

Bilan des émissions de GES 2019/2020 de l'INRS

Par
Simon Bée

Rapport de stage présenté(e) pour l'obtention de la
Maîtrise professionnelle en science de l'eau

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier dans un premier temps, l'équipe pédagogique de l'INRS pour ses cours et son aide.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à Monsieur Louis-César Pasquier, pour m'avoir accepté en stage durant 4 mois, et également d'avoir pris de son temps pour m'expliquer et me guider dans les travaux qui m'étaient demandés.

Enfin, je remercie mes professeurs pour m'avoir suivi tout au long de ce stage, en particulier d'avoir répondu à mes questions lorsque j'en avais le besoin.

RÉSUMÉ

Nom de l'organisme du stage : Institut national de recherche scientifique

Adresse : 490 rue de la Couronne, Québec

Durée du stage : 4 mois

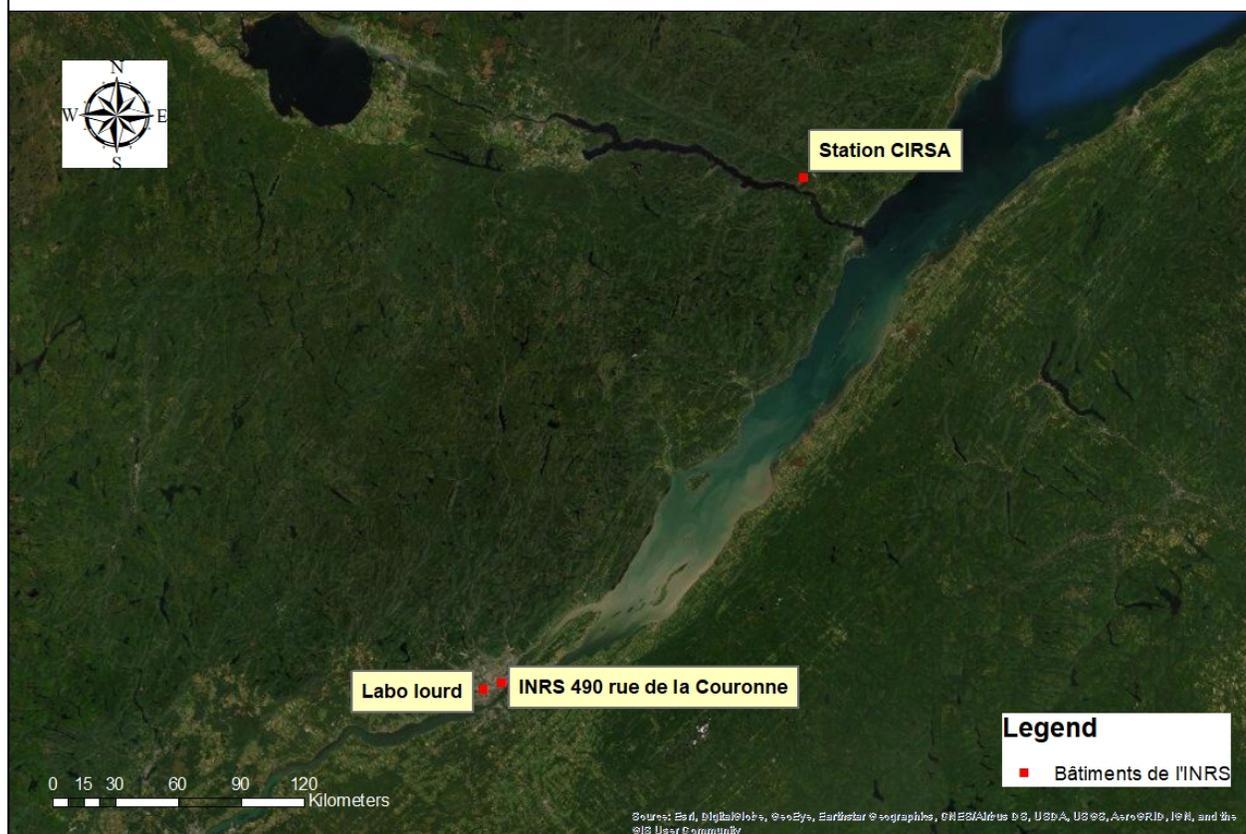
Tuteur de stage : Louis-César Pasquier, centre ETE

Le stage a eu lieu en partie pendant le confinement, donc en télétravail. L'autre partie a eu lieu dans les locaux de l'INRS.

Les connaissances acquises pendant l'année ont été utiles, notamment au niveau des méthodologies et des méthodes de travail.

