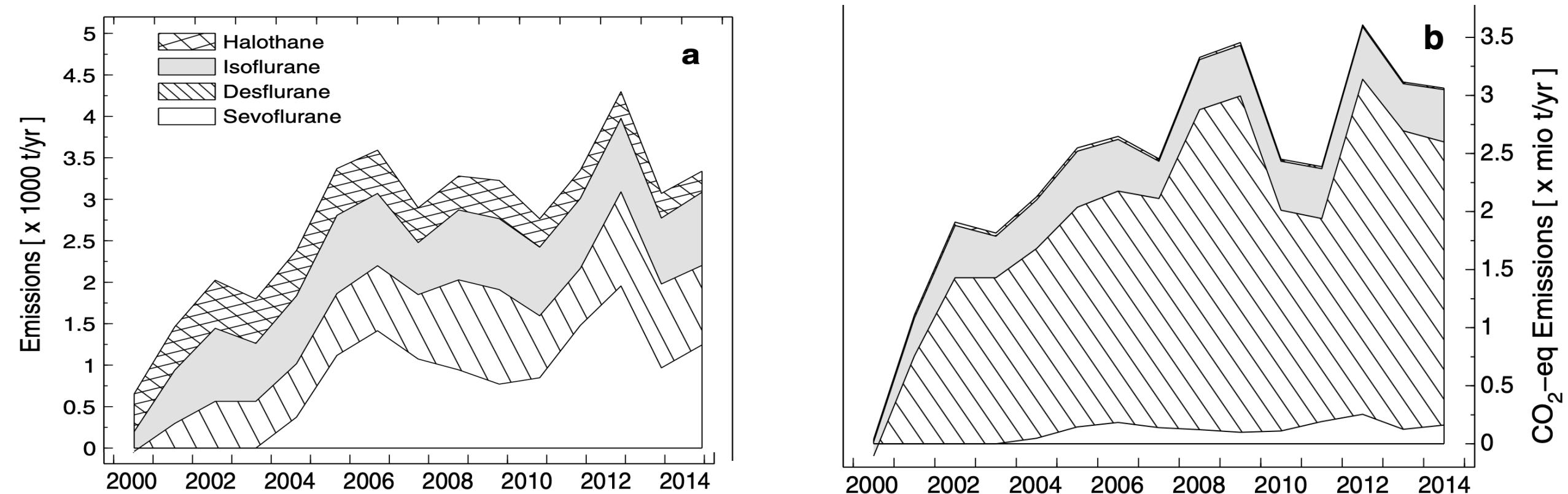
1 Tonne de CO₂
(PRP₁₀₀ = 1)

= 3 Kg N₂O
(PRP₁₀₀ = 300)

= 0.4 Kg desflurane
(PRP₁₀₀ = 2500)

= 8 kg sevo
(PRP₁₀₀ = 130)

ATMOSPHÈRE: POUBELLE DE L'ANESTHÉSIE



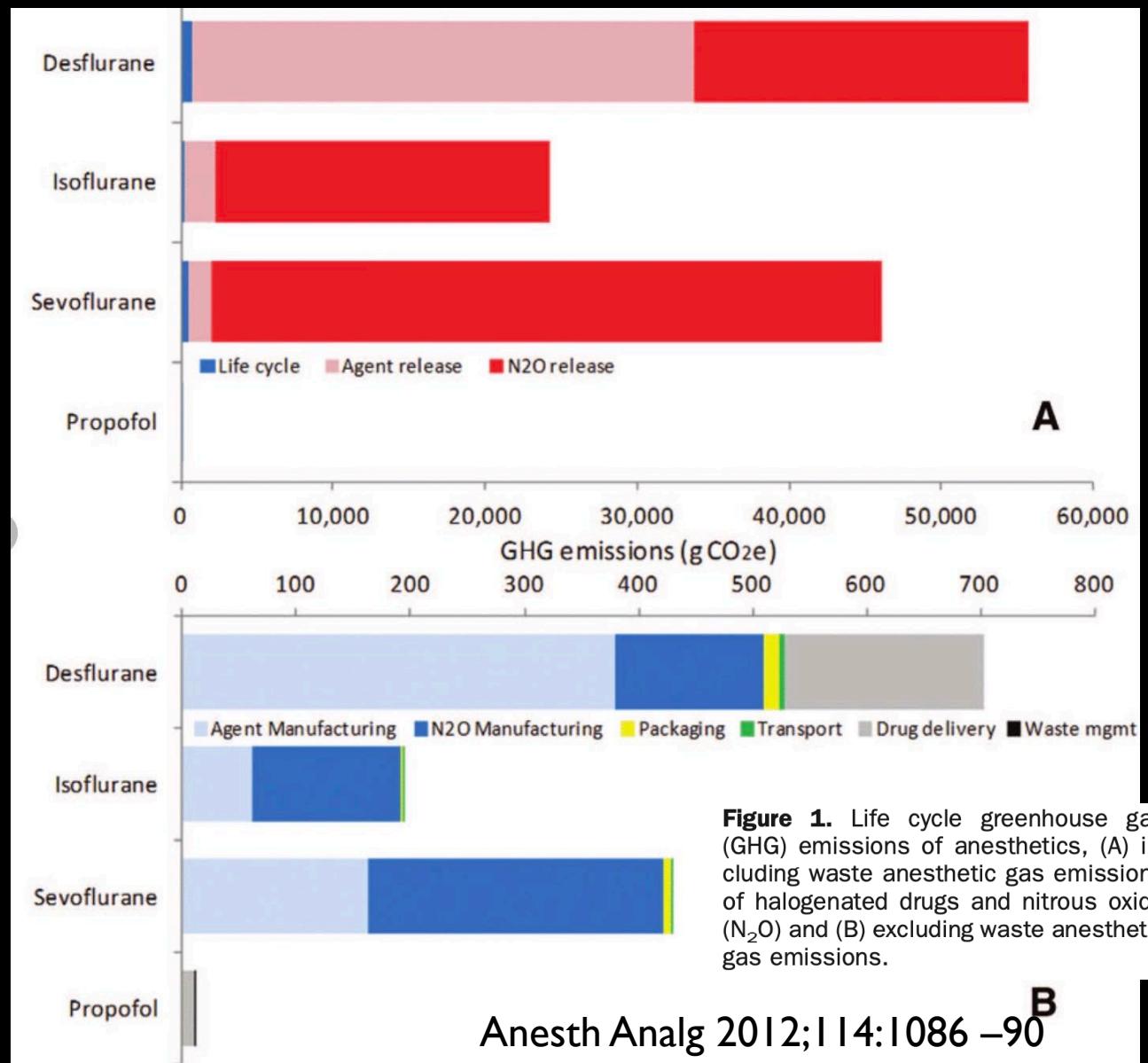
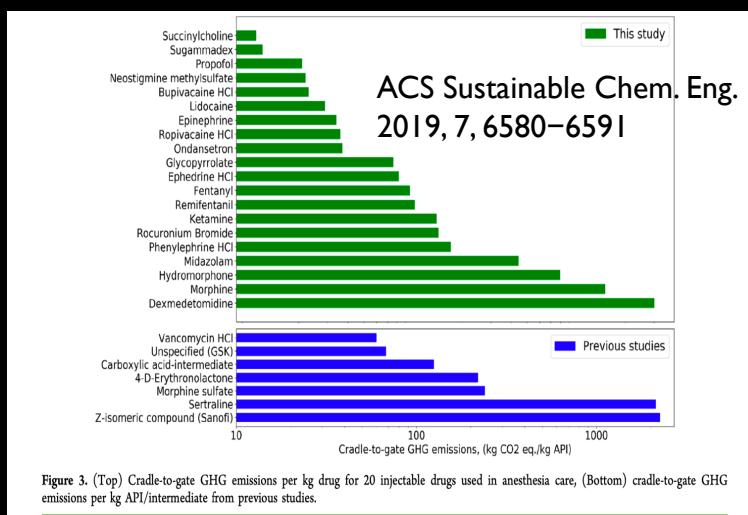
Gaz anesthésiques responsables 0.01% du réchauffement!

Figure 2. Global emissions of inhalation anesthetics: (a) emissions on a per-ton basis of the anesthetics halothane, isoflurane, desflurane, and sevoflurane and (b) emissions in units of CO_2 equivalents using Global Warming Potentials (GWPs) based on a 100 year time frame.

OUI MAIS...

Production? Emballage? Transport?
Administration? Destruction?

EFFET DE SERRE DIRECT DES
HALOGÉNÉS 100-1000 x
toutes les autres sources de GES du
cycle de vie des agents d'inconscience:



Anesthésie carboneutre passe
nécessairement par diminution +++ des
émissions reliées au N₂O et au desflurane

N₂O

N₂O

Gaz anesthésique peu puissant...

Mais puissant GES avec PRP ~300

Persiste très longtemps dans atmosphère(>100 ans)

En 2024, alternatives cliniquement équivalentes/meilleures existent

LIVRÉ DANS CANALISATIONS CENTRALES QUI FUIENT +++

CANALISATIONS CENTRALES N₂O

Une vieille solution pour l'époque où le N₂O était utilisé massivement comme la base sur laquelle se construisait une anesthésie balancée...

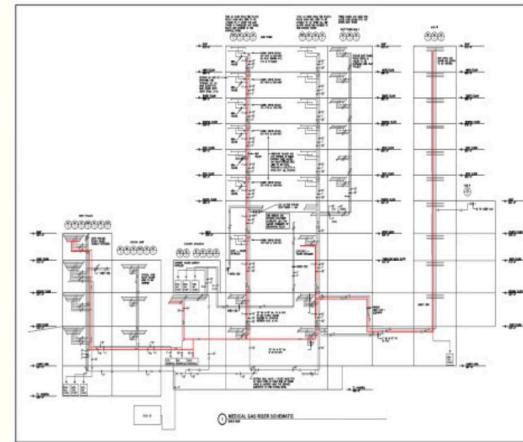
Avec bas DGF et diminution de l'utilisation clinique du N₂O comme « gaz porteur », bénéfice des canalisations centrales est perdu mais coûts \$/environnementaux persistent...



CENTRAL NITROUS PIPELINES

Current State

- **Centralized nitrous oxide distribution systems have very high leakage rates** in nearly every audited centralized system both in Europe and North America
 - >90% typically found regardless of preventative maintenance measures
- **A substantial source of a healthcare facility's greenhouse gas and ozone depletion emissions**
- **Impacting indoor air quality** and likely exceeding occupational health and safety standards for gas concentrations when leaks occur in patient and staff areas
 - Concern from [Canadian Centre for Occupational Health and Safety](#)



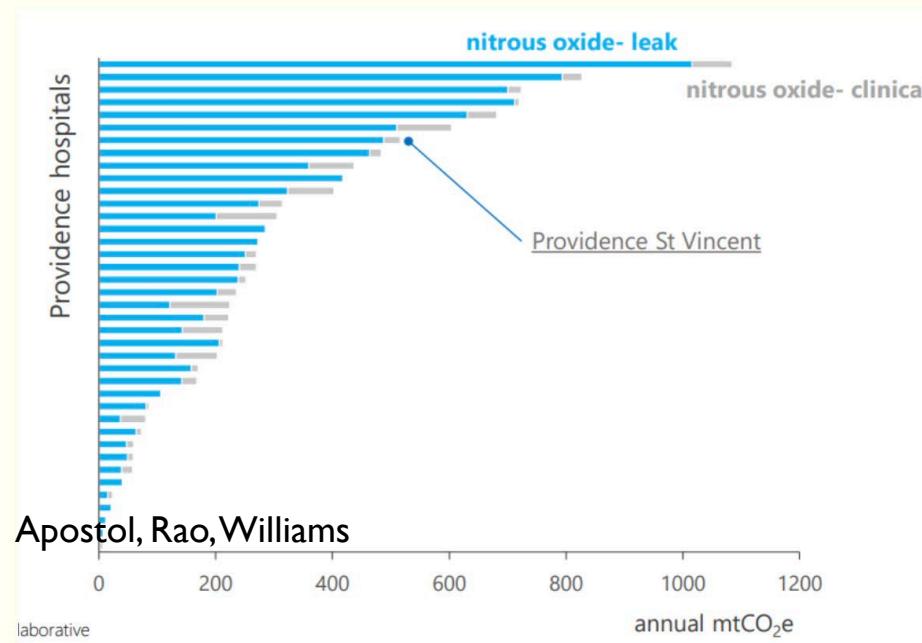
Apostol, Rao, Williams

CENTRAL NITROUS

Centralized N₂O Distribution Systems Audits

- Cascadia Nitrous Oxide Collaborative

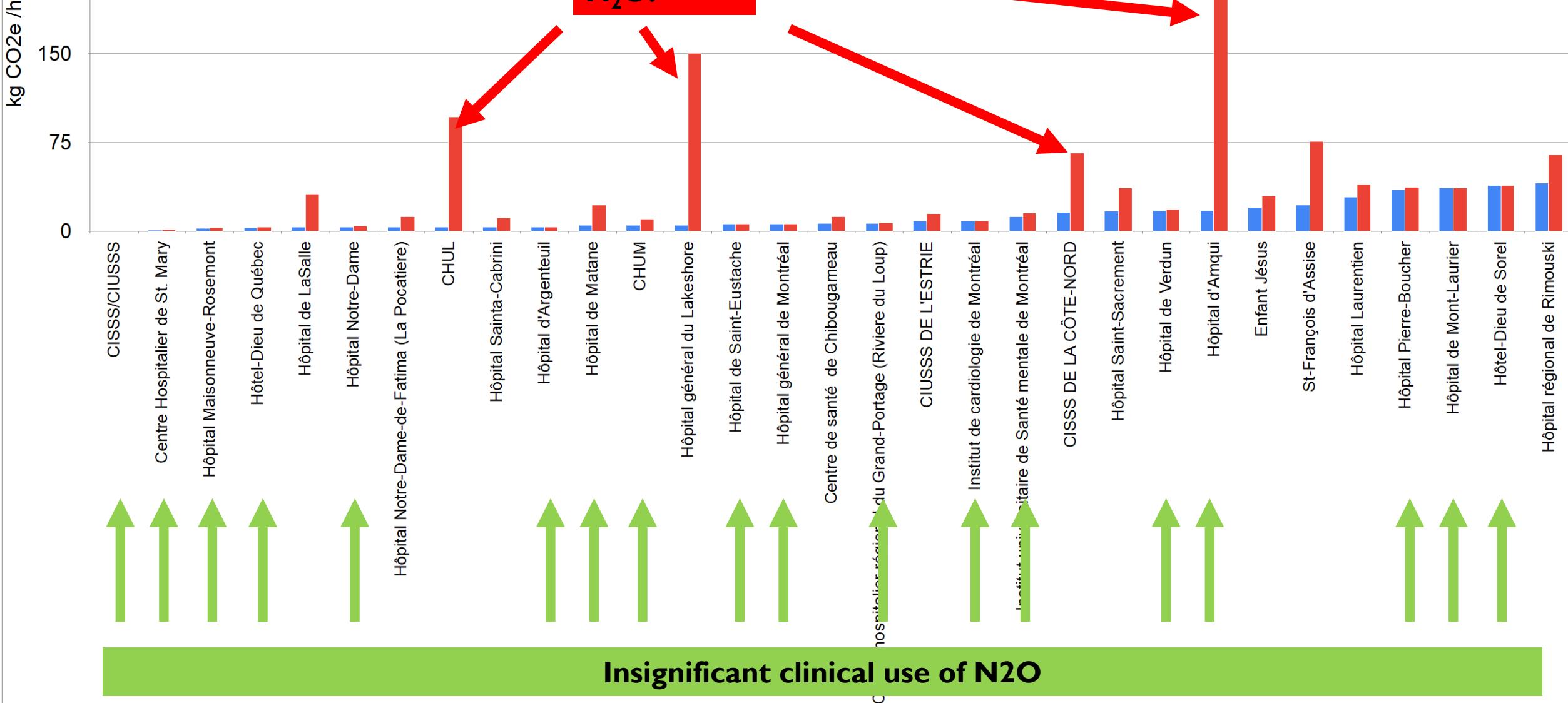
- Collaborating to prevent massive nitrous oxide waste in medical gas systems
- US-based group that has done extensive audits of their hospitals
- Providence Hospital audits shown here



■ Intensité GES sans N₂O

■ Intensité GES totale

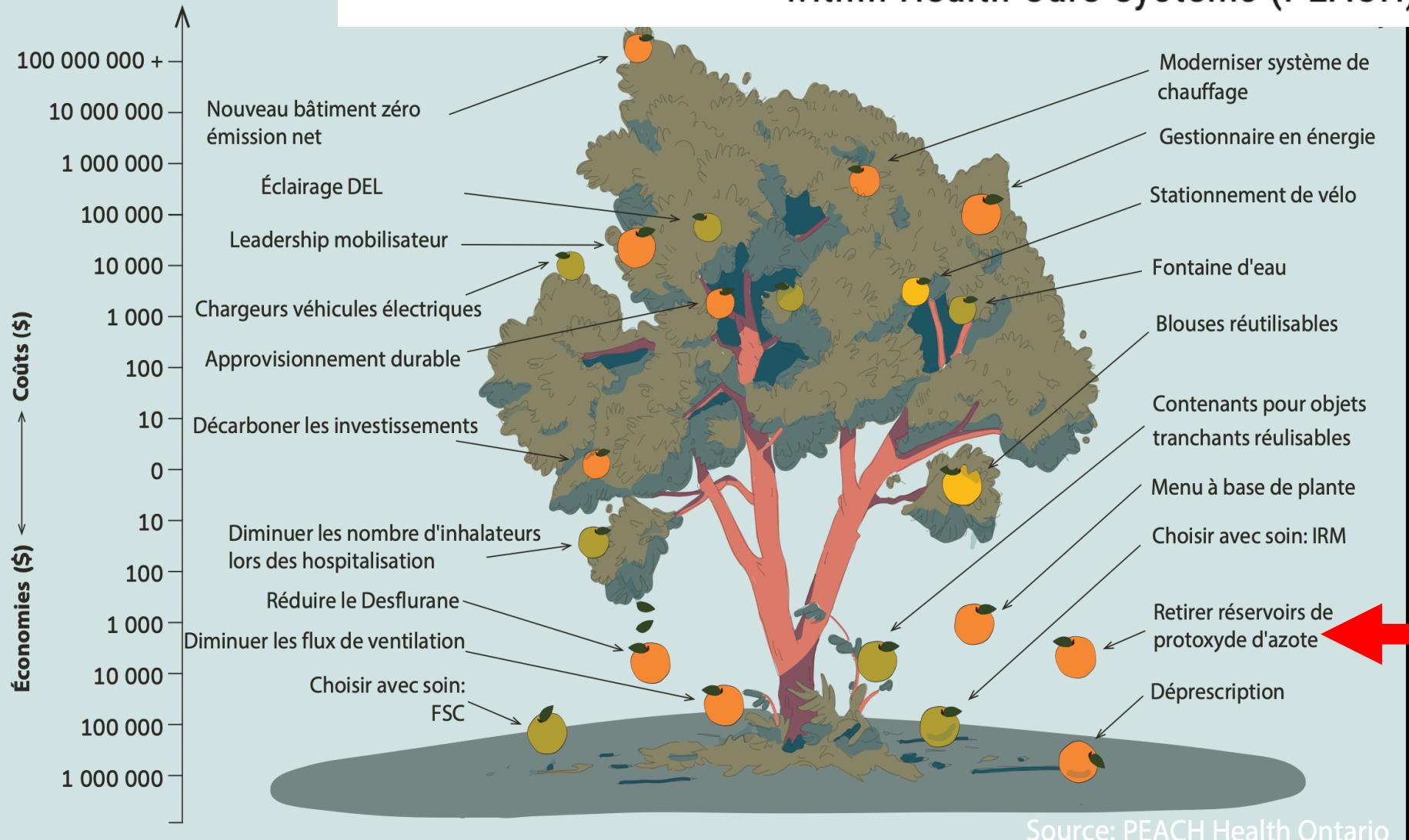
**LEAKING
N₂O!**



Centralized N2O Distribution Systems Audits

| Site | Leakage Rate | Amount of N2O (litres/yr) | GHG (tCO2e/yr) | Additional Notes |
|----------------------------|---------------|---------------------------|----------------|--|
| LHSC – Victoria Hospital | 90% | 1,000,000 | 580 | |
| LHSC – University Hospital | Estimate >99% | 720,000 | 390 | 2 manifolds, negligible usage |
| Trillium Health Partners | Estimate >95% | 2,150,000 | 1,250 | \$120k /year maint. |
| Sunnybrook | 99% | 3,100,000 | 1,800 | |
| Vancouver General Hospital | > 99% | 520,000 | 265 | |
| CHUM | >99% | 610,000 | 311 | Clinical use after decommissioning in 2023 was 2x E-Cylinders, approx. 2 tCO2e |
| NHS Lothian Site 1 | > 98% | 970,000 | 570 | Multiple sites with similar results |

Partnerships for Environmental Action by Communities within Health Care Systems (PEACH)



FERMER LES CANALISATIONS CENTRALES DE N₂O: UN DES MEILLEURS RATIO IMPACT GES:COÛT EN SANTÉ

What is being done?

