

# BILAN DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES) 2020-2021



Institut national  
de la recherche  
scientifique

## SOMMAIRE

Ce bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) inclut les émissions directes et indirectes pour la période du 1<sup>er</sup> mai 2020 au 30 avril 2021.

Le bilan couvre les émissions de catégories 1 et 2 (émissions directes et émissions indirectes liées à l'énergie) pour tous les bâtiments détenus et utilisés par l'INRS, à savoir son édifice de Québec, ses laboratoires lourds de Québec, son campus à Laval, son édifice de Montréal, son édifice de Varennes et sa station expérimentale à Sacré-Cœur. L'INRS a émis directement, en 2020-2021, 6 498 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (t éq. CO<sub>2</sub>) pour les catégories 1 et 2. Grâce à ses terrains boisés à Laval, 30 t éq. CO<sub>2</sub> sont séquestrés chaque année, ce qui porte le bilan pour les catégories 1 et 2 à 6 468 t éq. CO<sub>2</sub>.

Les émissions de catégorie 3, à savoir les sources indirectes, ne sont pas encore toutes comptabilisées. Pour le moment, seules les émissions indirectes liées au traitement des eaux usées et à l'énergie utilisée dans les espaces loués (dont l'espace de bureau à Montréal duquel l'INRS est locataire, ainsi que les espaces du campus de Laval et de l'édifice de Québec que l'INRS loue à titre de locateur) sont disponibles. Les émissions indirectes liées aux déplacements professionnels et pendulaires des usagers des campus et les émissions liées à l'approvisionnement seront traitées ultérieurement puisque les données ne sont pas encore disponibles. Les émissions indirectes sont de 1 516 t éq. CO<sub>2</sub> pour 2020-2021.

*Citation suggérée : Institut national de la recherche scientifique (INRS). Recherche et rédaction : Dandois-Fafard, M., Nguenevit, K., Pasquier, L-C., Bée, S. (2023). Bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'INRS 2020-2021. 21 p.*

## Table des matières

SOMMAIRE .....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux .....	ii
Liste des équations.....	ii
Liste des annexes.....	ii
Introduction.....	1
1. Limites du bilan.....	1
1.1 Molécules génératrices de gaz à effet de serre .....	1
1.2 Choix des bâtiments à inclure dans le bilan GES.....	2
1.3 Sources d'émission de GES .....	3
2. Méthodologie de calcul et de quantification des sources provenant des bâtiments.....	6
2.1 Méthodologie générale.....	6
2.2 Consommation de gaz naturel.....	8
2.3 Consommation d'électricité.....	8
2.4 Climatiseurs et halocarbures .....	9
2.5 Émissions liées aux systèmes de combustion mobiles.....	10
2.6 Génératrices.....	11
2.7 Gaz de laboratoire.....	11
2.8 Traitement des eaux usées .....	11
3. Résultats du bilan des émissions de GES.....	13
3.1.Émissions directes et émissions indirectes liées à l'énergie (catégories 1 et 2) .....	13
3.2 Émissions indirectes d'autres sources (catégorie 3).....	14
3.3 Puits et séquestration de carbone .....	15
3.4 Bilan total de l'INRS.....	15
Conclusion .....	16
Références .....	17
ANNEXES.....	19

## Liste des figures

Figure 1: Vue d'ensemble des champs d'application du GHG Protocol et des émissions dans la chaîne de valeur .....	3
Figure 2 : Répartition des émissions de GES de l'INRS pour l'année 2020-2021 ....	14

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des édifices, type d'utilisation et type d'émissions .....	2
Tableau 2 : Sources d'émissions de GES de l'INRS .....	5
Tableau 3 : Émissions directes de l'INRS (catégorie 1 et 2) .....	13
Tableau 4 : Émissions indirectes de l'INRS (catégorie 3) .....	14
Tableau 5 : Inventaire de GES l'INRS pour 2020-2021 .....	15
Tableau 6 : Inventaire de GES l'INRS pour 2020-2021 .....	16

## Liste des équations

Équation 1. Émissions de GES attribuables à des sources de combustion fixes .....	9
Équation 2. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou de climatisation .....	9
Équation 3. Émissions de GES attribuables aux systèmes de combustion mobiles .....	10

## Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des sigles, acronymes et abréviations .....	19
Annexe 2 : Facteurs d'émission selon le MELCC .....	20
Annexe 3 : Incertitudes selon les rubriques de l'INRS .....	21

## Introduction

Parmi les premiers au Canada et au Québec en intensité de recherche, l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) est entièrement consacré à la recherche et à la formation aux cycles supérieurs. Depuis sa création en 1969, l'organisation a toujours misé sur l'interdisciplinarité, l'innovation et l'excellence. L'INRS est composé de quatre centres de recherche et de formation thématiques et interdisciplinaires situés à Québec, Montréal, Laval et Varennes : le Centre Eau Terre Environnement (ETE), le Centre Énergie Matériaux Télécommunications (EMT), le Centre Urbanisation Culture Société (UCS) et le Centre Armand-Frappier Santé Biotechnologie (AFSB). L'administration générale de l'INRS est quant à elle répartie dans différents centres, mais la plupart du personnel est établi au siège social, à Québec. La réalisation de cet inventaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) issues de ses différentes activités s'inscrit dans une démarche de l'INRS visant à réduire au maximum son empreinte écologique et à devenir une université carboneutre.

Ce bilan prend en compte les émissions de GES associées aux différents bâtiments et activités de l'INRS du 1<sup>er</sup> mai 2020 au 30 avril 2021. Pour réaliser cette quantification, les catégories 1 (émissions directes) et 2 (émissions indirectes liées à l'énergie) ont été analysées, ainsi qu'une fraction des émissions de catégorie 3 (émissions indirectes dues à d'autres sources).

Ce premier bilan des émissions de GES de l'INRS a été réalisé par la conseillère en développement durable de l'INRS, Maxine Dandois-Fafard, en se basant sur les travaux de stage des étudiants à la maîtrise professionnelle Kemgang Nguenevit, à l'été 2021, et Simon Bée, à l'été 2020, tous deux sous la supervision du professeur Louis-César Pasquier, ainsi que sur la documentation des gouvernements du Québec et du Canada et du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

## 1. Limites du bilan

### 1.1 Molécules génératrices de gaz à effet de serre

Les principaux GES à prendre en compte lors de l'évaluation des émissions sont ceux qu'utilise le Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (Québec, 2007), à savoir : le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), le trifluorure d'azote (NF<sub>3</sub>), les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbures (PFC).

Du fait de leur identification comme principaux responsables de l'effet de serre, ces différents gaz sont contrôlés par des protocoles et conventions internationaux. Afin de faciliter la lecture du présent rapport, ces gaz seront exprimés en tonne équivalent CO<sub>2</sub> (t éq. CO<sub>2</sub>). Les facteurs de conversion employés dans ce rapport proviennent des données du GIEC les plus récentes (GIEC, 2019).

## 1.2 Choix des bâtiments à inclure dans le bilan GES

Dans un souci de répondre à la norme ISO 14064-1, l'INRS comptabilise ici toutes les émissions ou suppressions de GES issues des installations sur lesquelles elle exerce un contrôle opérationnel et donc « les pleins pouvoirs pour lancer et mettre en œuvre ses politiques d'exploitation au niveau opérationnel ». Cela signifie que tous les bâtiments desquels l'INRS est propriétaire, excluant ceux qu'il loue à des tierces parties, sont pris en compte dans le bilan des catégories 1 et 2. Les émissions liées aux espaces dont l'INRS est propriétaire, mais qu'elle offre en location à des tiers, et aux espaces que l'INRS occupe comme locataire ont été placées dans les émissions indirectes de la catégorie 3 des émissions indirectes. En effet, l'INRS n'a pas le contrôle sur les opérations s'y déroulant ou sur la façon dont les bâtiments sont gérés.

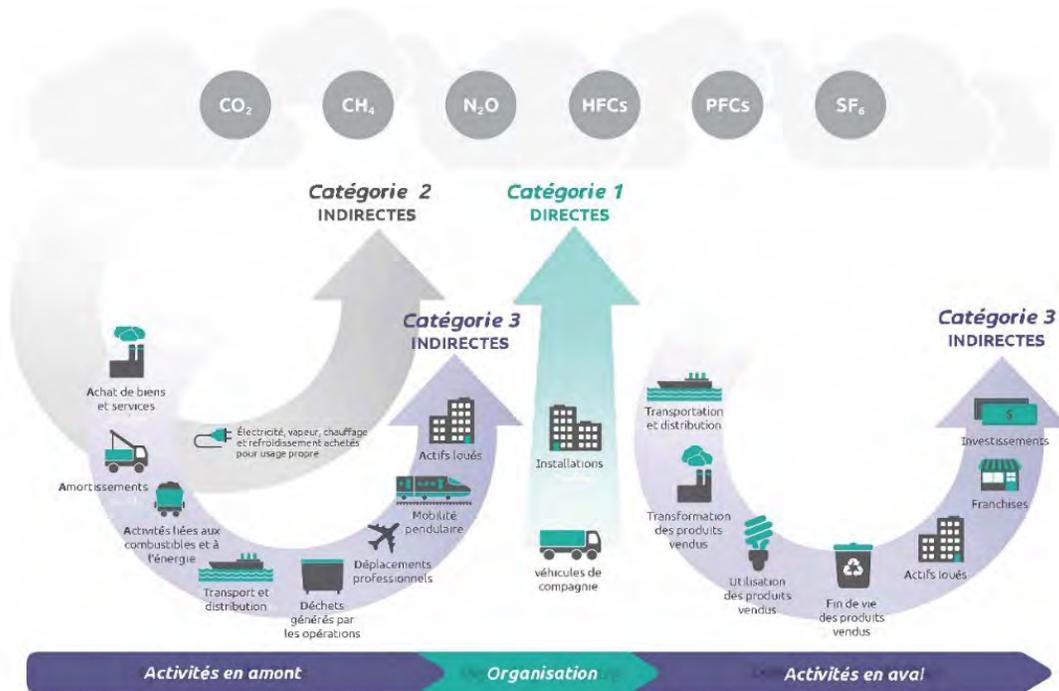
**Tableau 1 : Liste des édifices, type d'utilisation et type d'émissions**

Site	Particularités du site	Profil d'intensité de consommation énergétique selon l'utilisation	Type d'émissions
Campus Laval	14 bâtiments dont :		Directes
	Centre AFSB (40 % du campus)	Très élevée (laboratoires)	
	Laboratoire national de biologie expérimentale (LNBE) (20 % du campus)	Très élevée (laboratoires)	
	Service des immeubles et des équipements (SIE) (10 % du campus)	Basse (bureaux et entrepôt)	Indirectes
	Bâtiments loués à des tiers (10 % du campus)	Élevée (recherche)	
	14 véhicules	Recherche et opérations	Directes
Montréal (rue Sherbrooke)	Centre UCS	Basse (bureaux)	Directes
Montréal (Place Bonaventure)	Centre EMT (espace loué)	Moyenne (bureaux et laboratoires)	Indirectes
Québec (basse-ville)	Centre ETE (85 % du bâtiment)	Moyenne (bureaux et laboratoires)	Directes
	Administration (5 % du bâtiment)	Basse (bureaux)	
	Centre UCS (1 % du bâtiment)	Basse (bureaux)	

	Espaces loués à des tiers (9 % du bâtiment)	Basse (bureaux)	Indirectes
	2 véhicules	Recherche et opérations	
Québec (parc technologique)	Deux bâtiments : Laboratoire pour l'innovation scientifique et technologique de l'environnement (LISTE) et le Laboratoire hydraulique expérimental (LHE)	Moyenne (laboratoires)	Directes
	19 véhicules et équipements	Recherche	Directes
Sacré-Cœur (Saguenay)	Centre interuniversitaire de recherche sur le saumon atlantique (CIRSA)	Basse (hébergement)	Directes
	1 véhicule	Recherche sur le terrain	Directes
Varenes	Centre EMT	Moyenne (bureaux et laboratoires)	Directes
	2 véhicules	Recherche	Directes

### 1.3 Sources d'émission de GES

Selon les principales normes et méthodes internationales de manière générale, on distingue trois catégories d'émissions :



**Figure 1: Vue d'ensemble des champs d'application du GHG Protocol et des émissions dans la chaîne de valeur** (Bhatia *et al.*, 2011) [reproduit avec autorisation] [traduit vers le français par Dandois-F.]