- Ontario's Anesthesiologists

- "Ontario's Anesthesiologists' Environmental Sustainability Working Group is encouraging hospitals to "nix the nitrous" and transition away from centralized nitrous oxide systems."



- Quebec Association of Anesthesiologists

- "The AAQ supports decommissioning central N₂O pipelines in existing hospitals, no longer installing them in new hospitals, and use of N₂O cylinders if necessary."

- The Joint Commission

- A global driver of quality improvement and patient safety in health care.
 - Anesthetic Gases Strategies and Practices



- Decommission or avoid construction of central nitrous oxide piping
 - Portable E cylinders should be substituted in those locations where nitrous oxide use is considered essential

- IHI – Institute for Healthcare Improvement

- Decarbonizing Care Delivery Quality Improvement Workbook: Lowering Emissions from Anesthetic Gases
 - "Decommission or avoid construction of central nitrous piping"



European Society of Anesthesiology and Intensive Care (2024):

Nitrous oxide should only be used when other alternatives are not available (100% agreement).

Hospital central gas delivery systems can still account for most nitrous oxide atmosphere delivery due to leaks, despite no actual clinical use. Current nitrous oxide central delivery systems should be decommissioned and they should be removed from future hospital plans.

Bottled N₂O can be provided on demand when strictly needed (100% agreement).

https://journals.lww.com/ejanaesthesia/fulltext/2024/04000/european_society_of_anaesthesiology_and_intensive.2.aspx

- Centre for Sustainable Healthcare (UK)

- The Nitrous Oxide Project

- Recommends decommissioning manifolds and going to portable N₂O supplies only where necessary

- NHS Scotland (NHSS)

- Official Scottish government: Nitrous oxide mitigation implementation plan

- Decommission unnecessary N₂O manifolds
 - Use smaller portable supply/or nearby mini manifold to minimize leakage if N₂O is required



- ASA Monitor – American Society of Anesthesiologists

- Journal Article on abandoning nitrous oxide pipes – Volume 88, Issue 2 February 2024

- Recommends decommissioning/avoid installing nitrous oxide centralized piping, and substitute portable tanks that remain closed between use

Apostol, Rao, Williams



Guide de pratique de la SCA (2024)

“L'utilisation de desflurane et de N₂O devrait être éliminée...”

https://www.cas.ca/CASAssets/Documents/Practice-Resources/Guidelines/Guidelines_2024_EN.pdf

INESSS

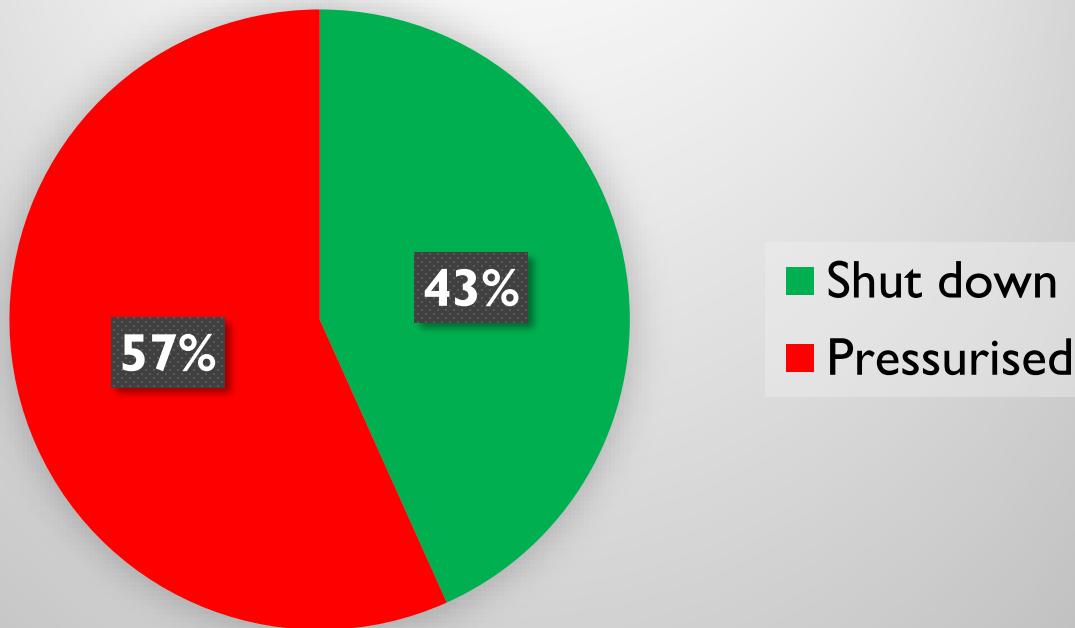
L'INESSS recommande que des directives et des mesures soient mises en place par le MSSS et les établissements de santé pour parvenir, dans un avenir rapproché et selon un plan et des échéanciers qui tiennent compte des particularités organisationnelles locales, à :

- ➡ l'élimination de l'usage du **desflurane** (sauf en cas de situations très exceptionnelles);
- ➡ la fermeture des systèmes centralisés de distribution de **protoxyde d'azote** (en cessant l'alimentation de ces canalisations), et l'omission de ce type de système dans les plans de construction des futures infrastructures hospitalières.

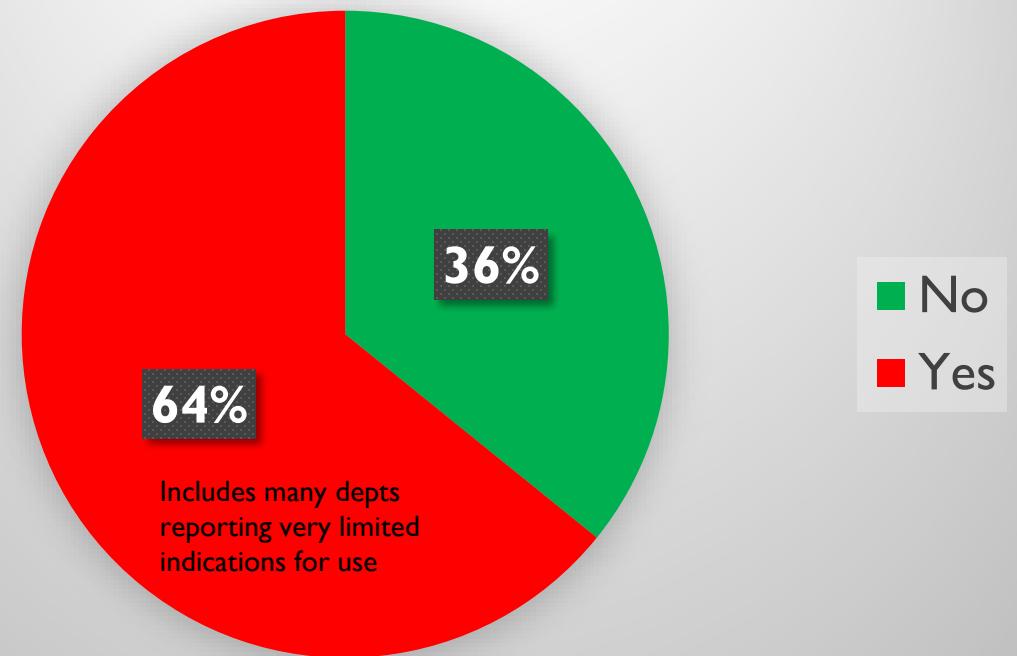


Sondage AAQ 2024 sur N₂O en anesthésie au Québec

June 2024 central N₂O in the
67 Quebec depts of anesthesia



June 2024 any clinical use at all* of N₂O in
the 67 Quebec depts of anesthesia



- Response often came with comments that use is limited to »rare » clinical situations...
- Also several responses stating that N₂O remains available but is no longer used clinically

N₂O, EN RÉSUMÉ

Problèmes

Ne passe pas le test « Triple bottom line »
(Utilité clinique vs coûts financiers, sociaux et environnementaux)

Anesthésique faible mais GES puissant

Quand utilisé cliniquement, finit dans l'atmosphère où il contribue très longtemps à crise climatique

Canalisations centrales consomment >>> \$\$ and N₂O en fuites vs utilisation clinique

N₂O, EN RÉSUMÉ

Solutions:

Fermer canalisations centrales et pas installer dans nouveaux hôpitaux

Si perception d'utilité clinique persiste, cylindres E sont une solution pratique

Recherche, enseignement sur alternatives, puisque plusieurs excellents départements n'utilisent déjà plus du tout le N₂O

Desflurane

CHUM:

32 SOP, toutes spécialités chx adultes

+ brûlés

+ obstétrique

+ radiologie d'intervention

+ radio-oncologie

45 ANESTHÉSIOLOGISTES



CHUM

Comité résilience: 10 anesthésiologistes

1. RÉDUIRE DÉPENDANCE MATÉRIEL UNISERVICE
2. RÉDUIRE COÛTS
3. AMÉLIORER PROFIL D'ÉMISSIONS GES (CARBONEUTRALITÉ)

CARBONEUTRALITÉ



À propos ▾

Adhésion

Événements ▾

Informati

Guides du CPEQ

LA DÉCARBONATION ET L'ATTEINTE DE LA CARBONEUTRALITÉ EN ENTREPRISE

30 MARS 2023

I. MESURER ÉMISSIONS DE GES (BILAN)

2. RÉDUIRE AU MAXIMUM ÉMISSIONS

3. COMPENSER ÉMISSIONS RÉSIDUELLES



AVEC CIBLES ANNUELLES, À MOYEN TERME, ET À LONG TERME BASÉES SUR LA SCIENCE DU CLIMAT



Présidente du CPEQ

Me Hélène Lauzon

Présidente

Conseil Patronal de l'Environnement du Québec

AUDIT CONSOMMABLES CHUM



| Période | Des (b) | Sevo (b) | N2O (cyl E) | Plateaux rachi | épidurale |
|-----------|---------|----------|-------------|-------------------|-----------|
| 2016-2017 | 3666 | 618 | 40 | env 4000 | env 3000 |
| ... | | | | | |
| 2018-2019 | 1668 | 675 | - | 3616 | 3177 |
| 2019-2020 | 1458 | 954 | - | 3969 | 3231 |

AUDIT CONSOMMABLES CHUM



OU



= 900 kg CO₂eq



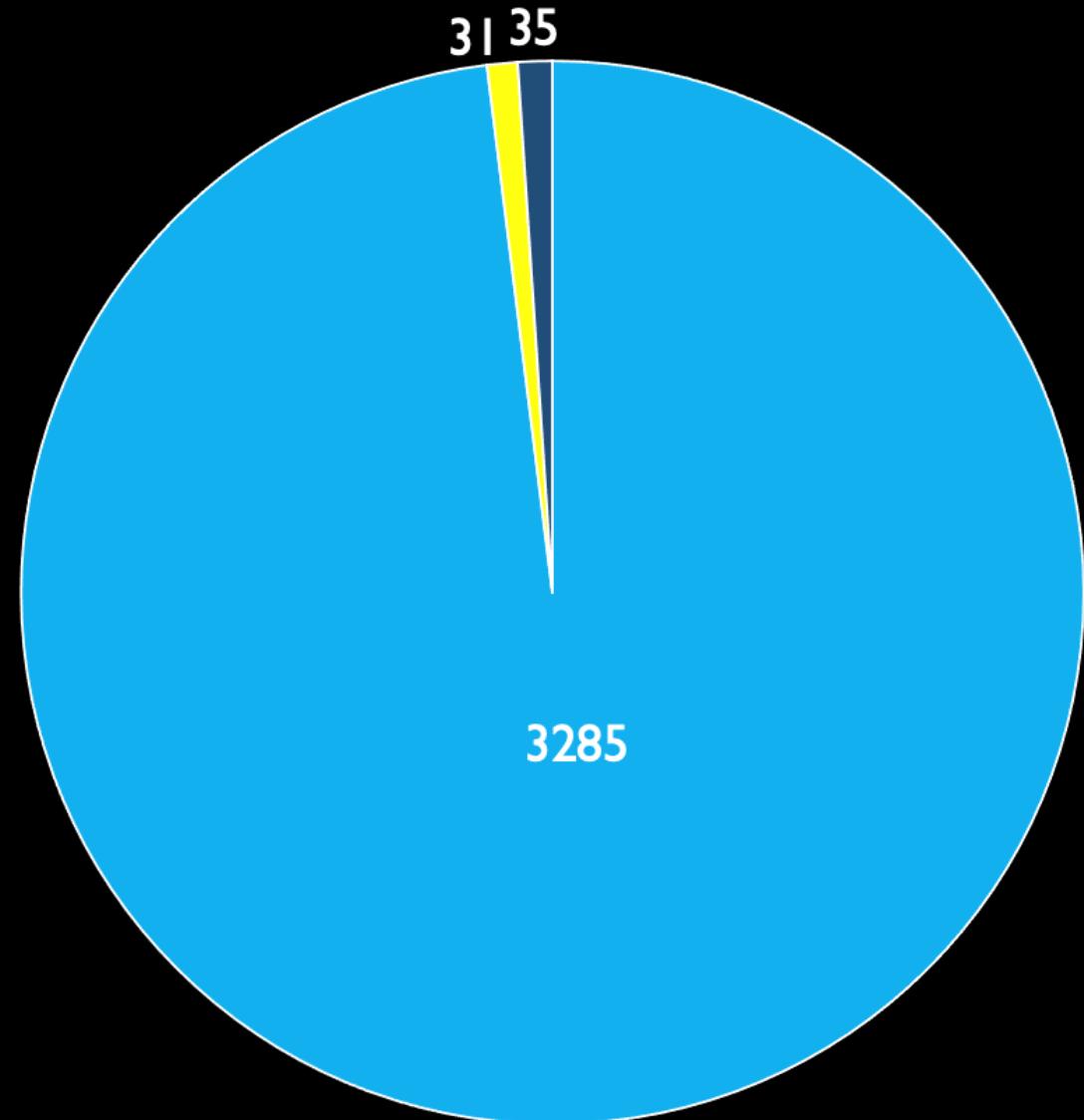
= 50 kg CO₂eq

EMISSIONS GES ANESTHÉSIOLOGIE CHUM

2016-2017: 3350 Tonnes GES

98% Desflurane

- GES: Tonnes CO₂eq desflurane
- GES: Tonnes CO₂eq sevoflurane
- GES: Tonnes CO₂eq N₂O