- **Les émissions directes de GES (Catégorie 1)** : Ce sont des émissions directes provenant des installations fixes ou mobiles situées à l'intérieur du périmètre organisationnel, c'est-à-dire des émissions provenant des sources détenues ou contrôlées par l'organisme comme la combustion des sources fixes et mobiles, les procédés industriels hors combustion, les émissions de ruminants, le biogaz des centres d'enfouissements techniques, les fuites de fluides frigorigènes, les gaz de laboratoire, etc.
- **Les émissions indirectes liées à l'énergie (Catégorie 2)** : Il s'agit d'émissions indirectes associées à la production d'électricité, de chaleur ou de vapeur importées pour les activités de l'organisation.
- **Les autres émissions indirectes (Catégorie 3)** : Ce sont les autres émissions indirectement produites par les activités de l'organisation qui ne sont pas comptabilisées dans la catégorie 2, mais qui sont liées à la chaîne de valeur complète, par exemple : l'achat de matières premières, de services ou autres produits, les déplacements pendulaires du personnel et de la communauté étudiante du domicile à l'institution, les déplacements professionnels, le transport en amont et en aval des marchandises, la gestion des déchets générés et des eaux usées par les activités de l'organisme, l'utilisation et la fin de vie des produits et services vendus, etc.

Ainsi, les principales sources d'émissions de GES à l'INRS sont :

- la consommation énergétique des bâtiments: le chauffage au gaz naturel (GN) et l'électricité;
- les génératrices et les fuites d'halocarbures ou émissions fugitives liées à l'utilisation des équipements de réfrigération et de climatisation;
- la combustion mobile provenant du parc automobile;
- les déplacements professionnels (p. ex. congrès) et pendulaires (INRS-domicile) des membres de la communauté, et des étudiant.es de l'international;
- les émissions liées aux bâtiments loués à des tiers;
- les gaz de laboratoire;
- les approvisionnements (produits et services achetés);
- la gestion des matières résiduelles et eaux usées.

Les émissions de GES de l'INRS ont été catégorisées en plusieurs rubriques en fonction de leurs sources. Le tableau 2 présente les sources d'émissions de l'INRS et précise si ces données sont disponibles pour l'analyse.

**Tableau 2 : Sources d'émissions de GES de l'INRS**

Catégories d'émissions	Postes	Source de la donnée
CATÉGORIE 1 / Émissions directes de GES	Émissions directes des sources fixes de combustion (chauffage au GN)	Formulaire EnerUNIV (relevé énergétique remis au ministère de l'Enseignement supérieur)
	Émissions directes fugitives (climatiseurs)	Estimées selon la liste et les spécifications des appareils en fonction
	Émissions directes des sources mobiles à moteur thermique (parc automobile)	Estimées selon le kilométrage et le modèle des véhicules
	Émissions directes des sources fixes de combustion (génératrices)	Estimées selon les achats d'essence
	Consommation de gaz de laboratoire	Selon l'inventaire des responsables de laboratoire
CATÉGORIE 2 / Émissions indirectes associées à l'énergie importée	Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité	Formulaire ÉnerUNIV
CATÉGORIE 3 / Émissions indirectes d'autres sources	Émissions indirectes liées à l'énergie dans les espaces appartenant à l'INRS, mais loués à des tiers	Formulaire ÉnerUNIV
	Émissions indirectes liées à l'énergie dans des espaces loués par l'INRS	Propriétaire du bâtiment à qui l'espace est loué, selon les compteurs en place
	Traitement des eaux usées	Compteurs d'eau potable des bâtiments
	Transport de marchandises (approvisionnement et messagerie)	Non disponible
	Déplacements pendulaires	Non disponible
	Déplacements professionnels	Non disponible
	Déplacements des étudiants de l'international	Non disponible
	Investissements	100 % du fonds de dotation de l'INRS est investi de façon responsable, c'est-à-dire dans des fonds qui excluent toute compagnie d'énergie fossile
Gestion des matières résiduelles	Non disponible	
Puits de carbone	Arbres du campus AFSB	Rapport de la firme Habitat
	Arbres du campus EMT	Non disponible

La consommation de gaz naturel et consommation électrique sont les principales sources de GES dans la consommation énergétique des bâtiments. En effet, la plupart des bâtiments sont chauffés au gaz naturel et à l'électricité. Il est à noter que le site du parc technologique à Québec comporte une thermopompe géothermique permettant de diminuer la consommation de gaz. La nature des activités menées dans les espaces de laboratoire de l'INRS dédiés à la recherche intensive en sciences de la santé,

sciences de la vie et sciences naturelles est associée à de plus importantes émissions de GES. En effet, plusieurs bâtiments abritent des laboratoires de niveaux très avancés qui nécessitent de 2 à 10 changements d'air à l'heure, voire jusqu'à 100 changements d'air à l'heure pour les salles blanches, pour des questions de santé, de sécurité, de bien-être animal et de précision des équipements. De plus, la consommation électrique élevée de certains bâtiments provient de l'utilisation de nombreux appareils électroniques et électriques en laboratoire. Plusieurs laboratoires fonctionnent en effet 24 h sur 24. Les climatiseurs constituent également une source d'émissions de GES à cause des potentielles fuites d'halocarbures. Les éléments à prendre en compte dans le cadre du calcul des émissions liées à la combustion mobile sont : l'utilisation des véhicules des centres, les trajets quotidiens effectués par les automobiles, la consommation de carburant, le kilométrage, le type et la marque de voiture.

Dans le cadre de ce Bilan de GES, l'attention sera portée sur les catégories 1 et 2 puisqu'elles représentent les émissions les plus importantes et directement liées à nos activités. Un début d'inventaire des émissions de catégorie 3 est également entamé, mais plusieurs données manquent pour couvrir l'entièreté de cette catégorie. Des systèmes de cueillette d'information seront mis en place dans les prochaines années afin de mieux pouvoir comptabiliser la catégorie 3.

## **2. Méthodologie de calcul et de quantification des sources provenant des bâtiments**

### **2.1 Méthodologie générale**

Dans le cadre de la réalisation et de l'établissement d'un bilan de GES propre à l'INRS, une revue de littérature, une recherche bibliographique ont été effectuées par les stagiaires Simon Bee (2020) et Kemgang Nguenevit (2021) et un tableur a été monté par ces derniers pour faciliter les calculs futurs.

La phase la plus importante de la constitution du bilan est l'acquisition des données. Afin de bâtir un système fiable, il est crucial d'établir toutes les connexions vers les données par des chemins simples et automatiques dans la mesure du possible. Il est donc important d'établir un lien avec les différents responsables des secteurs pertinents et de déterminer avec eux les données nécessaires. Des visites de terrain dans les différents sites ont permis de valider les données.

Concernant les protocoles d'évaluation des GES eux-mêmes, plusieurs sources pour les calculs et les facteurs d'émission ont été utilisées :

- Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre (MELCC, 2019)
- GHG Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard, revised edition (2004), y compris « Accounting and Reporting Standard Amendment » (Février 2013)
- 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- ISO 14064-1:2018. Gaz à effet de serre – Partie 1 : Spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des gaz à effet de serre
- Rapport d'inventaire national 1990–2019: sources et puits de gaz à effet de serre au Canada

Dans ce bilan, les émissions de GES sont calculées en tonne équivalent de dioxyde de carbone (t éq. CO<sub>2</sub>). Afin de respecter les principes énoncés par ISO 14064-1 : 2018 et le GHG Protocol, tous les gaz à effet de serre couverts par le protocole United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)/Kyoto seront déclarés. Cependant, certains de ces gaz ne seront pas présents ou pris en compte dans ce rapport, ni dans les calculs, car les activités de l'INRS n'en produisent pas ou en très faible quantité.

Les facteurs d'émissions et de suppressions des différents puits et sources de GES sont issus du plus récent rapport d'inventaire national (National Inventory Report, NIR) publié annuellement par le gouvernement du Canada. Dans le cadre de ce bilan, les données NIR les plus récentes proviennent de l'exemplaire sorti en mai 2021, se rapportant à l'année 2019.

Par ailleurs, conformément aux recommandations internationales, les valeurs de potentiel de réchauffement climatique (PRC) utilisées sont basées sur un forçage radiatif cumulé sur 100 ans<sup>1</sup>. Ces valeurs sont tirées du 5e rapport du Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC, 2014).

Le bilan 2020-21 de l'INRS prend en compte les sources d'émissions dites de catégorie 1 et de catégorie 2, ainsi qu'une portion de la catégorie 3, pour la période du 1<sup>er</sup> mai 2020 au 30 avril 2021.

---

<sup>1</sup> C'est le réchauffement supplémentaire causé par les activités humaines. On le calcule sur une période de 100 ans puisque chaque GES peut résider un certain temps dans l'atmosphère.

## 2.2 Consommation de gaz naturel

En général, le chauffage intérieur est la principale source de consommation énergétique des bâtiments. Les bâtiments de l'INRS sont en majeure partie chauffés par des chaudières alimentées au gaz naturel. Afin de diminuer la consommation de gaz naturel, certains bâtiments disposent d'une thermopompe géothermique ; c'est le cas des laboratoires pour l'innovation scientifique et technologique de l'environnement (LISTE) à Québec. D'autres bâtiments ont un chauffage de type électrique ; c'est le cas de la station du CIRSA. Le chauffage utilisant l'électricité n'est pas inclus dans cette section, mais dans la consommation d'électricité.

La consommation élevée en gaz naturel s'explique par la nature des activités ayant cours dans les bâtiments et par la moyenne basse des températures hivernales. La température moyenne était de -15,2 °C au mois de février 2021 MELCC (2021). Le facteur d'émission provient du NIR (Rapport d'inventaire national) 2020 et est de 0,0019 tonne de CO<sub>2</sub> produit par m<sup>3</sup> de gaz consommé. Le facteur d'émissions pour la combustion mobile provient du Guide de quantification du MELCC (2019) – voir le tableau 4 à l'Annexe 2.

Les données pour le gaz naturel et l'électricité proviennent du formulaire obligatoire ÉnerUNIV que toutes les universités doivent transmettre au ministère de l'Enseignement supérieur chaque année. Le formulaire est rempli par le Service des ressources matérielles (SRM) de l'INRS en se basant sur les compteurs Hydro-Québec et Énergir. Même si certains bâtiments appartenant à l'INRS sont loués à des tiers, les relevés de compteur reviennent tout de même à l'INRS et donc les émissions indirectes liées aux espaces loués sont également présentées dans ce formulaire.

## 2.3 Consommation d'électricité

Comme toute institution de recherche scientifique, l'INRS dispose de plusieurs laboratoires munis de nombreux équipements consommant de grandes quantités d'électricité. Exprimée en kWh, la consommation d'électricité est indirectement responsable de l'émission de GES par sa production en amont. La totalité de l'électricité consommée par l'INRS provient du réseau d'Hydro-Québec.

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont relativement faibles par rapport aux kWh d'électricité consommés puisque le réseau électrique de la province du Québec est en grande partie basé sur les énergies renouvelables, en particulier sur les barrages hydro-électriques. S'il est vrai que la construction et la maintenance de ces barrages produisent des émissions de CO<sub>2</sub>, la production de GES par kWh reste faible au Québec par rapport aux autres

provinces du Canada. Le facteur d'émission provenant du NIR 2020 est de  $1,7 \times 10^{-6}$  tonnes de  $\text{CO}_2/\text{kWh}$ .

Suivant le guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre (MELCC, 2019), les émissions de GES des systèmes de combustion fixes se calculent à l'aide de l'estimation de la quantité de divers types de combustibles consommés et des facteurs d'émission de GES correspondant à chaque type de combustible (i), conformément à l'équation 1.

**Équation 1. Émissions de GES attribuables à des sources de combustion fixes**

$$\text{Émissions de GES} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Quantité de combustible } i \text{ consommée} \times \text{Facteur d'émission}_i$$

## 2.4 Climatiseurs et halocarbures

Les émissions fugitives de GES dues à l'utilisation d'équipements de climatisation et de réfrigération résultent des fluides de rechargement utilisés dans ces derniers. Nombre de ces fluides ont des potentiels de réchauffement de la planète qui peuvent être de 2 000 à 15 000 fois supérieurs à celui du  $\text{CO}_2$ . Les fluides les plus connus et les plus utilisés dans les équipements de climatisation et de réfrigération sont de la famille des hydrofluorocarbures (HFC), des hydrochlorofluorocarbures (HCFC), des perfluorocarbures (PFC) ou un mélange de ces deux substances. De manière générale, les gaz utilisés dans les locaux de l'INRS sont le R-134A (HFC avec un PRC de 1 430 fois celui du  $\text{CO}_2$ ), le R-401B (HCFC avec un PRC de 1 288) ou encore le R-404A (HFC avec un PRC de 3 922). Lorsqu'il y a des fuites, ces dernières sont possiblement quantifiables en fonction du nombre et de la fréquence des rechargements de gaz des climatiseurs et refroidisseurs.