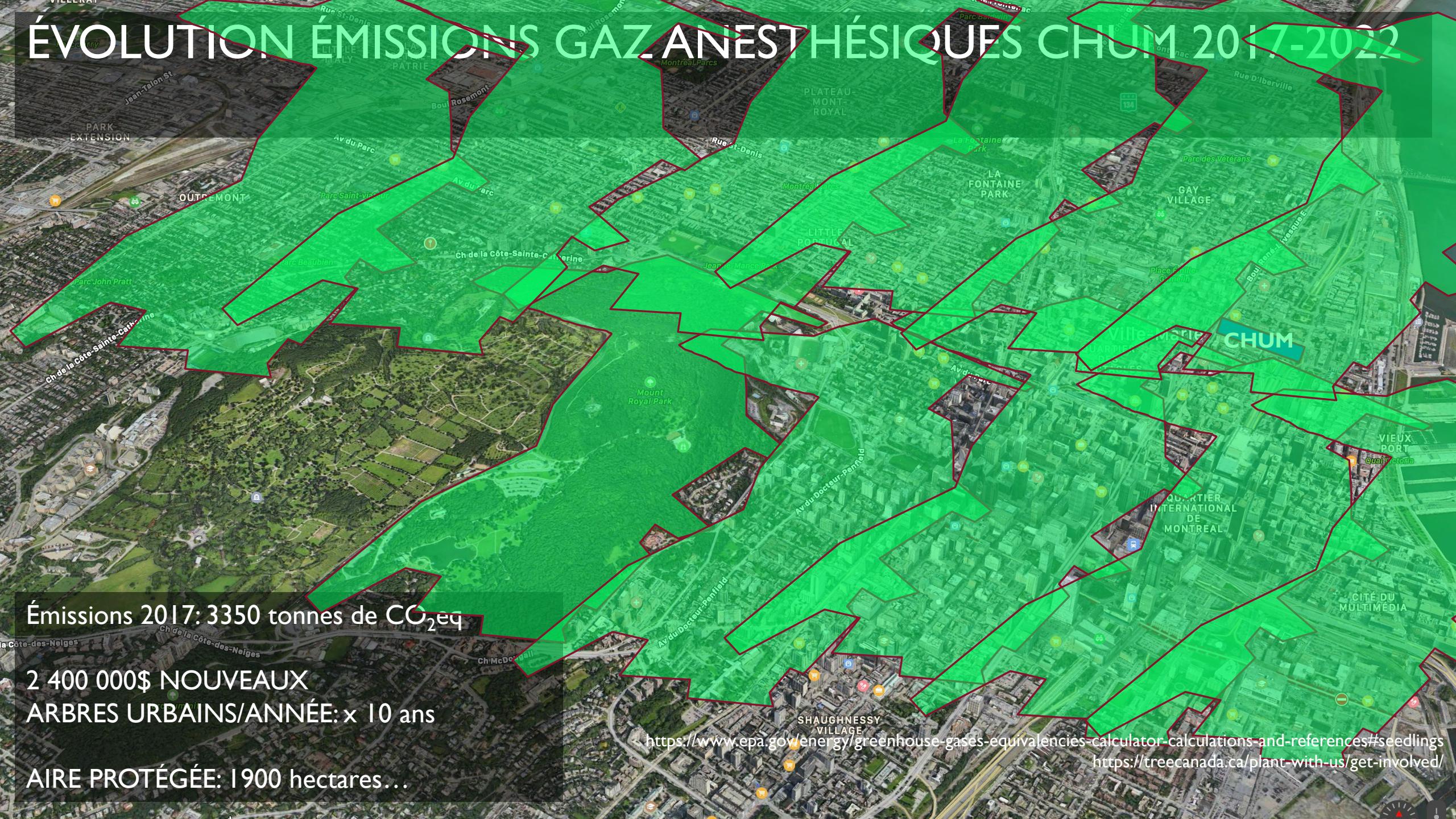
EMISSIONS CHUM



ANESTHÉSIE CARBONEUTRE

- I. Trouver/mesurer émissions GES (eqCO2)
2. Réduire au maximum émissions GES
3. Compenser GES résiduels

ÉVOLUTION ÉMISSIONS GAZ ANESTHÉSIQUES CHUM 2017-2022



COMPENSER LES GES ANESTHÉSIQUES: PAS ENCORE UNE OPTION

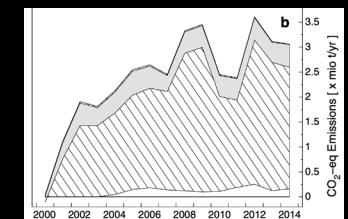
Edmonton :

COMPENSER GES émis par 1 AN de gaz anesthésiques

=

planter **212 000** arbres urbains (40\$/arbre)...**8 000 000\$ PAR ANNÉE**

(en ont finalement planté...**256**...en campagne)



J Can Anesth: 2019; 66 474-5

<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references#seedlings>

<https://treecanada.ca/plant-with-us/get-involved/>

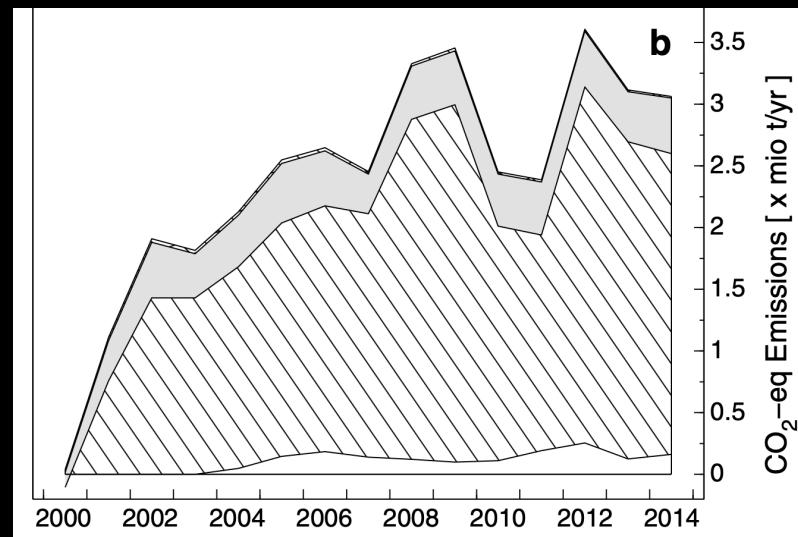
COMPENSER LES GES ANESTHÉSIQUES: PAS ENCORE UNE OPTION

Pour compenser émissions globales halogénés seulement:

80 000 000 arbres urbains/année x 10 ans

3 600 000 000\$/année

CONCLUSION: statut quo UNSUSTAINABLE



Geophys. Res. Lett., 42, 1606–1611

<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references#seedlings>

<https://treecanada.ca/plant-with-us/get-involved/>

EMISSIONS CHUM



ANESTHÉSIE CARBONEUTRE

- I. Trouver/mesurer émissions GES (eqCO₂)
2. Réduire au maximum émissions GES
3. Compenser GES résiduels

2. RÉDUIRE EMISSIONS DUES GAZ ANESTHÉSIQUES

2.1 BAS DÉBIT

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

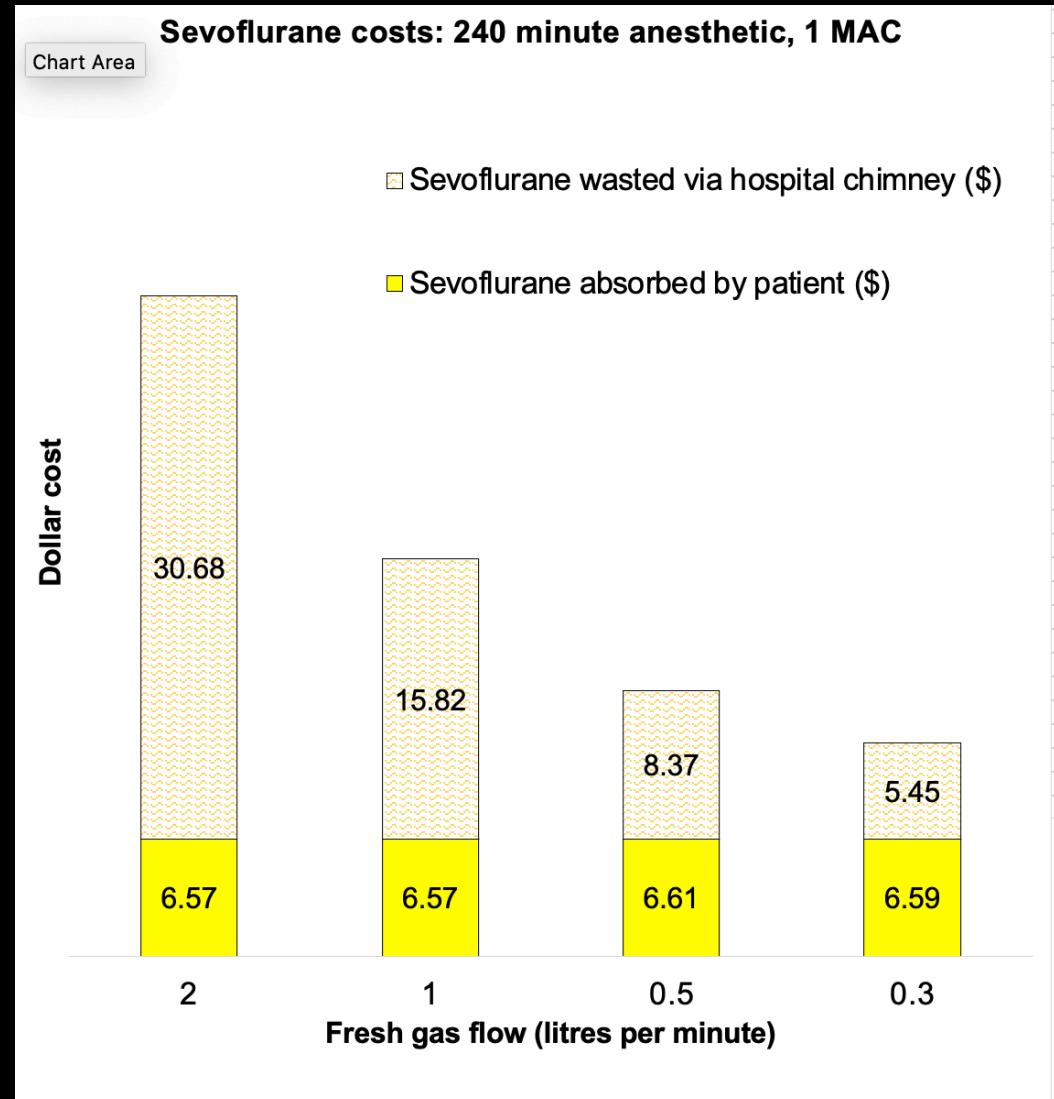
2.3 CHOIX D'AGENT INHALÉ

2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE/RÉGIONALE

2.I: BAS DÉBIT: SIMULATIONS

**Agent reçu par patient ne dépend
pas du DGF**

**C'est le gaz évacué dans
l'atmosphère par “l'antipollution”
qui varie avec le DGF**

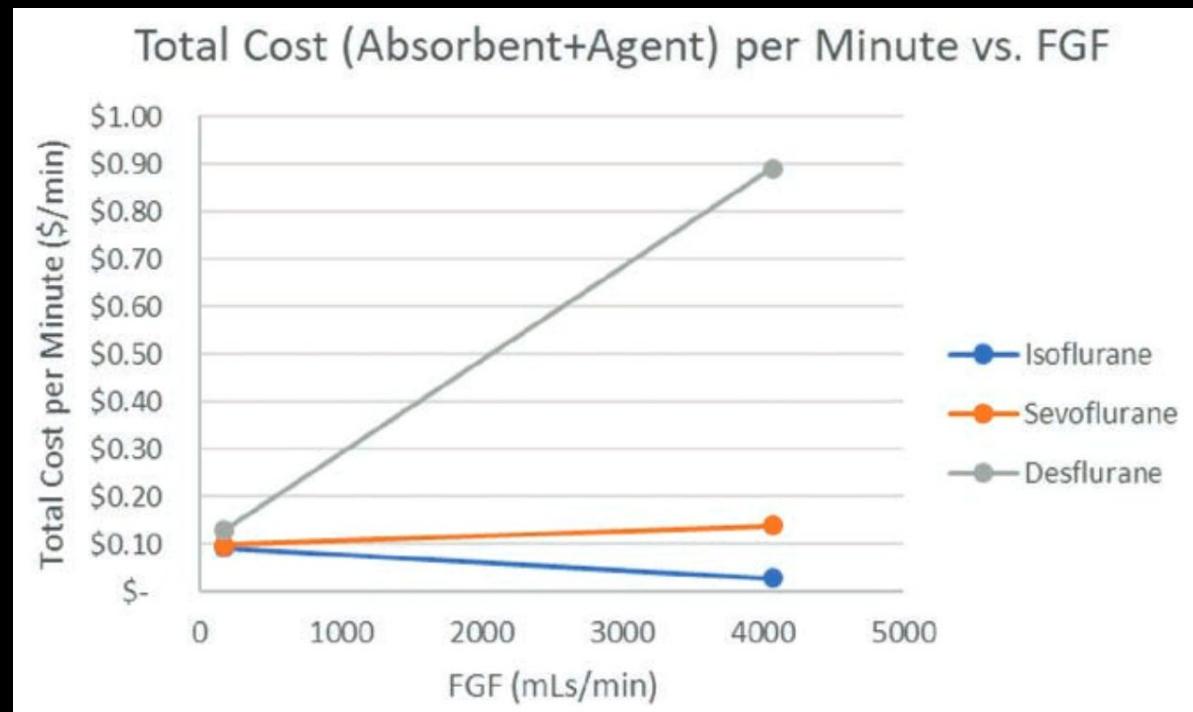


2.I: BAS DÉBIT

Minimise coûts¹

**Littérature supporte son utilisation
avec desflurane et sevoflurane^{2,3}**

**Avec absorbeur CO₂ approprié, peu/pas
de composé A avec sevo⁴ et CO avec des⁵**



1. Anesth. Analg. 2020; DOI: 10.1213/ANE.000000000000405

2. <https://www.apsf.org/article/concern-about-the-use-of-very-low-flow-sevoflurane-anesthesia/>

3. There are no dragons: Low-flow anaesthesia with sevoflurane is safe. *Anesthesia and Intensive Care* 2019

4. *Acta Anaesth Scand* 2007;51:31–7

5. *Acta Anesth. Scan.* 2005; <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2005.00690.x>

2.I: BAS DÉBIT

Communication AAQ-Santé Canada 2022

“Santé Canada ne prend pas de « décisions sur le choix et l’administration » du sévoflurane, celle-ci relève plutôt de la « pratique de la médecine ». Santé Canada souligne que les ajustements aux débits ne sont pas contre-indiqués, et que le débit actuellement dans la monographie est une « recommandation ». Par contre, ce serait au fabricants(!) et non pas à Santé Canada d’ajuster la monographie de leurs produits à moins d’un problème d’innocuité pour le patient avec les recommandations actuelles, car Santé Canada **ne tient pas encore compte de la consommation accrue, des coûts, et des méfaits environnementaux associés aux modes d’administration des médicaments dans ses recommandations.**”

2. I: BAS DÉBIT

STATIONS AVEC CONTRÔLE AUTOMATISÉ DÉBITS/ F_EO_2 /AGENTS INHALÉS:

Simplifient gestion O₂/gaz anesthésiques¹

Programmation permet standardiser utilisation anesthésie à bas débit

MISE À JOUR LOGICIEL CHUM (0.5 → 0.3 lpm) COUT 60 000\$...

ECONOMIES ANNUELLES AGENTS INHALÉS ~100 000\$

DIMINUTION GES PRÉVUE: ~ 30% (1350 → 950 tonnes/année)



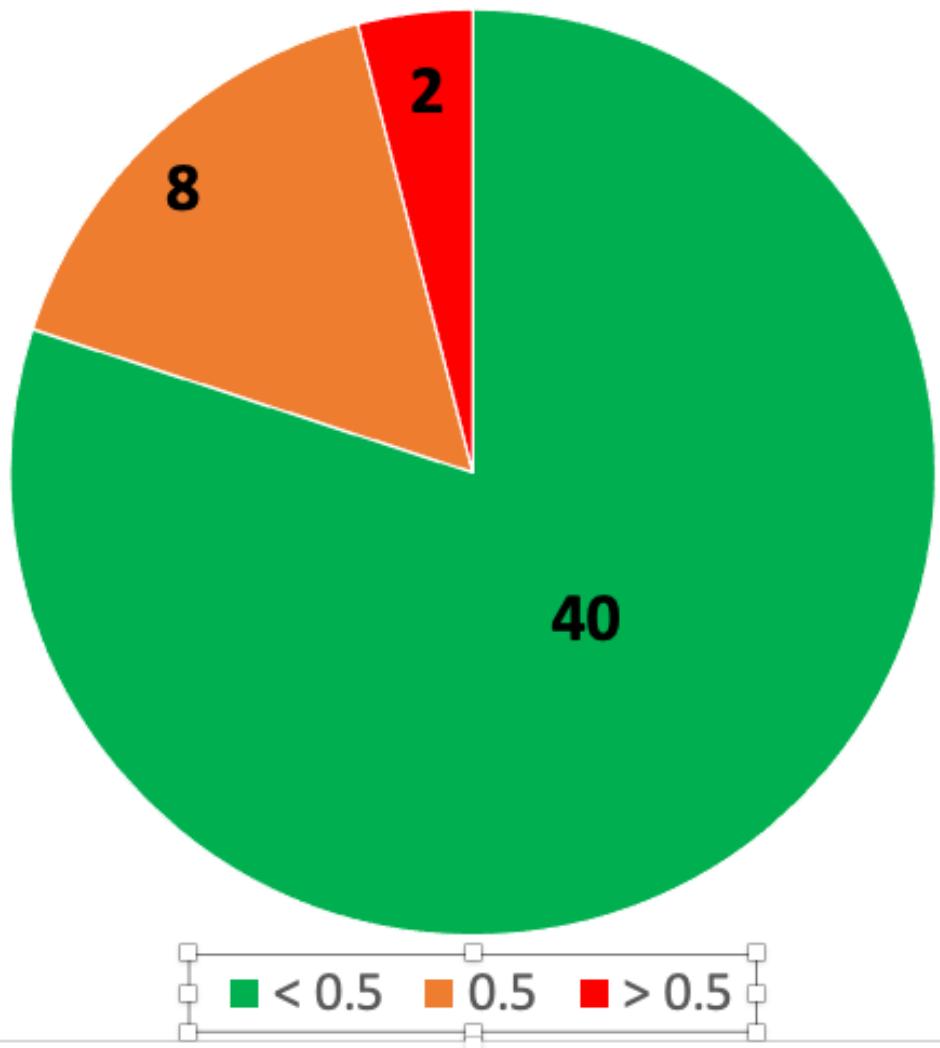
2.I: BAS DÉBIT

LIMITATIONS:

- 1. ne change pas la quantité de gaz absorbé/expiré par le patient**
- 2. DGF minimal limité par logiciel à 0.3 lpm, n'atteint pas toujours ‘circuit fermé’**
- 3. DGF < 0.5 lpm pas encore automatisable...donc DGF plus élevés encore utilisés par oubli/MD “c'est mon choix”**
- 4. Même à DGF minimal, émissions restent trop élevées pour être compensées de façon économique**

DGFs CHUM 2024

DGF visé par FetCible avec halogénés (lpm)



8/50 laissent à 0.5 lpm (valeur par défaut)

La vaste majorité font l'effort de diminuer DGF

2/50 avaient augmentés DGF

2. RÉDUIRE EMISSIONS GES EN ANESTHÉSIE:

2.1 BAS DÉBIT

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

2.3 CHOIX D'AGENT INHALÉ

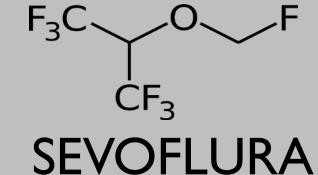
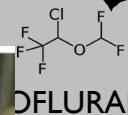
2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE/RÉGIONALE

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTIPOLLUTION

SYSTÈMES DE DESTRUCTION N₂O¹
DISPONIBLES (EN INVESTIGATION PR
HALOGÉNÉS)²

SYSTÈMES DE RECAPTURE
HALOGÉNÉS COMMERCIALISÉS:

Promettent recapture,
recyclage et revente) 99% GAZ
ANESTHÉSIQUES DANS
L'ANTIPOLLUTION³



1. Destruction of medical N₂O in Sweden. 2012 DOI: [10.5772/32169](https://doi.org/10.5772/32169)

2. Anesth.Analg. 2020: DOI: [10.1213/ANE.0000000000004119](https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004119)

3. Jack Kim, Blue-Zone technologies

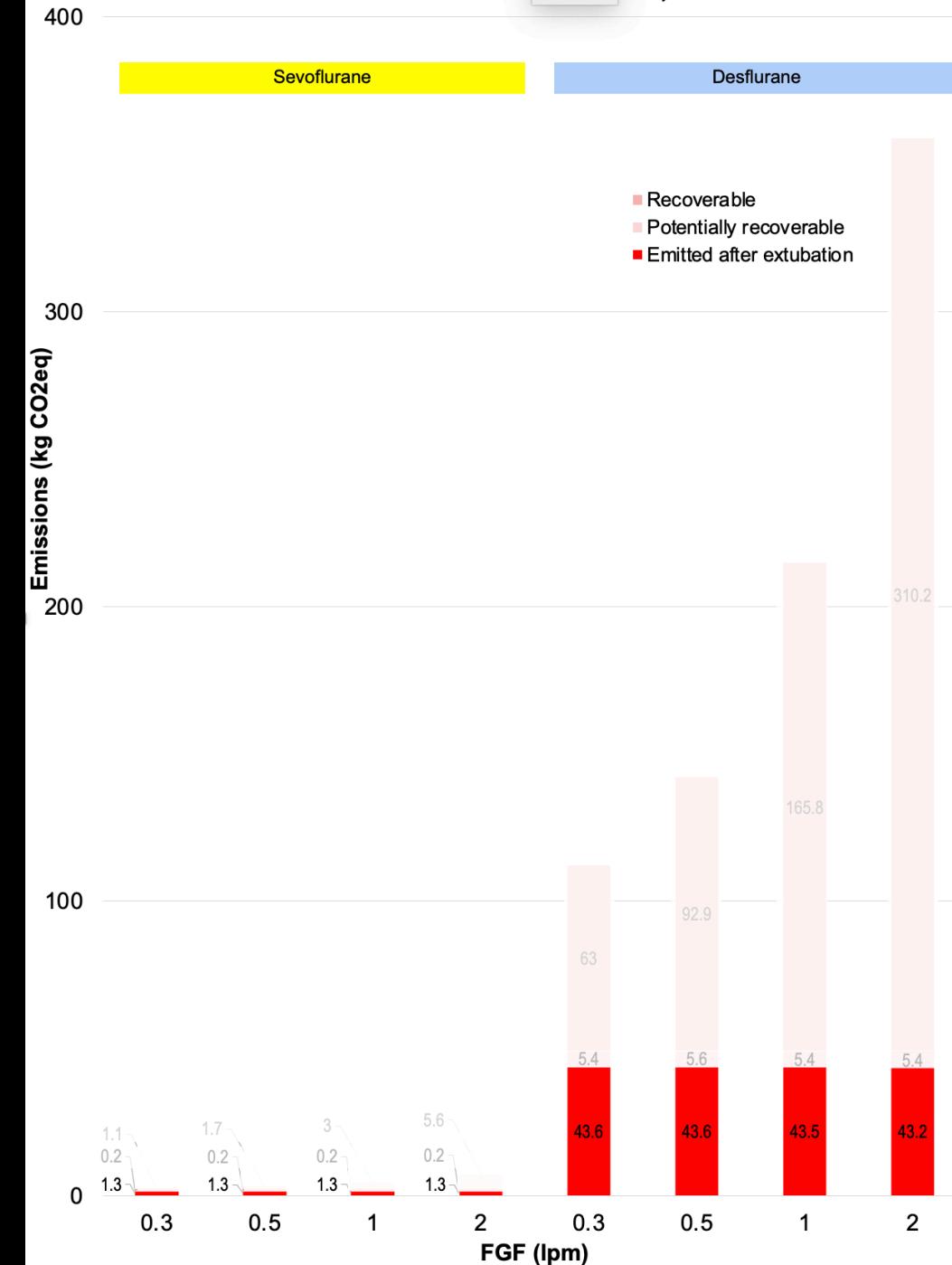
2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

SIMULATION:

ÉLIMINE LE DGF
DE L'ÉQUATION
DES ÉMISSIONS DE
GES

Paquin-Lanthier et Williams, 2021

GHG emissions: 120 mi² Plot Area, 1 MAC



2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTIPOLLUTION

Avantages:

Réduction potentielle GES 50-80%

Élimine « facteur humain » présent avec réduction DGF seule

Coût <<< économies \$ pour compenser émissions GES

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTIPOLLUTION

Désavantages:

Ne règle pas coût/gaspillage agent inhalé associé aux DGF plus élevés

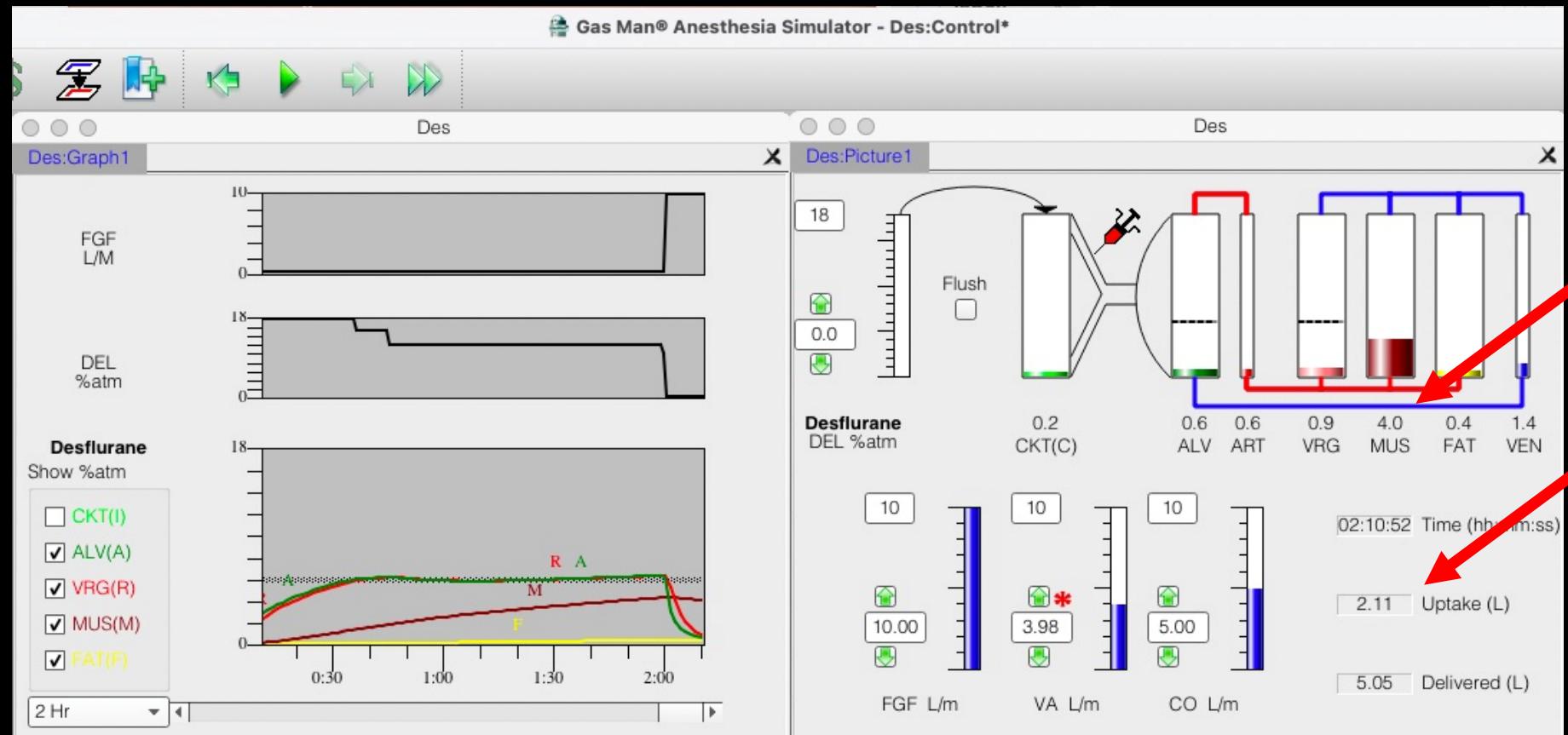
Coût 10\$/SOPjour (Prix CHUM)

Ne peut pas aller chercher gaz exhalés par patient après déconnection

N'élimine pas la grande différence d'émissions associée aux différents agents inhalés

Systèmes différents nécessaires pour halogénés vs N₂O....

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTIPOLLUTION



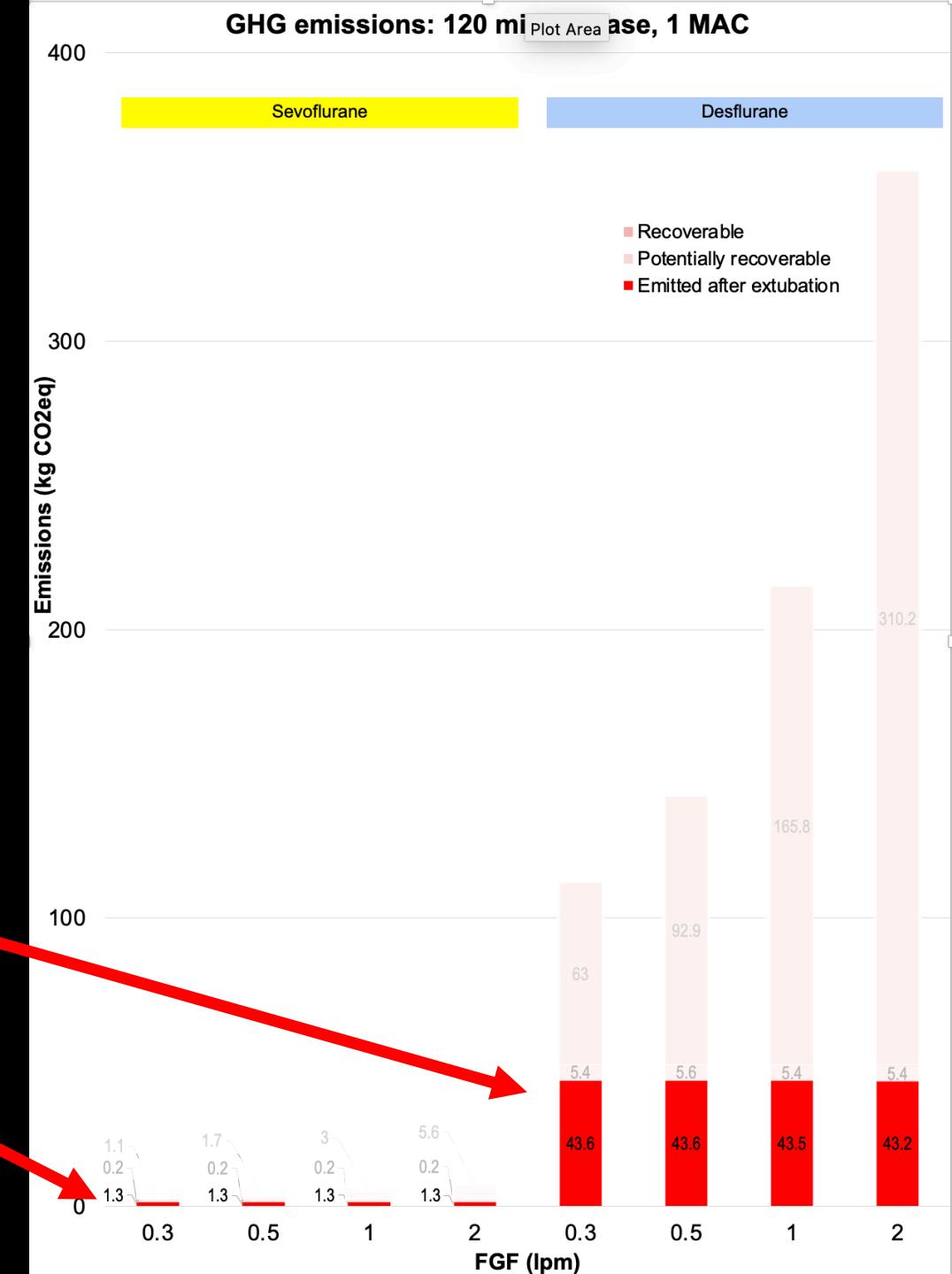
Ne capture pas les halogénés administrés qui restent dans le patient au moment de son extubation

Gas Man, v. 4.2

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

Émissions de GES
associées aux halogénés
non-récupérables expirés
après l'extubation

Paquin-Lanthier et Williams, 2023



2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

Technologie investiguée au CHUM

 INFO

À la une En bref En continu ICI RDI Vidéos | Mon fil In

Le CHUM s'est aussi équipé d'un module qui capte le gaz anesthésique avant qu'il ne s'échappe par la cheminée de l'hôpital.



Blue-Zone Technologies
SUSTAINABLE ANESTHESIA RECOVERY™

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

EJAIC

Eur J Anaesthetol Intensive Care Med 2023; 1:1(e00001)

OPEN

SHORT SCIENTIFIC REPORT

Cost-effectiveness of greenhouse gas emission reductions with desflurane and sevoflurane waste gas recovery

A computer simulation study

Stephan Williams, Gabriel Paquin-Lanthier and Laurelie Perret

Table 1 Cost per CO₂eq ton of avoided greenhouse gas emissions

| Daily cost per OR of HAG waste gas recovery system (\$) | Sevoflurane | Desflurane |
|---|-------------------|-----------------|
| 1 | 178.57\$ per ton | 2.53\$ per ton |
| 2 | 357.14\$ per ton | 5.06\$ per ton |
| 5 | 892.86\$ per ton | 12.65\$ per ton |
| 10 | 1785.70\$ per ton | 25.30\$ per ton |

CO₂eq, equivalent amount of carbon dioxide needed to produce same warming effect; HAG, halogenated anaesthetic gas; OR, operating room.

EFFICACITÉ RECAPTURE EN PRATIQUE AU CHUM + MUHC:

~1%!

Can J Anesth/J Can Anesth
<https://doi.org/10.1007/s12630-024-02842-x>



Total Anes
Agent Colle

Ineffectiveness of a point-of-care waste anesthetic gas recovery system

*Total eCO₂ Pre

Stephan Williams, MD, PhD · Gabriel Paquin-Lanthier, MD, FRCPC

Number of Trees
required to be planted
each year near-by to
offset Emissions¹



8X

6-12 arbres¹

1. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references#seedlings>
<https://treecanada.ca/plant-with-us/get-involved/>

2. RÉDUIRE EMISSIONS GES EN ANESTHÉSIE:

2.1 BAS DÉBIT

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

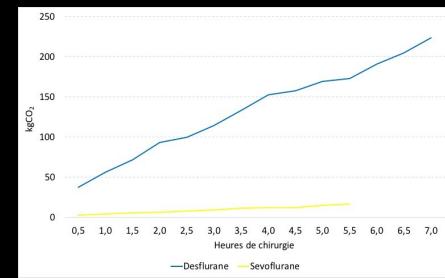
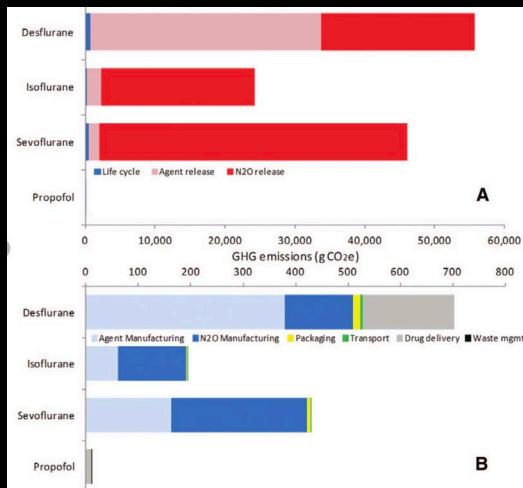
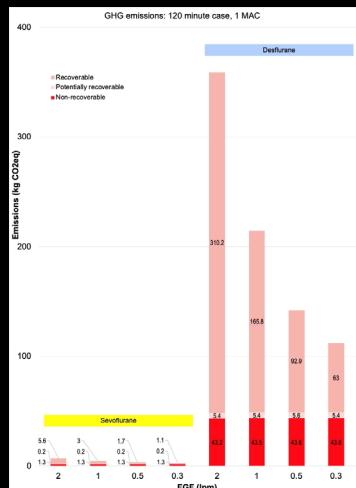
2.3 CHOIX D'AGENT INHALÉ

2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE/RÉGIONALE

2.3: CHOIX D'AGENT INHALÉ

À DÉBIT ET MAC IDEM:

Sevoflurane 97% moins effet serre que desflurane/N₂O¹



1. Anesth Analg 2012;114:1086 –90
2. Couture et al, abstract SFAR, 2020
3. Paquin et Williams, en préparation

2.3: CHOIX D'AGENT INHALÉ

Adverse respiratory events with sevoflurane compared with desflurane in ambulatory surgery

A systematic review and meta-analysis

Chen, Wei-Shan^{*}; Chiang, Min-Hsien^{*}; Hung, Kuo-Chuan; Lin, Kai-Lieh; Wang, Chih-Hsien; Poon, Yan-Yuen; Luo, Sheng-Dean[†]; Wu, Shao-Chun[†] [Author Information](#) ☰

European Journal of Anaesthesiology: December 2020 - Volume 37 - Issue 12 - p 1093-1104
doi: 10.1097/EJA.0000000000001375

Personnes agées
Obèses morbides
Apnée sommeil obstructive...

Complications
Agitation à l'émergence
Nausées
Congé SDR
Dysfonction cognitive...

PAS DE DIFFÉRENCE...

BJA
British Journal of Anaesthesia

EDITORIAL | VOLUME 125, ISSUE 6, P852-856, DECEMBER 01, 2020

Desflurane in modern anaesthetic practice: walking on thin ice(caps)?