D'après le guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre (MELCC, 2019), les émissions annuelles de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération et de climatisation peuvent être calculées à partir de l'équation 2 ci-dessous en considérant chaque GES (i) et leur addition. Cette équation 2 est empirique.

**Équation 2. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou de climatisation**

$$E_{GES\_Ref} = \frac{[(Q_n \times k) + (C \times X \times A) + (Q_n \times Y \times (1 - Z))]}{100} \times PRP_i \times 0,001$$

Où :

$E_{GES\_Refr}$  = Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération, en tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par année;  
 $Q_n$  = Quantité de fluide frigorigène ajouté aux nouveaux équipements, en kilogrammes\*;  
 $k$  = Émission initiale (%)\*;  
 $C$  = Capacité totale de l'équipement, en kilogrammes;  
 $X$  = Émissions annuelles de fonctionnement (%);  
 $A$  = Nombre d'années d'utilisation\*\*;  
 $Y$  = Charge initiale restante (%)\*\*;  
 $Z$  = Efficacité de récupération (%)\*\*;  
 $PRP_i$  = Potentiel de réchauffement planétaire du fluide réfrigérant  $i$  (se référer aux données de potentiel de réchauffement planétaire des différents GES dans le rapport du GIEC pour les différents PRP à utiliser);  
 0,001 = facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.  
 \* À omettre si aucun équipement n'a été installé ou si l'équipement a été rempli au préalable par le fabricant.  
 \*\*  $A = 1$ , puisque les émissions sont calculées sur une base annuelle.  
 \*\*\* À omettre si aucun équipement n'a été retiré durant l'année.

L'annexe 2 qui présente le tableau 7 du guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre (MELCC, 2019) permet d'estimer la charge, la durée de vie et les facteurs d'émission des systèmes de réfrigération et de climatisation.

## 2.5 Émissions liées aux systèmes de combustion mobiles

Le calcul des émissions liées aux systèmes de combustion mobiles est fonction du parc automobile détenu par l'INRS. Ainsi, d'après le guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre (MELCC, 2019), l'équation 3 ci-dessous permet d'estimer les émissions dues aux systèmes de combustion mobile pour chaque type de carburant ( $i$ ).

### **Équation 3. Émissions de GES attribuables aux systèmes de combustion mobiles**

$$\text{Émissions de GES} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Quantité de carburant } i \text{ consommée} \times \text{Facteur d'émission}_i$$

L'équation 3 ci-dessus est semblable à l'équation 1 plus haut ; seuls les facteurs d'émissions changent. Selon le Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre (MELCC, 2019) qui tire ses chiffres du Rapport d'inventaire national (NIR) 1990-2017, le facteur d'émission pour le tracteur (diésel) est de 2 729 g éq. CO<sub>2</sub>/litre et de 2 317 g éq. CO<sub>2</sub>/litre pour les voitures à essence.

## 2.6 Génératrices

De manière générale, il ressort des entrevues passées par le stagiaire avec les gestionnaires des bâtiments que les génératrices sont mises en marche une fois par semaine sans charge et une fois tous les mois avec charge. Les génératrices sont également utilisées lors des coupures d'électricité. Comme les réservoirs de diesel sont remplis dès que leur niveau atteint un seuil de 80 %, il est impossible de connaître la quantité consommée chaque année, mais cette consommation a néanmoins été estimée par les responsables de chaque site selon les remplissages faits au courant des dernières années. L'équation 1 définie plus haut pour le calcul des émissions de GES attribuables à des sources de combustion fixes reste valable.

## 2.7 Gaz de laboratoire

Les gaz utilisés dans les laboratoires de l'INRS qui ont un effet de serre sont le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et le méthane ( $\text{CH}_4$ ). Ces gaz sont considérés comme une source directe d'émissions. Les responsables de laboratoire sont en mesure d'estimer les quantités de gaz consommées chaque année selon l'inventaire des bonbonnes et les commandes effectuées.

## 2.8 Traitement des eaux usées

La consommation d'eau potable et le traitement des eaux usées sont des sources d'émissions de GES. En effet, le fonctionnement des stations d'épuration, la création et l'entretien des infrastructures nécessitent de l'énergie et émettent des polluants. Le traitement municipal des eaux usées émet du  $\text{CH}_4$  (28 fois le potentiel de réchauffement du  $\text{CO}_2$  sur 100 ans) et du  $\text{N}_2\text{O}$  (265 fois le potentiel de réchauffement du  $\text{CO}_2$  sur 100 ans à cause de la charge en matières organiques dans les eaux et du processus de nitrification/dénitrification à l'usine.

La méthodologie du GIEC (volume 5, chapitre 6, 2019) a été utilisée pour calculer les émissions liées au traitement d'un mètre cube pour chaque site selon le type de traitement municipal en place. Pour la Ville de Québec, selon le calcul du stagiaire Simon Bée, le traitement d'un mètre cube d'eaux usées émet 0,0000732721 t éq.  $\text{CO}_2$ . Pour Montréal, tel que calculé par le groupe étudiant du cours ENVR401 de l'Université McGill, le traitement d'un mètre cube d'eaux usées émet 0,00008 t éq.  $\text{CO}_2$ . Comme la station de Laval utilise la même technologie que celle de Montréal, le même facteur d'émission est appliqué pour Laval. Pour Varennes, la conseillère en développement durable de l'INRS, Maxine Dandois-Fafard, a calculé que le traitement d'un mètre cube émettait 0,000561837 t éq.  $\text{CO}_2$  avec la méthode du GIEC (2019).