Clifford L. Shelton ☰ • Rebecca Sutton • Stuart M. White

A randomized trial of desflurane or sevoflurane on postoperative quality of recovery after knee arthroscopy

Stuart Boggett ☰, Jared Ou-Young ☰, Johan Heiberg ☰, Richard De Steiger ☰, Martin Richardson ☰, Zelda Williams ☰, Colin Royse ☰ ☰

Published: August 5, 2019 • <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220733>

Retrospective Evaluation of Patients who Underwent Laparoscopic Bariatric Surgery

Bahattin Tuncali¹, Yonca Özvardar Pekcan¹, Asude Ayhan¹, Varlik Erol², Tuğba Han Yılmaz², Zeynep Kayhan¹

Affiliations + expand

PMID: 30140537 PMCID: [PMC6101715](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6101715/) DOI: [10.5152/TJAR.2018.72687](https://doi.org/10.5152/TJAR.2018.72687)

A comparison of postoperative respiratory complications associated with the use of desflurane and sevoflurane: a single-centre cohort study

L. Zucco, P. Santer, N. Levy, M. Hammer, S. D. Grabitz, S. Nabel, S. K. Ramachandran ☰

First published: 03 August 2020 | <https://doi.org/10.1111/anae.15203> | Citations: 1

Randomized Controlled Trial > *Anaesthesia*. 2021 Jan;76(1):45-53. doi: 10.1111/anae.15236.
Epub 2020 Aug 17.

Impact of short-acting vs. standard anaesthetic agents on obstructive sleep apnoea: a randomised, controlled, triple-blind trial

E Albrecht¹, V Bayon², C Hirotsu², R Heinzer²

Postoperative Cognitive Dysfunction in the Elderly: A Review Comparing the Effects of Desflurane and Sevflurane

Rahmah Alalawi, Nusrath Yasmeen

PMID: 30236581 DOI: [10.1016/j.jopan.2017.04.009](https://doi.org/10.1016/j.jopan.2017.04.009)

AUTRES JURIDICTIONS

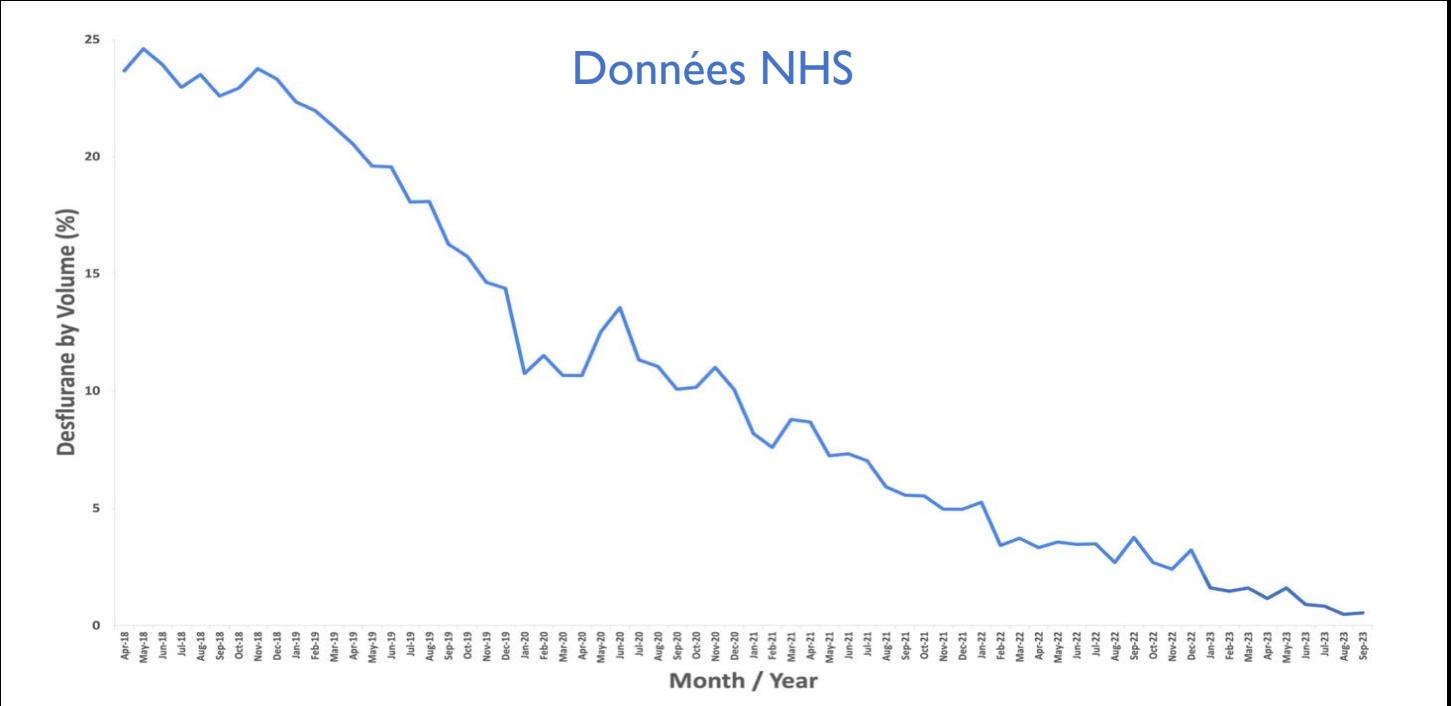
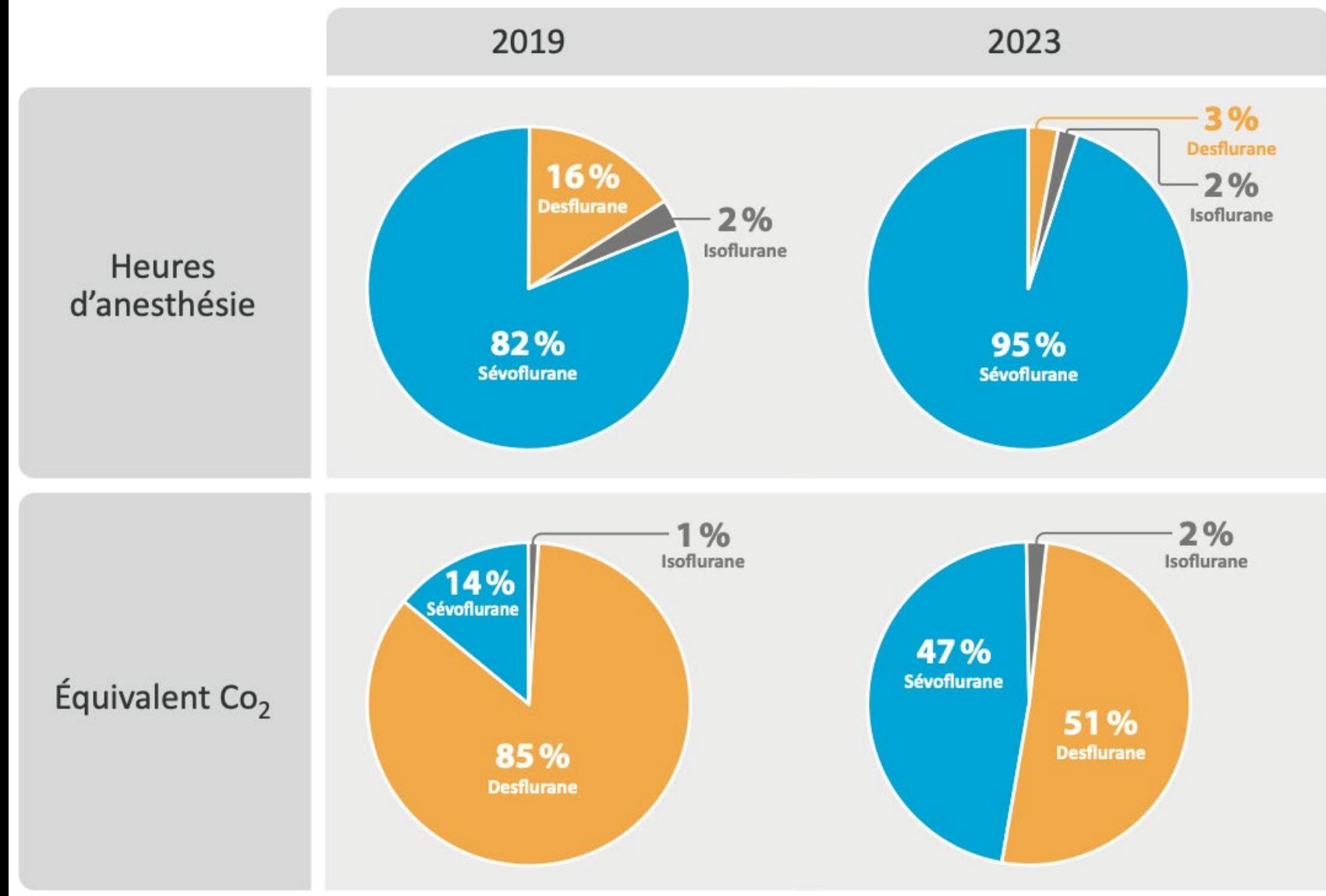


Figure 2. Impact de l'utilisation du desflurane en 2019 et 2023 sur l'empreinte carbone des anesthésies par inhalation*



AUTRES JURIDICTIONS

The screenshot shows a news article from the euronews.green website. The header includes the site's logo and navigation links for NEWS, CLIMATE, NATURE, LIVING, ECO-INNOVATION, and SERIES. Below the header, a breadcrumb trail shows the user has navigated from the homepage to the Green category and then to Climate. The main headline reads: "Scotland becomes the first country to ban the high-emissions anaesthetic desflurane".

euronews.green NEWS CLIMATE NATURE LIVING ECO-INNOVATION SERIES ▾

Home > Green > Climate

Scotland becomes the first country to ban the high-emissions anaesthetic desflurane

The screenshot shows a page from the NHS England website. The header features the NHS England logo. Below the header, there are navigation links for About us, Our work, Commissioning, Get involved, and Coronavirus. The main content area displays publication and update dates (26 March, 2024 and 27 March, 2024 respectively), a category link for Healthcare science, and a large section title: "Guidance: Desflurane decommissioning and clinical use".

NHS
England

About us Our work Commissioning Get involved Coronavirus

Date published: 26 March, 2024
Date last updated: 27 March, 2024

[Healthcare science](#)

Guidance: Desflurane decommissioning and clinical use

AUTRES JURIDICTIONS

European Parliament
2019-2024

TEXTS ADOPTED

P9_TA(2024)0002
Fluorinated gases regulation

(27) *When desflurane is used as inhalation anaesthetic, that very potent greenhouse gas is released. In light of the availability of less potent alternatives, the use of desflurane should be permitted only where alternatives cannot be used for medical grounds. Where the derogation to permit its use applies, desflurane should, like all other gases, be captured, and the healthcare institution should keep evidence on the medical justification.*

AUTRES GRANDS CENTRES CANADIENS

Vancouver General (plus gros dept d'anesthésie au Canada):
desflurane complètement retiré (Dr Piere Guy comm. pers.)

Toronto 2023: 12/13 hôpitaux ont complètement retiré desflurane (A Rao comm. pers.)

Mtl: desflurane retiré CIUSSS du Nord, Ouest, Centre-Sud, Est-de-L'Île, CUSM



COMITÉ PHARMACO CUSM

médicaments du CUSM. Cette initiative était motivée par l'impact environnemental significatif du

Après une évaluation minutieuse et en s'assurant qu'aucun groupe de patients ou situation clinique ne

département de Pharmacie accepte et accueille cet effort pour diminuer l'empreinte écologique du

esflurance des salle d'opérations (tous les sites)

disponible jusqu'à

2.3: CHOIX D'AGENT INHALÉ

Stratégie « Tout sevo »: avantages

Diminution **très importante** des émissions de GES

Diminution **très importante** des coûts associés aux agents inhalés

Diminution **très importante** des coûts associés à compenser émissions GES

À volume de stocks égaux, autonomie institutionnelle 2.5 X plus longue en cas de pénurie

3 fabricants alors peu de chance de « BO »

2.3: CHOIX D'AGENT INHALÉ

Stratégie « Tout sevo »: désavantages

- Dose 0.7 MAC + agents IV à faible dose/ultra-courte durée d'action nécessaire dans longs cas pour émergence rapide et moins sédation dans le premier 30 minutes post-arrêt gaz
- Conserve tous les désavantages des agents inhalés:

Pro-nauséueux dose-dépendant¹

Elimination prolongée par exhalation avec exposition mesurable du personnel aux effets inconnus à long terme²³

Hyperthermie maligne...

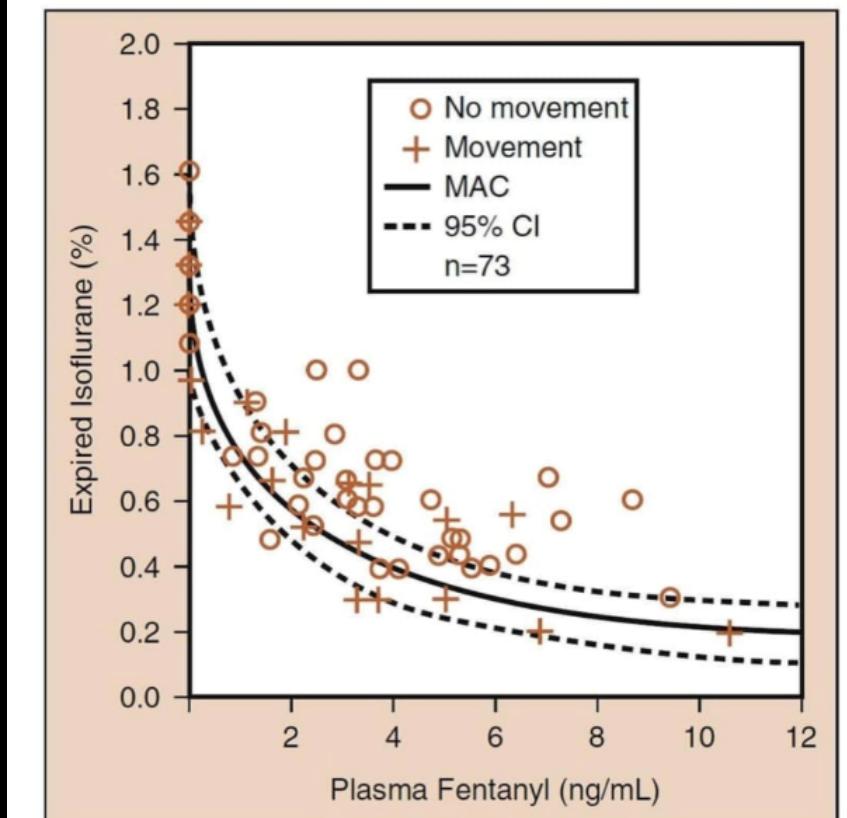


Fig.6 Volatile anesthetic minimum alveolar concentration (MAC) reduction by opioids: the prototype example of isoflurane and fentanyl. The solid curve is MAC; the dotted curves are the 95% confidence intervals (CIs) (see text for details). (Adapted from McEwan AI, Smith C, Dyar O, et al. Isoflurane minimum alveolar concentration reduction by fentanyl. Anesthesiology. 1993;78:864-869, used with permission.)

1. Anesth Analg. 2020 Aug;131(2):411-448.

2. Int Arch Occup Environ Health 2018;91:349-359

3. AORN J 2010: doi: 10.1016/j.aorn.2009.10.022

2. RÉDUIRE EMISSIONS GES EN ANESTHÉSIE:

2.1 BAS DÉBIT

2.2 CAPTURE/DESTRUCTION GAZ A/N ANTI POLLUTION

2.3 CHOIX D'AGENT INHALÉ

2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE/RÉGIONALE

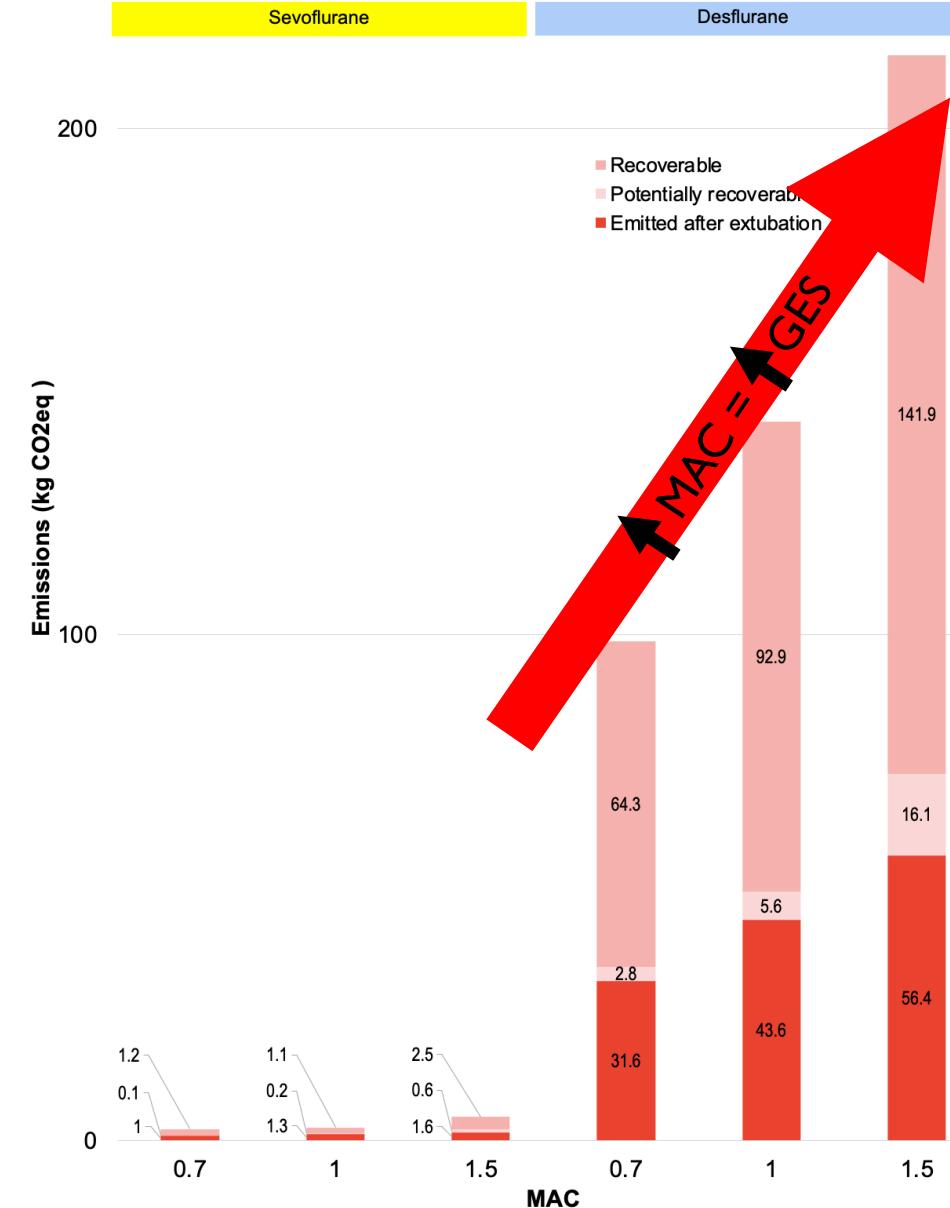
2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE / RÉGIONALE

GES émis sont directement proportionnels à la dose d'agent inhalé administrée

En balançant notre anesthésie avec des agents iv, les émissions de GES associées diminueront proportionnellement à l'épargne d'agent inhalé

Paquin-Lanthier et Williams, 2023

GHG emissions: 120 minute case, FGF 0.5 lpm



2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE/RÉGIONALE

2. Stratégie TIVA/Anesthésie régionale

Élimination des agents inhalés de nos anesthésies

=

99-99.9% moins de GES vs desflurane/N₂O^{1,2}

1. Anesth Analg 2012;114:1086 –90

2. ACS Sustainable Chem. Eng. 2019, 7, 6580–6591

OUI MAIS...