L'INRS ne possède pas d'infrastructures permettant de comptabiliser sa production d'eaux usées, donc une estimation a été réalisée à partir de la consommation en eau potable, en partant du principe que la production en eaux usées est égale à 95 % de la consommation en eau potable. Les 5 % restant sont lié à la consommation humaine, ce pourcentage approximatif a été fixé par l'équipe de recherche du professeur Pasquier (2020). Pour le campus de Laval, comme il y a production de vapeur à la centrale thermique, c'est une plus grosse portion qui est retirée du total de consommation d'eau potable – portion estimée par le Service du bâtiment. Pour certains sites, la lecture du compteur ne s'effectue pas exactement du 30 avril, mais plutôt en février ou en juin, mais le résultat est toujours pour une année complète.

### 3. Résultats du bilan des émissions de GES

#### 3.1 Émissions directes et émissions indirectes liées à l'énergie (catégories 1 et 2)

Le tableau 3 ci-dessous présente les différentes émissions directes de l'INRS pour 2020-2021, c'est-à-dire les émissions liées à la combustion stationnaire, à la combustion mobile, et aux fuites d'halocarbures (climatisation et utilisation des gaz de laboratoire).

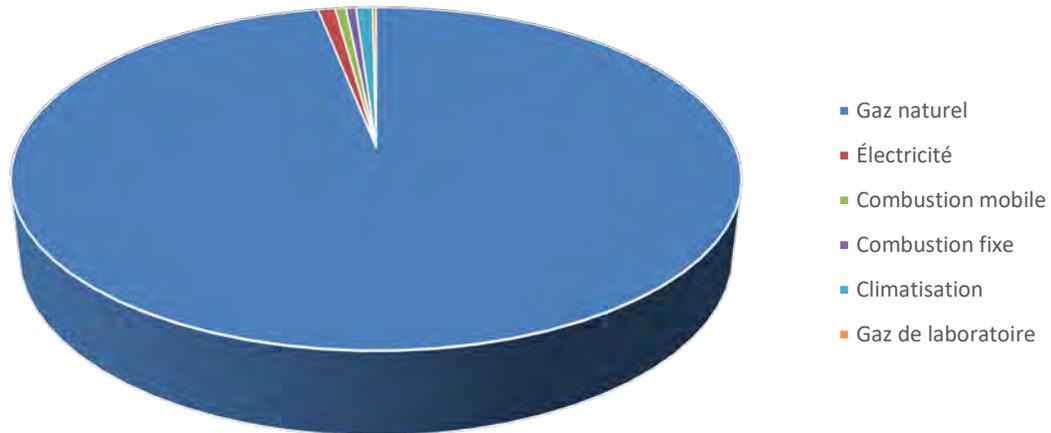
**Tableau 3 : Émissions directes de l'INRS (catégorie 1 et 2)**

Sources	Quantités	Facteurs d'émission	Émissions annuelles (t éq. CO <sub>2</sub> )	Incertitude (en %)	Incertitude calculée
Chauffage au GN	3 289 519 m <sup>3</sup>	0,0019	6 298,94	10	± 629,89
Électricité	33 890 012 kWh	0,0000017	57,61	10	± 5,76
Combustion mobile	15 100 l	Selon carburant : 0,002317 ou 0,002729	37,83	34	± 12,86
Combustion fixe	12 355 l	0,002729	33,96	10	± 3,40
Climatiseurs	/	/	57,20	7,5	± 4,29
Gaz de laboratoire	12 439 kg	Selon le gaz	12,44	20	± 2,49
<b>Total des émissions directes annuelles et des émissions annuelles indirectes liées à l'énergie (t éq. CO<sub>2</sub>)</b>			<b>6 497,97</b>	/	± 651,1

Le chauffage au gaz naturel des bâtiments de l'INRS pour 2020-2021 a émis 6 299 t éq. CO<sub>2</sub>, représentant ainsi 96,9 % des émissions de catégories 1 et 2 de l'INRS. Cela s'explique par la présence de laboratoires de haut niveau dont on doit renouveler l'air plusieurs fois par heure et qui sont donc très énergivores. 74 % des émissions liées au gaz naturel proviennent du site de Laval, où se trouve la centrale énergétique au gaz naturel.

Pour ce qui est du bilan total pour les catégories 1 et 2, le résultat est de 6 498 t éq. CO<sub>2</sub>. L'incertitude est de plus ou moins 651 t éq. CO<sub>2</sub>, ce chiffre est peut-être sous-estimé au vu des données manquantes pour le bilan,

notamment les consommations précises des génératrices et l'utilisation précise des véhicules, pour ne citer que celles-là. Les pourcentages d'incertitudes ont été calculés en fonction de la provenance des données et leurs fiabilités estimées (voir l'annexe 3).



**Figure 2 : Répartition des émissions de GES de l'INRS pour l'année 2020-2021**

### 3.2 Émissions indirectes d'autres sources (catégorie 3)

Pour le moment, les seules données disponibles pour le calcul de la catégorie 3 sont les émissions liées à la consommation d'énergie dans les bâtiments en location et les émissions liées au traitement des eaux usées.

Les investissements de l'établissement pourraient être regardés, mais comme 100 % du fonds de dotation de l'INRS est investi de façon responsable depuis 2021, c'est-à-dire dans des fonds qui excluent toute compagnie d'énergie fossile, ceux-ci sont omis du bilan.

Dans les prochaines années, à mesure que plus de données deviennent disponibles, d'autres sources d'émissions indirectes seront ajoutées au bilan. Les émissions indirectes calculées pour l'instant se résument ainsi :

**Tableau 4 : Émissions indirectes de l'INRS (catégorie 3)**

Sources	Quantités	Facteurs d'émission	Emissions annuelles (t éq. CO <sub>2</sub> )
Chauffage au GN des bâtiments dont l'INRS est propriétaire loués à des tiers	762 911 m <sup>3</sup>	0,001914852	1 460,86

Chauffage à la vapeur des espaces dont l'INRS est locataire	454 kLbs	0,071026	32,25
Électricité des bâtiments dont l'INRS est propriétaire loués à des tiers	6 968 556 kWh	0,0000017	11,85
Électricité des espaces dont l'INRS est locataire	376 460 kWh	0,0000017	0,64
Traitement des eaux usées	76 043 m <sup>3</sup>	Québec : 7,32E-05 Montréal/Laval : 8E-05 Varenes : 5,62E-04	10,75
<b>Total émissions indirectes annuelles (en t éq. CO<sub>2</sub>)</b>			<b>1 516,34</b>

### 3.3 Puits et séquestration de carbone

Le campus de Laval jouit d'une arborescence mature et diversifiée et de plusieurs boisés. Il a été calculé par l'entreprise de services-conseils Habitat que ceux-ci séquestraient environ 28 t éq. CO<sub>2</sub> par année. Pour réaliser ce calcul, les données d'un inventaire des arbres individuels réalisés en 2021 ont été combinées avec les données sur les arbres en peuplements provenant de l'Inventaire écoforestier du Québec méridional. La séquestration de carbone des arbres individuels a été évaluée à l'aide de iTree ECO et la séquestration de carbone des peuplements à l'aide du Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3).