GES ÉMIS AUSSI PENDANT:

- PRODUCTION?
- TRANSPORT?
- ADMINISTRATION (POMPES)?
- TUBULURES?
- EMBALLAGES?
- MATÉRIEL?
- ETC???

Analyse du cycle de vie des médicaments en anesthésie:

Production, emballage, transport, administration, destruction

100-1000 X MOINS effet serre

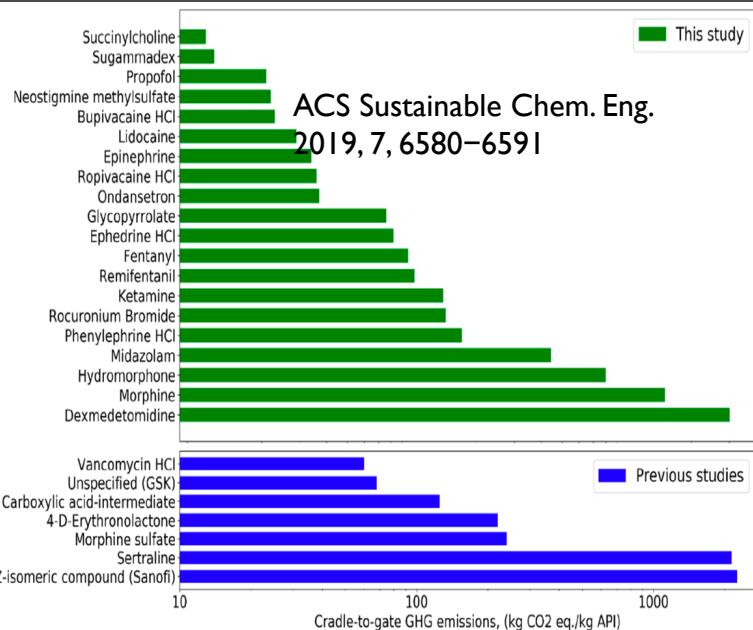


Figure 3. (Top) Cradle-to-gate GHG emissions per kg drug for 20 injectable drugs used in anesthesia care, (Bottom) cradle-to-gate GHG emissions per kg API/intermediate from previous studies.

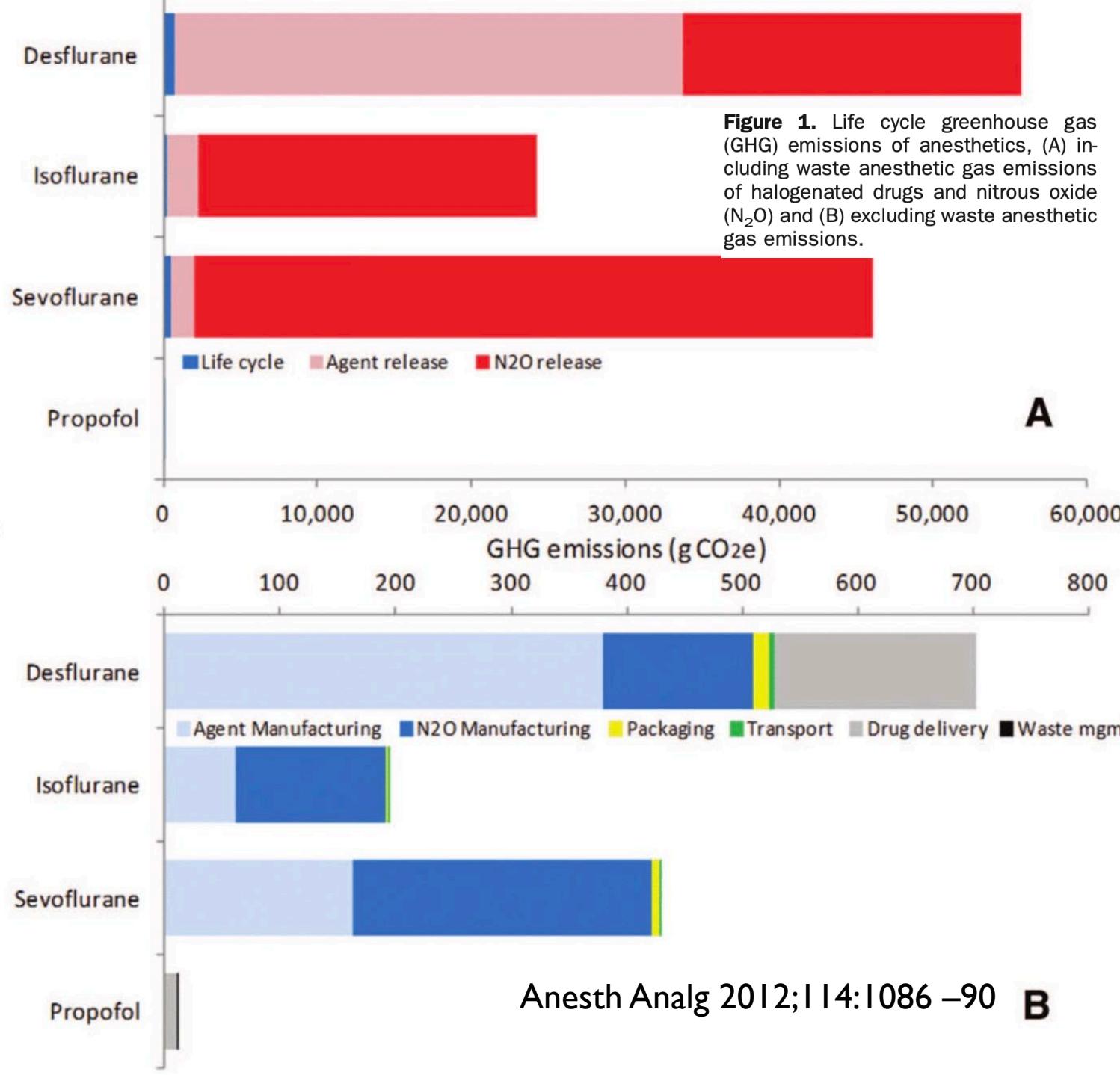


Figure 1. Life cycle greenhouse gas (GHG) emissions of anesthetics, (A) including waste anesthetic gas emissions of halogenated drugs and nitrous oxide (N₂O) and (B) excluding waste anesthetic gas emissions.

Anesth Analg 2012;114:1086–90

A

B

'Green-gional' anesthesia: the non-polluting benefits of regional anesthesia to decrease greenhouse gases and attenuate climate change

Mausam Kuvadia,^{1,2} Cynthia Eden Cummis,³ Gregory Liguori,¹

Christopher L Wu  ¹

Reg Anesth Pain Med 2020;0:1–2.
doi:10.1136/rapm-2020-101452

ANESTHESIOLOGY

Carbon Footprint of General, Regional, and Combined Anesthesia for Total Knee Replacements

Forbes McGain, F.A.N.Z.C.

Nicole Sheridan, F.A.N.Z.C.

Kasun Wickramarachchi,

Simon Yates, M.D., Brandon Chan, M.B.B.S.,

Scott McAlister, B.Sc., P.grad., Dip.Sci., M.Eng.Sci.

ANESTHESIOLOGY 2021; 135:976–91

Conclusions: All anesthetic approaches had similar carbon footprints (des-

flurane and nitrous oxide were not used for general anesthesia). Rather than

Editorial

Abandoning inhalational anaesthesia

S. M. White¹ and **C. L. Shelton²**

1 Consultant, Department of Anaesthesia, Sussex University Hospitals NHS Trust, Brighton, East Sussex, UK

2 Consultant, Department of Anaesthesia, Wythenshawe Hospital, Manchester University NHS Foundation Trust, Manchester, UK

Correspondence to: S. White

Email: stuart.white6@nhs.net

Accepted: 20 August 2019

Keywords: anesthesia, inhalation; adverse effects; anesthesia, toxicity; air pollutants, environmental

Twitter: @DrCliffShelton

2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE/RÉGIONALE

Avantages stratégie TIVA/régionale:

Méta-analyse + consensus NVPO récents: outcomes patients (nausées, satisfaction) favorables TIVA propofol vs agents inhalés^{1,2}

Simplifie ++ gestion/exposition déchets pharmaceutiques vs agents inhalés^{3,4}

Peu coûteux: propofol 5.45\$/100ml, bopi 0.5% 2.75\$/20ml⁵

Économies 2aires +++: chaux sodée, système antipollution, Rx nausées, temps SDR, compensation émissions GES...



1. Anesth Analg 2020;131:411-28
2. BMC Anesthesiology 2018; 18:162
3. Int Arch Occup Environ Health 2018;91:349-359
4. AORN J 2010; doi: 10.1016/j.aorn.2009.10.022
5. Pharmacie CHUM

2.4 ANESTHÉSIE INTRAVEINEUSE/RÉGIONALE

Désavantages stratégie tout TIVA/régionale:

Régionale:

applicabilité/acceptabilité pas universelle

AG en plan B doit toujours être disponible

TIVA:

Différences pharmacocinétiques/pharmacodynamiques entre les patients + absence de mesure directe de la concentration au site effecteur...fait que analyse EEG utile +++ pour émergences fiables et rapides (13\$/patient + 0.05 kg GES)

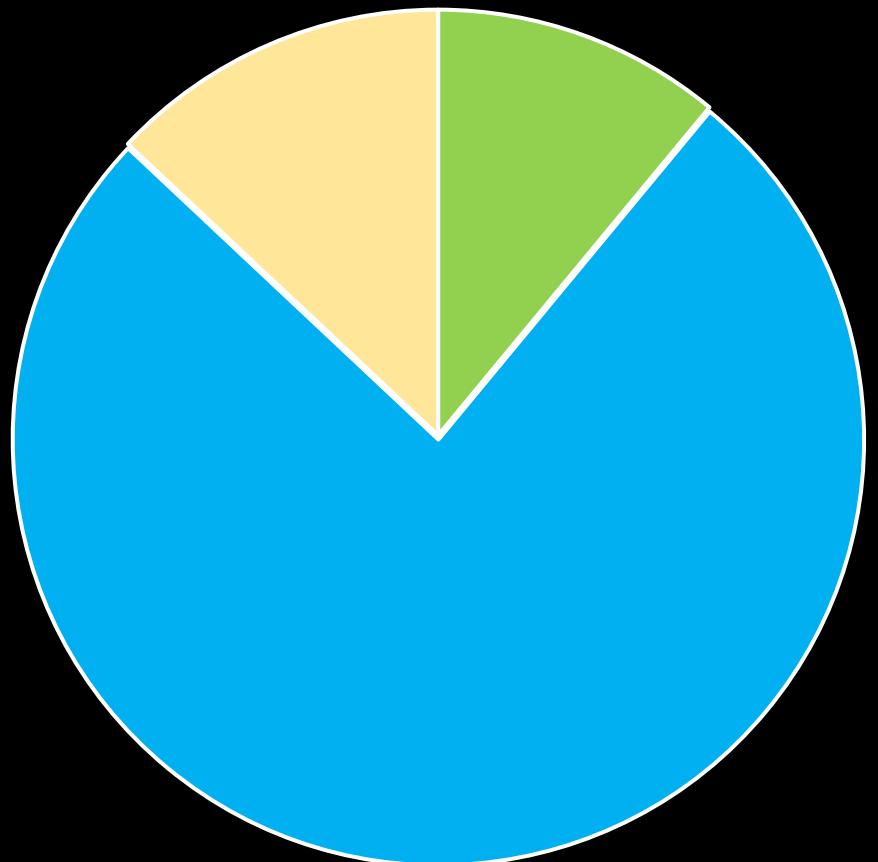


Diminution émissions gas anesthésiques CHUM

- 2017-2022... série de présentations scientifiques au dept
- 2017-2022... évolution choix d'agents pour AG
- 2017: NCHUM avec nouvelles stations qui dim. +++ consommation gaz halogénés
- 2020: comité résilience qui mesure GES émis par dept
- 2021: mise à jour stations pour améliorer ++ performance à bas débit
- 2021: premières pompes pour AIVOC
- 2022: recapture gaz anesthésiques
- 2022: fermeture rampe N₂O
- 2022: pompe AIVOC + monitoring EEG dans chaque SOP
- 2024: arrêt recapture (inefficace)

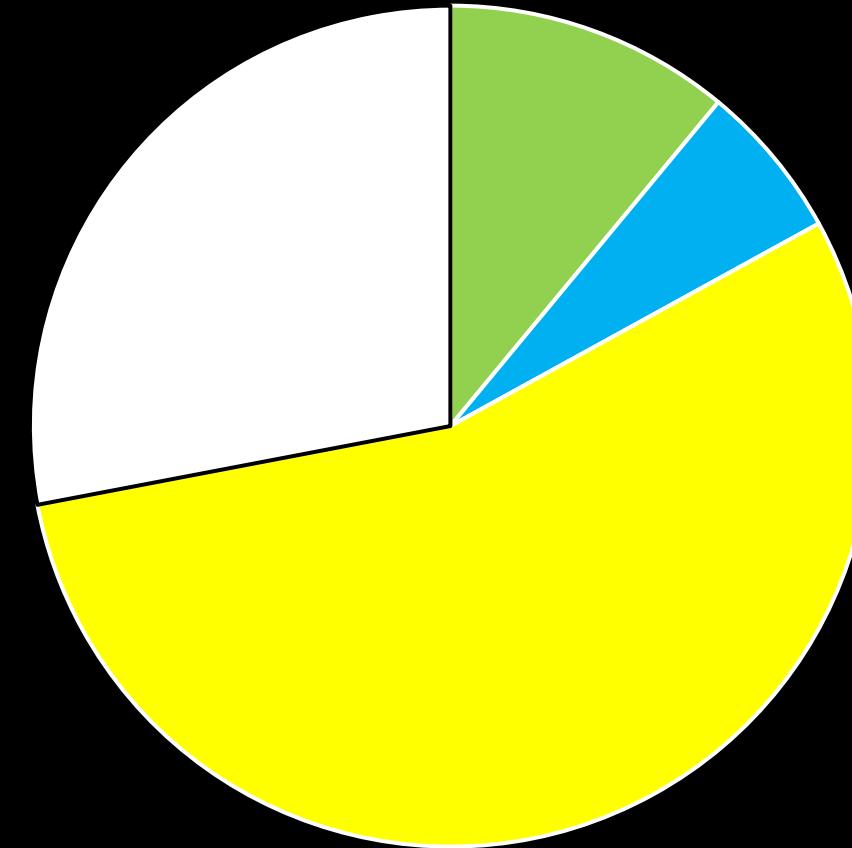
Choix d'anesthésie au CHUM

2017



- Régionale
- Générale avec desflurane
- Générale autre

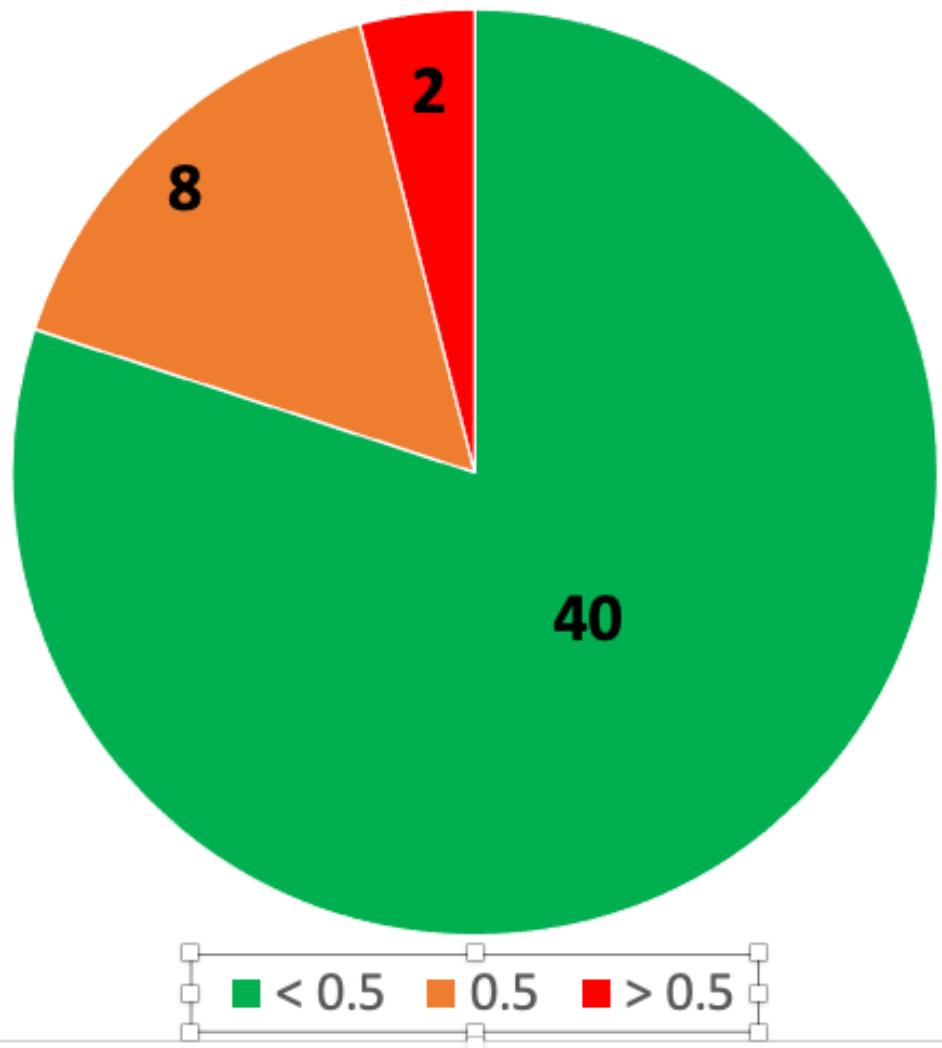
2024



- Régionale
- Générale avec desflurane
- Générale avec sevoflurane
- Générale avec propofol