En se servant de la moyenne par superficie de séquestration des espaces boisés de Laval, une estimation a été faite pour la séquestration de carbone par la zone boisée de 1,5 ha du terrain de l'INRS dans le parc technologique de Québec. Cette estimation conservatrice ajoute 2 tonnes au bilan de carbone séquestré sur nos terrains, pour un total de 30,11 t éq. CO<sub>2</sub>.

### 3.4 Bilan total de l'INRS

**Tableau 5 : Inventaire de GES l'INRS pour 2020-2021**

Sources	Emissions annuelles (t éq. CO <sub>2</sub> )
Émissions catégorie 1	6 440,36
Émissions de catégorie 2	57,61
Émissions de catégorie 3	1 516,34
Puits de carbone	- 30,11
<b>Total</b>	<b>7 984,2</b>

## Conclusion

L'inventaire des émissions de GES de l'INRS représente le premier pas vers l'amélioration de son bilan et vers la carboneutralité. Ce bilan permet de cibler les sources d'émissions les plus pertinentes à diminuer en premier. Parmi les mesures qui seront mises en place par l'INRS dans les prochaines années afin d'améliorer son bilan, citons la réduction de la demande en énergie en améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments, la sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'énergie et la mise en place de mesures pour améliorer la mobilité durable.

Des émissions indirectes de catégorie 3 seront graduellement ajoutées aux bilans ultérieurs, selon les données rendues disponibles par la mise en place de nouveaux processus de cueillette de données. Il est également attendu que la précision du rapport s'améliore avec chaque nouveau bilan annuel, le rendant ainsi plus fiable.

En comparaison avec d'autres établissements universitaires (voir Tableau 6 ci-dessous), l'intensité des émissions de l'INRS selon la surface est élevée, puisque notre superficie est plus petite et majoritairement composée de laboratoires, et non de salles de cours (il n'y a pas de premier cycle à l'INRS). Si on regarde du côté de l'intensité des émissions par personne, le constat est le même : l'intensité d'émissions de l'INRS est plus élevée du fait de sa plus petite communauté. Cependant, si on compare les universités selon leur intensité de recherche<sup>2</sup>, on constate que l'INRS se positionne bien mieux par rapport aux autres universités québécoises. Il est à noter que l'INRS est classée première en intensité de recherche au Québec et McGill deuxième.

**Tableau 6 : Comparaison d'intensité d'émissions de GES**

	INRS (2020-2021)	U.Sherbrooke <sup>3</sup> (2020-21)	U.McGill <sup>4</sup> (2020)
<b>Émissions annuelles totales Cat. 1 et 2 (t éq. CO<sub>2</sub>)</b>	6 498	5 864	45 508
<b>Émissions par superficie (t éq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>	0,06	0,01	0,04
<b>Émissions par personne (t éq. CO<sub>2</sub>/pers.)</b>	4,57	0,15	1
<b>Émissions par intensité de recherche (t éq. CO<sub>2</sub>/\$/prof)</b>	0,015	0,035	0,13

<sup>2</sup> Research Infosource publie annuellement le *Canada's Top 50 Research Universities* et classe les universités par intensité de recherche selon deux indicateurs : subventions de recherche par professeur.e (\$/faculty) ou subventions de recherche par étudiant.e (\$/graduate student). Pour faciliter l'exercice de comparaison, c'est l'indicateur \$/faculty qui est utilisé ici.

<sup>3</sup> Université de Sherbrooke. (2021).

<sup>4</sup> Université McGill. (2021).

## Références

- ADEME. (2012) Centre de ressources sur les bilans de gaz à effet de serre. Repéré au <https://www.bilans-ges.ademe.fr>
- Bée, S. (2020). Bilan des émissions de GES 2019/2020 de l'INRS-ETE. Rapport de stage présenté pour l'obtention de la Maîtrise professionnelle en science de l'eau (supervisé par Louis-César Pasquier). Repéré au <https://espace.inrs.ca/11927/1/MP168.pdf>
- California Air Resources Board. (2022). What is Global Warming Potential? Repéré au <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/high-gwp-refrigerants>
- Bhatia, P., Cummis, C., Rich, D., Draucker, L., Lahd, H. et Brown, A. (WBCSD). (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Repéré au [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard\\_041613\\_2.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf)
- Canada. (2021). National Inventory Report (NIR). Repéré au <https://publications.gc.ca/site/fra/9.506002/publication.html>
- GHG Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard, revised edition (2004), y compris "Accounting and Reporting Standard Amendment (February, 2013)"; [https://ghgprotocol.org/calculation-tools#cross\\_sector\\_tools\\_id](https://ghgprotocol.org/calculation-tools#cross_sector_tools_id)
- GIEC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Repéré au <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
- GIEC (ou IPCC). (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Gouvernement du Québec. (2012). La Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020. Repéré au [https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan\\_action/state-gie-adaptation2013-2020.pdf](https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/state-gie-adaptation2013-2020.pdf)
- ISO 14064-1:2018. Gaz à effet de serre - Partie 1: Spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des gaz à effet de serre.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2019). Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre, 107 p. Repéré au <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/guide-quantification/guide-quantification-ges.pdf>

MELCC. (2021). Climat : Faits saillants, Février 2021. Repéré au <https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2021/fevrier.htm>

Nguenevit, K. (2021). Bilan des émissions de GES de l'INRS 2020-2021. Rapport de stage présenté pour l'obtention de la Maîtrise professionnelle en science de l'eau (supervisé par Louis-César Pasquier).

Québec. (2007). Q-2, r. 15 - Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère.

Université de Sherbrooke. (2021). Rapport des émissions de gaz à effet de serre 2020-2021. Repéré au [https://www.usherbrooke.ca/developpement-durable/fileadmin/sites/developpement-durable/uploads/Inventaire\\_GES\\_UdS\\_2020-2021\\_-\\_final.pdf](https://www.usherbrooke.ca/developpement-durable/fileadmin/sites/developpement-durable/uploads/Inventaire_GES_UdS_2020-2021_-_final.pdf)

Université McGill. (2021). Greenhouse Gas Inventory. 2020 Reporting Year. Repéré au [https://www.mcgill.ca/sustainability/files/sustainability/2020\\_greenhouse\\_gas\\_inventory\\_report\\_final.pdf](https://www.mcgill.ca/sustainability/files/sustainability/2020_greenhouse_gas_inventory_report_final.pdf)

## ANNEXES

### Annexe 1 : Liste des sigles, acronymes et abréviations

AFSB	=	Armand-Frappier Santé Biotechnologie
CGC	=	Commission géologique du Canada
CH <sub>4</sub>	=	Méthane
CIRSA	=	Centre interuniversitaire de recherche sur le saumon atlantique
CO <sub>2</sub>	=	Dioxyde de carbone
EMT	=	Énergie Matériaux Télécommunications
ETE	=	Eau Terre Environnement
GES	=	Gaz à effet de serre
GIEC	=	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GN	=	Gaz naturel
HFC	=	Hydrofluorocarbures
INRS	=	Institut national de la recherche scientifique
ISO	=	International Organisation of Standardization
kWh	=	Kilowattheure
MELCC	=	Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
N <sub>2</sub> O	=	Oxyde nitreux
NF <sub>3</sub>	=	Trifluorure d'azote
PFC	=	Perfluorocarbures
PRC	=	Potentiel de réchauffement climatique
RDOCECA	=	Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère
NIR	=	National Inventory Report ou Rapport d'inventaire national, en français
SF <sub>6</sub>	=	Hexafluorure de soufre
t éq. CO <sub>2</sub>	=	Tonne équivalent de dioxyde de carbone
UCS	=	Urbanisation Culture Société

## Annexe 2 : Facteurs d'émission selon le MELCC

*Tableau 4. Facteurs d'émission associés aux équipements mobiles de combustion, en équivalent CO<sub>2</sub>*

Équipements mobiles ou combustible	g CO <sub>2</sub> /litre	g CH <sub>4</sub> /litre	g N <sub>2</sub> O/litre	g éq. CO <sub>2</sub> /litre	Référence
Essence pour automobile	2307	0,14	0,022	2317	*
Carburants diesel	2681	0,11	0,151	2729	*
Propane	1515	0,64	0,028	1539	*
Véhicules hors route à essence	2307	10,61	0,013	2576	*
Véhicules hors route au diesel	2681	0,073	0,022	2689	*
Véhicules au gaz naturel	1,9	0,009	0,00006	2,143	* ***
Essence d'aviation	2365	2,2	0,23	2489	*
Carburéacteur	2560	0,029	0,071	2582	*
Trains alimentés au diesel	2681	0,15	1	2983	*
Bateaux à essence	2307	0,22	0,063	2331	*
Navires à moteur diesel	2681	0,25	0,072	2709	*
Navires au mazout léger	2753	0,26	0,073	2781	*
Navires au mazout lourd	3156	0,29	0,082	3188	*

*Tableau 7. Charge et facteurs d'émission des systèmes de réfrigération et de climatisation*

	Q <sub>n</sub> (kg)	k (% de la charge initiale)	X (% de la charge initiale/année)	Y (% de la charge initiale)	Z (%)
Réfrigération domestique	0,05 à 0,5	0,2 à 1 %	0,1 à 0,5 %	0 à 80 %	0 à 70 %
Applications commerciales indépendantes	0,2 à 6	0,5 à 3 %	1 à 15 %	0 à 80 %	0 à 70 %
Réfrigération commerciale, moyenne et grande industrie	50 à 2 000	0,5 à 3 %	10 à 35 %	0 à 100 %	0 à 70 %
Réfrigération industrielle, y compris pour la transformation	10 à 10 000	0,5 à 3 %	7 à 25 %	50 à 100 %	0 à 90 %

Source : MELCC. (2019)

### Annexe 3 : Incertitudes selon les rubriques de l'INRS

Sources	Données	Provenance de la donnée	Fiabilité estimée	Moyenne de fiabilité
Combustion Stationnaire (Chauffage au GN)	Quantités de combustible utilisées annuellement	INRS-ÉnerUNIV	100	<b>90</b>
	Facteurs d'émission des combustibles	NIR	85	
	Potentiel de réchauffement climatique des gaz	5 <sup>e</sup> GIEC	85	
Électricité	Quantités de combustible utilisées annuellement	INRS-ÉnerUNIV	100	<b>90</b>
	Facteur d'émission de l'électricité au Québec	NIR	85	
	Potentiel de réchauffement climatique des gaz	5 <sup>e</sup> GIEC	85	
Fuites d'halocarbures	Quantité d'halocarbures émise à la suite de fuites (estimée à partir des données de remplissage)	INRS	95	<b>92,5</b>
	Potentiel de réchauffement climatique des gaz	5 <sup>e</sup> GIEC	90	
Combustion mobile	Nombre de véhicules employé par l'université	INRS	50	<b>66</b>
	Quantité de carburant utilisé	INRS	50	
	Kilométrage effectué	INRS	60	
	Consommation en carburant du véhicule	Guide de l'auto	85	
	Potentiel de réchauffement	NIR	85	
Combustion fixe (génératrices)	Quantités de combustible utilisées annuellement	INRS	100	<b>90</b>
	Facteurs d'émission des combustibles	NIR	85	
	Potentiel de réchauffement climatique des gaz	5 <sup>e</sup> GIEC	85	
Gaz de laboratoire	Quantité de gaz consommée	INRS	75	<b>80</b>
	Potentiel de réchauffement	NIR	85	
Eaux usées	Quantité d'eau potable consommée	INRS	80	<b>85</b>
	Traitement de l'eau	5 <sup>e</sup> GIEC	90	



Institut national  
de la recherche  
scientifique