DGFs CHUM 2024

DGF visé par FetCible avec halogénés (lpm)

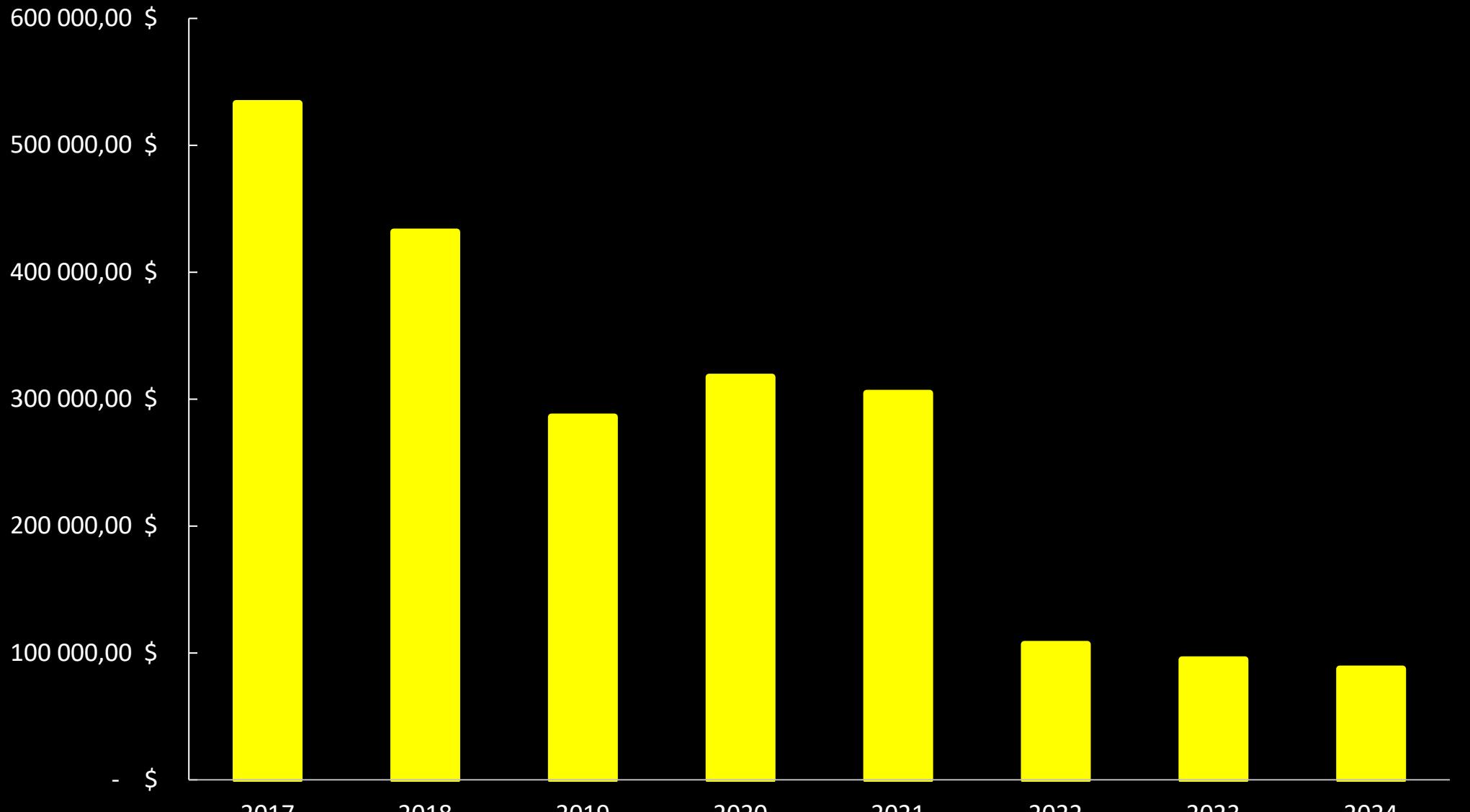


8/50 laissent à 0.5 lpm (valeur par défaut)

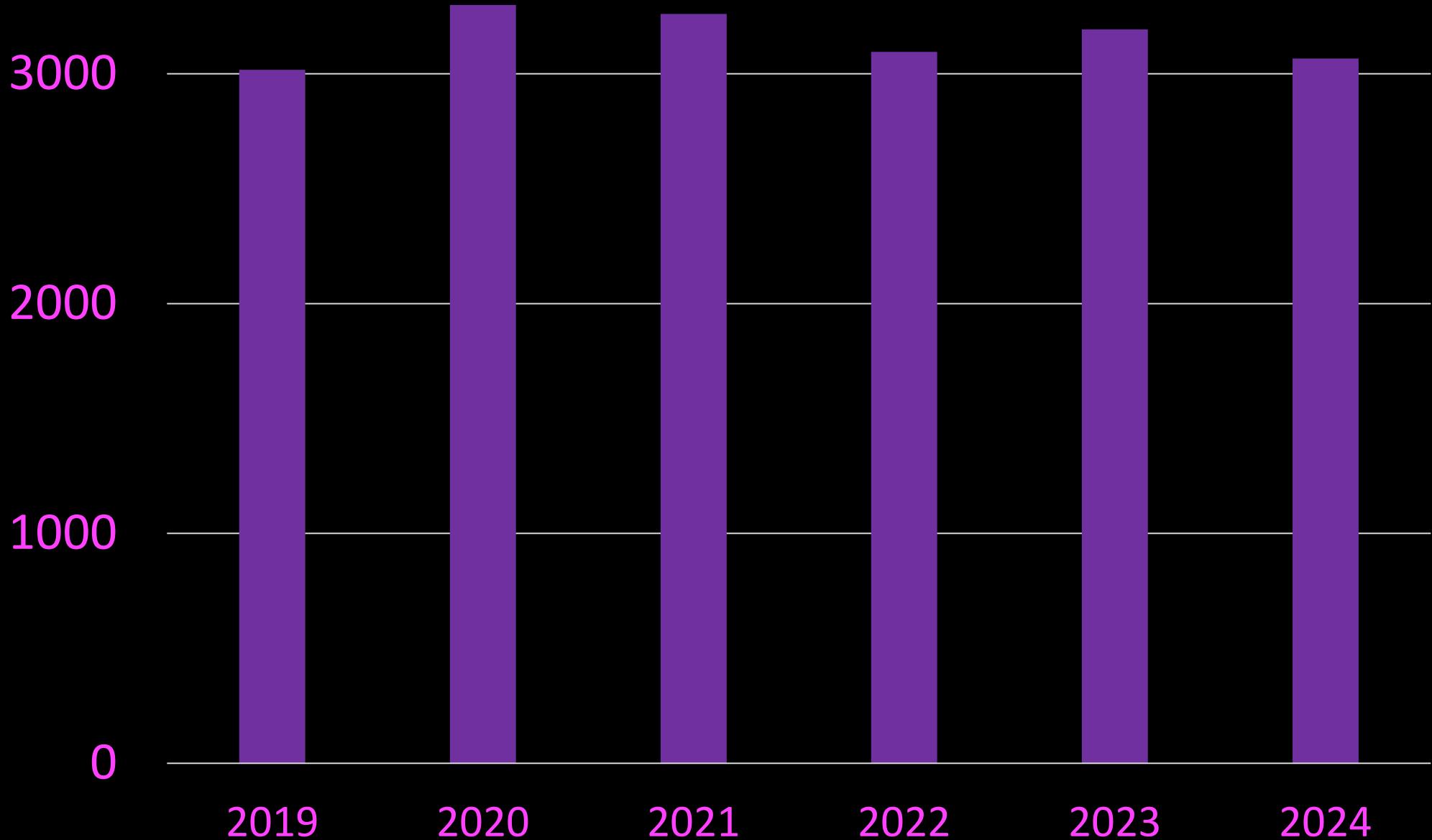
La vaste majorité font l'effort de diminuer DGF

2/50 avaient augmentés DGF

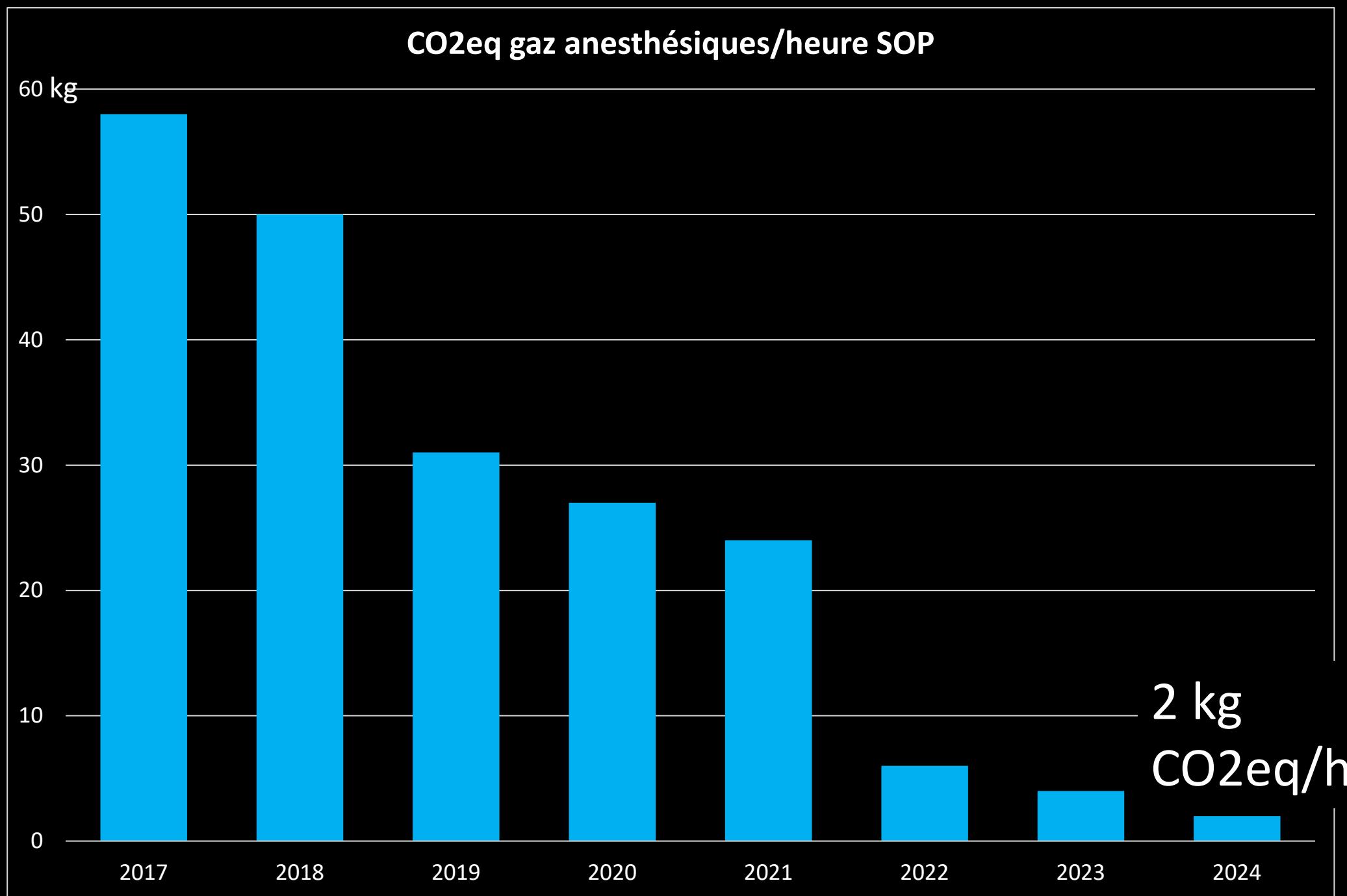
Coûts N2O + halogénés CHUM



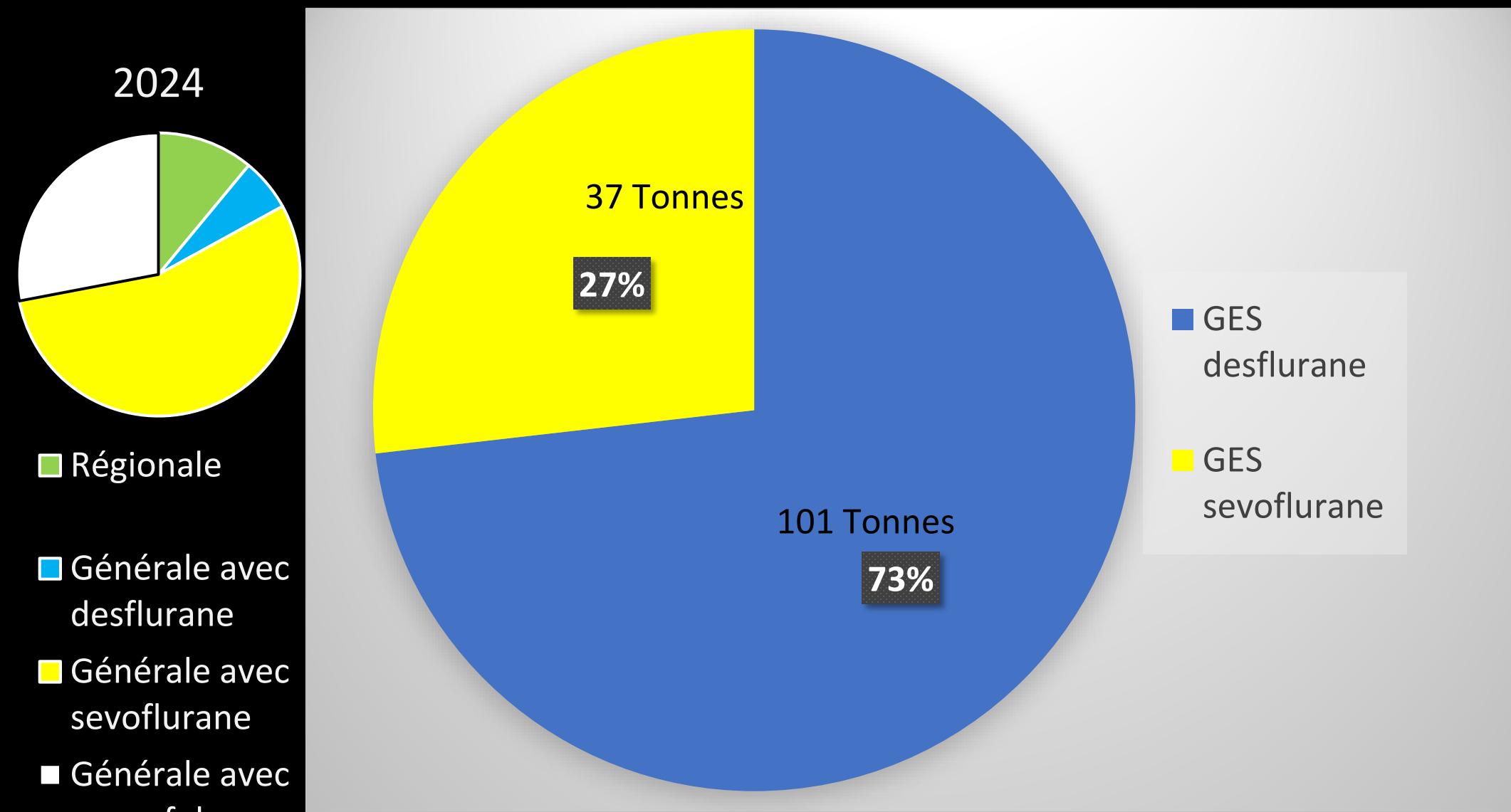
Caniss de Chaux: inchangé



CO2eq gaz anesthésiques/heure SOP



EMISSIONS GES HALOGÉNÉS CHUM 2024 (CO₂eq)



Diminution émissions gas anesthésiques CHUM

2025+: si desflurane retiré du formulaire des établissements (INESSS)...

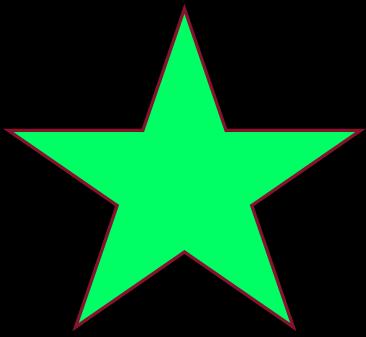
|50 → 40 tonnes CO₂eq/an envisageable

(réduction 99% vs 2017 sans compromis pour la qualité ou quantité des soins)



RÉSUMÉ

CRISE CLIMATIQUE

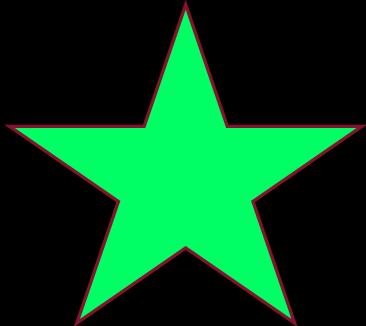


Réchauffement extrême et destructeur de la Terre par l'humain
causé par l'accumulation de GES dans l'atmosphère

La sévérité de la crise climatique sera proportionnelle à nos émissions de GES

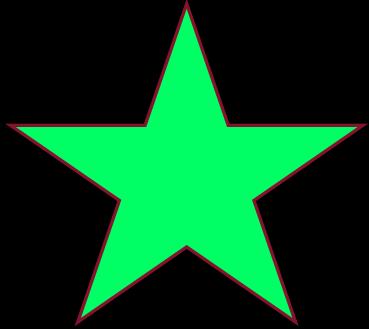
SOLUTION CRISE CLIMATIQUE: CARBONEUTRALITÉ

Dans chaque sphère d'activité humaine:



1. Mesurer émissions GES
2. Diminuer au maximum émissions GES, dans un échéancier compatible avec la science du climat
3. Compenser émissions résiduelles GES

ANESTHÉSIE CARBONEUTRE ET AGENTS INHALÉS



Réduction des DGF et récupération efficace des gaz anesthésiques: **BONS OUTILS** de réduction de GES...mais ne permettent pas seuls d'atteindre carboneutralité à faible \$

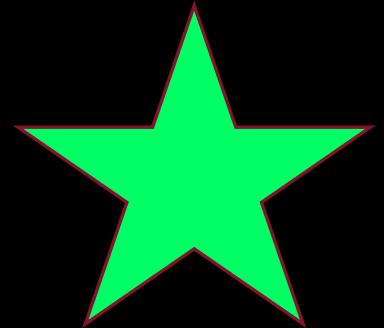
ANESTHÉSIE CARBONEUTRE ET AGENTS INHALÉS

Carboneutralité à faible \$ seulement en substituant desflurane et N₂O par:

sevoflurane

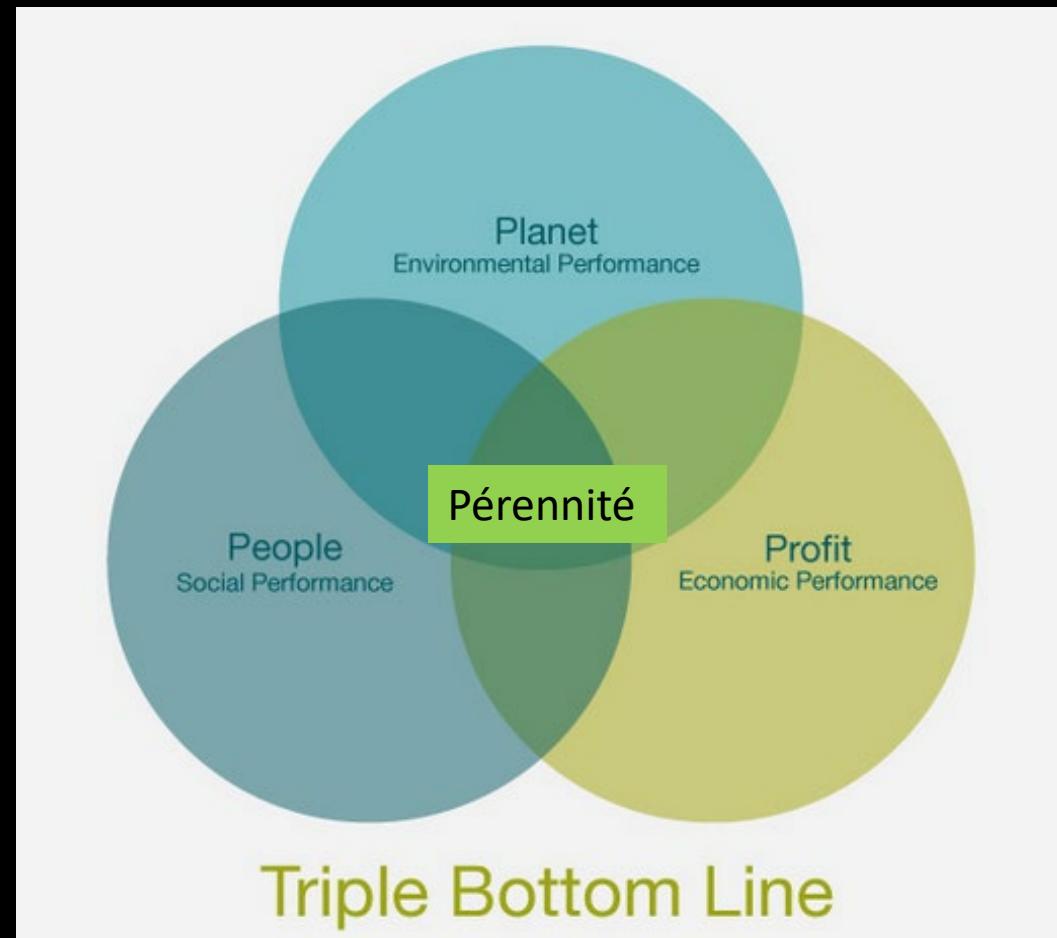
anesthésie régionale

anesthésie générale avec agents intraveineux



ANESTHÉSIE CARBONEUTRE ET AGENTS INHALÉS

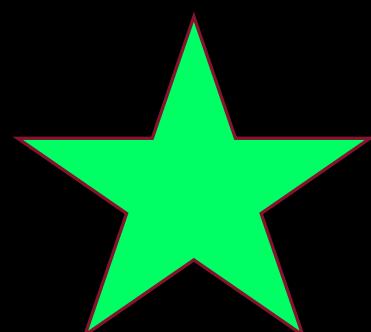
La mise en œuvre de stratégies de décarbonation de l'anesthésie génère des économies \$ importantes ET impacts cliniques positifs pour nos patients



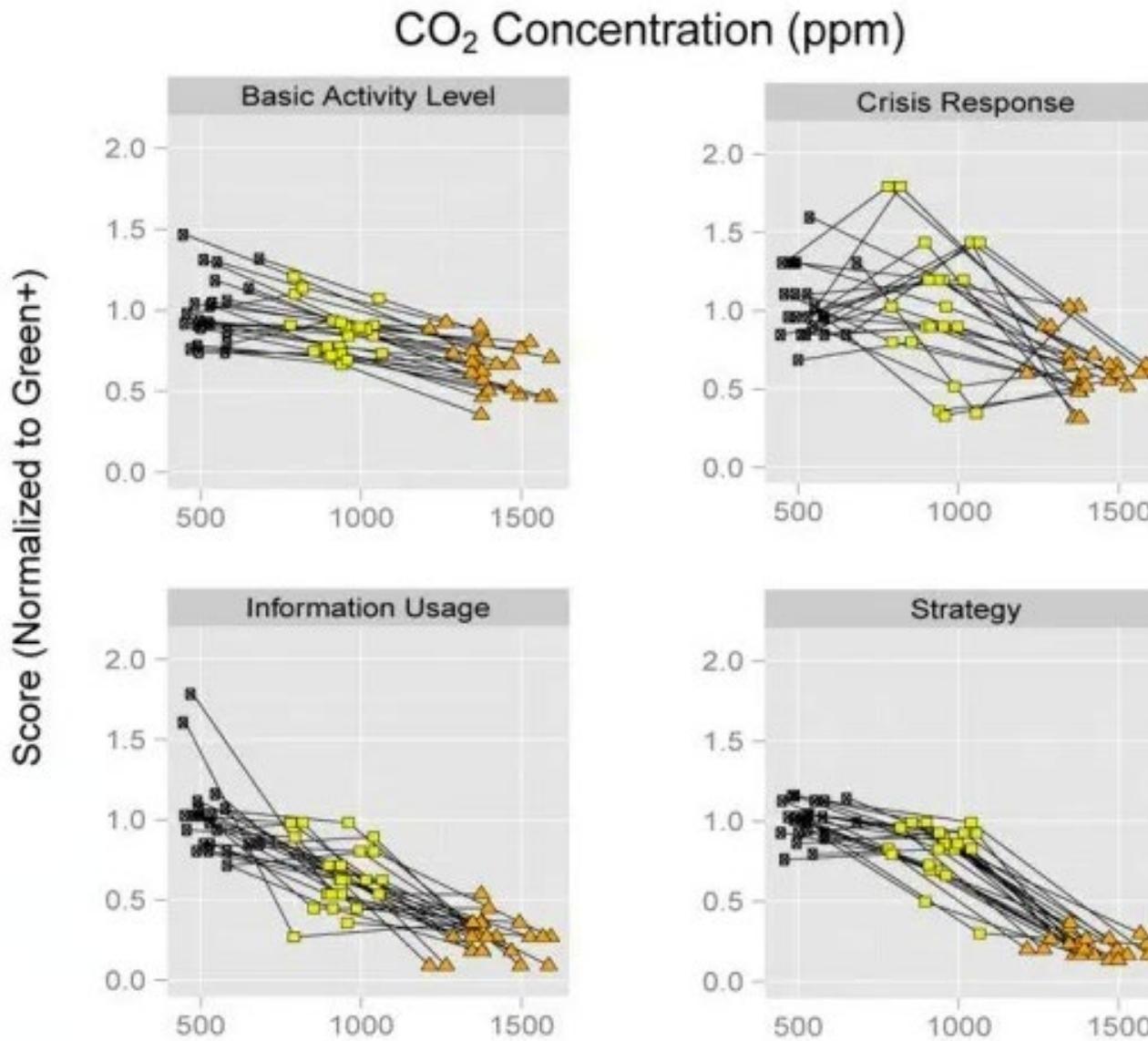
MERCI ET QUESTIONS

| INSCRIVEZ VOS NOMS ICI | SIMULATION SEVOFLURANE | | | | | | | | | | SIMULATION DESFLURANE | | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------|-------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|------------------|---|---|----------|-----------------------|-----------------|---|--------------------------------|--------------------------------|------------------|---|--|--|--|
| | Time | Uptake (ml) | Delivered (ml) | Pourcentage de votre gaz sorti direct de la cheminée de l'hôpital | Minutes pour atteindre 0.2 MAC | Minutes pour atteindre 0.1 MAC | Uptake à 0.1 MAC | Pourcentage de votre gaz qui sera exhalé dans les prochains jours par votre patient | Compartiment où le sevo demeure le plus élevé | Time | Uptake (ml) | Delivere d (ml) | Pourcentage de votre gaz sorti direct de la cheminée de l'hôpital | Minutes pour atteindre 0.2 MAC | Minutes pour atteindre 0.1 MAC | Uptake à 0.1 MAC | Pourcentage de votre gaz qui sera exhalé dans les prochains jours par votre patient | Compartiment où le desfumeur demeure le plus élevé | | |
| Sébastien Pelletier, Samuel Thibault | 4:00:15 | 8.64 | 19.18 | 55 | 6 | 17 | 7.91 | 41 | MUS | 4:00:22 | 17.09 | 89.55 | 81 | 6 | 15 | 15.38 | 17 | MUS | | |
| Mathieu Courchesne | 4:00:14 | 9.07 | 20.26 | 55 | 6 | 18 | 8.28 | 41 | MUS | 4:00:23 | 17.64 | 92.94 | 81 | 6 | 15 | 15.82 | 17 | MUS | | |
| Roy Kazan, Charles Boudreau, Alexandre Kuftejian, Tahir El Meskine | 4:00:01 | 9.02 | 20.13 | 55 | 6 | 18 | 8.23 | 41 | MUS | 4:00:03 | 17.59 | 92.62 | 81 | 6 | 15 | 15.67 | 17 | MUS | | |
| Louis-Philippe Moreau | 4:00:57 | 8.73 | 19.42 | 55 | 7 | 18 | 7.98 | 41 | MUS | 4:00:14 | 8.51 | 44.58 | 81 | 9 | 23 | 7.41 | 17 | MUS | | |
| Maria Monica Artundua, Vincent Duchesne, Marie-Odile Francoeur, Joëlle McGraw, Nada Khelifi | 4:00:28 | 8.87 | 19.78 | 55 | 6 | 17 | 8.12 | 41 | MUS | 4:00:00 | 17.47 | 91.77 | 81 | 6 | 15 | 15.67 | 17 | MUS | | |
| Nicoli Hébert, Laurence Meloche, Isabelle Lafontaine-Trudel | 4:00:27 | 8.57 | 15.06 | 43 | 6 | 17 | 7.92 | 53 | MUS | 4:00:14 | 8.38 | 34.2 | 75 | 6 | 15 | 7.53 | 22 | MUS | | |
| Ariane Jalbert, Hugo Langlois, Trystan Gadbois, Marc Leclerc | 04:00:40 | 8.61 | 19.22 | 55 | 8 | 20 | 7.91 | 41 | MUS | 04:00:26 | 8.4 | 44.1 | 81 | 6 | 15 | 7.53 | 17 | MUS | | |
| Anne-Élisabeth Chartier, Renay Poupart, Victoria Courgeon | 4:00:11 | 9.22 | 18.56 | 50 | 4 | 22 | 7.12 | 38 | MUS | 4:00:02 | 17.89 | 94.19 | 81 | 6 | 15 | 16.01 | 17 | MUS | | |
| Cyril Nader | 4:00:02 | 8.7 | 19.41 | 55 | 5 | 17 | 7.93 | 41 | MUS | 4:00:55 | 17.67 | 92.83 | 81 | 6 | 16 | 15.85 | 17 | MUS | | |
| David Lord | 4:00:04 | 8.86 | 19.77 | 55 | 6 | 17 | 8.11 | 41 | MUS | 4:00:12 | 17.45 | 91.75 | 81 | 6 | 15 | 15.66 | 17 | MUS | | |
| Lina Sedraoui | 4:00:18 | 8.74 | 19.23 | 55 | 6 | 17 | 8.15 | 42 | MUS | 4:00:19 | 17.26 | 91.87 | 81 | 6 | 15 | 15.45 | 17 | MUS | | |
| Antoine Tremblay | 4:00:06 | 9.05 | 20.25 | 55 | 6 | 18 | 8.27 | 41 | MUS | 4:00:06 | 17.54 | 92.37 | 81 | 6 | 15 | 15.75 | 17 | MUS | | |
| | | | | #DIV/0! | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | |
| | | | | #DIV/0! | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | |
| | | | | #DIV/0! | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | |
| | | | | #DIV/0! | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | | | | #DIV/0! | | |
| CORRIGÉ S WILLIAMS: je vous encourage fortement à faire au moins 1 fois les simulations avant cours/examen | 4:00:08 | 8.99 | 20 | 55 | 6 | 18 | 8.19 | 41 | MUS | 4:00:04 | 17.9 | 92 | 81 | 6 | 16 | 15.9 | 17 | MUS | | |

| QUESTION 1: EMISSIONS GES SCÉNARIO STANDARD | | | | | QUESTION 2: EMISSIONS GES SCÉNARIO AVEC RÉCUPÉRATION DANS LE SCAVENGING | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---|--|--|
| kgCO2eq anesthésie au sevoflurane | sevo: équivalent en arbres | sevo: coût \$ en arbres pour compenser émissions | kgCO2eq anesthésie au desflurane | des: équivalent en arbres | des: coût \$ en arbres pour compenser émissions | kgCO2eq anesthésie au sevoflurane | sevo: équivalent en arbres | sevo: coût \$ en arbres pour compenser émissions | kgCO2eq anesthésie au desflurane | des: équivalent en arbres | des: coût \$ en arbres pour compenser émissions | | |
| 3.7401 | 0.074802 | \$2.99 | 341.1855 | 6.82371 | \$272.95 | 1.54245 | 0.030849 | \$1.23 | 58.5978 | 1.171956 | \$46.88 | | |
| 3.9507 | 0.079014 | \$3.16 | 354.1014 | 7.08203 | \$283.28 | 1.62460 | 0.032292 | \$1.29 | 60.2742 | 1.205484 | \$48.22 | | |
| 3.92535 | 0.078507 | \$3.14 | 352.8822 | 7.057644 | \$282.31 | 1.60485 | 0.032097 | \$1.28 | 59.7027 | 1.194054 | \$47.76 | | |
| 3.79 | 0.076 | \$3.04 | 169.8 | 3.39 | \$135.60 | 1.56 | 0.03 | \$1.20 | 28.2 | 0.56 | \$22.40 | | |
| 3.8571 | 0.077142 | \$3.09 | 349.6437 | 6.992874 | \$279.71 | 1.5834 | 0.031668 | \$1.27 | 59.7027 | 1.194054 | \$47.76 | | |
| 2.9 | 0.06 | \$2.35 | 130.3 | 2.6 | \$104.24 | 1.5 | 0.03 | \$1.24 | 28.7 | 0.6 | \$22.95 | | |
| 3.7479 | 0.074958 | \$3.00 | 168.021 | 3.36 | \$134.40 | 1.5425 | 0.0308 | \$1.23 | 28.689 | 0.5738 | \$47.54 | | |
| 3.62 | 0.072 | \$2.88 | 358.86 | 7.17 | \$286.80 | 1.38 | 0.028 | \$1.12 | 60.99 | 1.2 | \$48.00 | | |
| 3.78 | 0.0756 | \$3.02 | 353.6823 | 7.073646 | \$282.95 | 1.5518 | 0.03103 | \$1.24 | 60.125991 | 1.202519 | \$48.10 | | |
| 3.855 | 0.0771 | \$3.08 | 349.568 | 6.99 | \$279.60 | 1.58 | 0.0316 | \$1.26 | 59.66 | 1.193 | \$47.720.00 | | |
| 3.7865 | 0.077384 | \$3.10 | 347.4682 | 7.0494 | \$281.98 | 1.5537 | 0.0329 | \$1.32 | 60.362 | 1.21573 | \$48.63 | | |
| 3.94875 | 0.078975 | \$3.16 | 351.9297 | 7.038594 | \$281.54 | 1.61265 | 0.032253 | \$1.29 | 60.0075 | 1.20015 | \$48.01 | | |
| | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | |
| | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | |
| | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | |
| | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | | \$0.00 | | |
| 3.9 | 0.078 | \$3.12 | 350.52 | 7.0104 | \$280.42 | 1.59705 | 0.031941 | \$1.28 | 60.579 | 1.21158 | \$48.46 | | |



How CO₂ Levels Affect Human Cognition

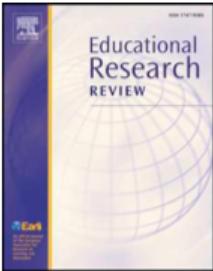


Normalized cognitive function scores by participant and corresponding CO₂ levels in





Contents lists available at ScienceDirect

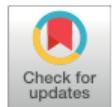


Educational Research Review

journal homepage: www.elsevier.com/locate/edurev

Review

Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension



Pablo Delgado^a, Cristina Vargas^b, Rakefet Ackerman^c, Ladislao Salmerón^{a,*}

^a ERI Lectura and Department of Developmental and Educational Psychology - University of Valencia, Avd. Blasco Ibáñez, 21, 46010, Valencia, Spain

^b Department of Developmental and Educational Psychology - University of Valencia, Avd. Blasco Ibáñez, 21, 46010, Valencia, Spain

^c Faculty of Industrial Engineering & Management, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, 3200003, Israel

ARTICLE INFO

Keywords:

Reading comprehension
Reading media differences
Digital-based reading
Paper-based reading
Meta-analysis

ABSTRACT

With the increasing dominance of digital reading over paper reading, gaining understanding of the effects of the medium on reading comprehension has become critical. However, results from research comparing learning outcomes across printed and digital media are mixed, making conclusions difficult to reach. In the current meta-analysis, we examined research in recent years (2000–2017), comparing the reading of comparable texts on paper and on digital devices. We included studies with between-participants ($n = 38$) and within-participants designs ($n = 16$) involving 171,055 participants. Both designs yielded the same advantage of paper over digital reading (Hedge's $g = -0.21$; $d_c = -0.21$). Analyses revealed three significant moderators: (1) time frame: the paper-based reading advantage increased in time-constrained reading compared to self-paced reading; (2) text genre: the paper-based reading advantage was consistent across studies using informational texts, or a mix of informational and narrative texts, but not on those using only narrative texts; (3) publication year: the advantage of paper-based reading increased over the years. Theoretical and educational implications are discussed.