Je vois ce travail comme les prémisses d'un bilan qui doit devenir annuel et perfectionner notamment au niveau de l'acquisition des données. Il est nécessaire d'éveiller la conscience globale de l'impact de l'université surtout des professeurs, et élaborer des moyens d'atténuations réfléchis, communs et durables.

Situation géographique des bâtiments sous le contrôle administratif de l'INRS



INTRODUCTION, PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIF

Position des bâtiments dirigés par l'INRS

L'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) centre ETE, situé dans le centre-ville de Québec, possède de fortes valeurs environnementales en lien avec ses domaines de recherche, notamment sur l'eau et l'environnement. Toujours soucieux de réduire au maximum son impact sur l'environnement, l'INRS a décidé de réaliser un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) de ses activités sur une année.

Les bâtiments pris en compte dans le bilan des émissions de GES sont sous le contrôle administratif de l'université, à savoir le 490 rue de la Couronne (centre-ville), le laboratoire lourd et le Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique (CIRSA). Les secteurs analysés pour réaliser cette quantification sont les suivants ;

- Les bâtiments, avec les émissions de GES émis par la production d'eaux usées, le chauffage, la climatisation, l'électricité et les déchets.
- Les employé(e)s, les émissions de GES provenant du personnel, notamment pour les trajets du quotidien et des activités en lien avec l'INRS, enfin les travaux sur le terrain provenant des équipes de recherche.

La problématique de ce projet sera d'établir un cheminement de base dans la quantification des GES de l'université pour permettre la réalisation d'une analyse annuelle. L'objectif final est de créer un protocole aisé à suivre et d'obtenir les données nécessaires à la réalisation du bilan. Idéalement, les principes énoncés dans ce rapport devront être suivis dans le domaine administratif et devront être appuyés et soutenus pour un résultat concret.

Ce travail s'organise en 5 chapitres comprenant, en premier lieu l'identification des sources d'émissions de GES, ensuite la quantification des émissions des bâtiments, la quantification des GES provenant des employées, le bilan des émissions et enfin la présentation de pistes d'atténuation du bilan carbone de l'université.

MÉTHODOLOGIE

Plusieurs sources ont été consultées pour réaliser et développer un bilan GES adapté aux spécificités de l'INRS.

Une attention particulière a été portée sur l'acquisition des données, l'aspect le plus important. En effet, pour construire un système durable, il était essentiel d'établir tous les liens vers les données par des chemins simples et le plus automatisé possible. L'essentiel du travail a donc été de connaître les responsables des secteurs d'intérêt et de leur demander les données nécessaires.

S'agissant des données des trajets et des activités en lien avec l'université provenant des employés, il a été nécessaire de produire un document pour demander à tous les informations d'activités. Ce document a pris la forme d'un sondage informatique où les employés et étudiants ont rempli les informations utiles pour le calcul des GES provenant de leurs trajets. Un questionnaire complémentaire a été envoyé aux professeurs/chercheurs pour noter leurs déplacements de leurs équipes dans le cadre de leurs recherches.

Au niveau des protocoles d'évaluation des GES eux-mêmes, plusieurs sources pour les calculs et les facteurs d'émission ont été utilisées. Il y a par exemple :

- GHG Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard, revised edition (2004), y compris "Accounting and Reporting Standard Amendment (February, 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.
- NATIONAL INVENTORY REPORT 1990 –2018: GREENHOUSE GAS SOURCES AND SINKS IN CANADA
- BILAN DES ÉMISSIONS DE GES 2017-2018 – Université Laval

Les GES inclus dans le bilan sont calculés en tonne équivalent de CO₂. En respect avec les principes énoncés par ISO 14064-1 :2018 et le GHG Protocole, tous les gaz à effet de serre couverts par le protocole United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)/Kyoto seront déclaré. À noter que certains de ces gaz ne seront pas présents dans le rapport, ni dans les calculs.

Les facteurs d'émission 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 cas de ce rapport, les données RIN les plus récentes proviennent de l'exemplaire sorti en 2020, se rapportant à l'année 2018.

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

Le bilan prendra en compte les déplacements et activités en lien avec l'université du 30 avril 2019 au 31 mars 2020.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	II
RÉSUMÉ.....	III
INTRODUCTION, PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIF	IV
MÉTHODOLOGIE.....	VI
TABLE DES MATIÈRES	VIII
LISTE DES FIGURES.....	IX
LISTE DES TABLEAUX	X
LISTE DES ABRÉVIATIONS	XI
1 IDENTIFIER LES SOURCES D'ÉMISSIONS DE GES	1
1.1 LES MOLÉCULES LIÉES AUX GAZ À EFFET DE SERRE	1
1.2 CHOIX DES BÂTIMENTS À INCLURE DANS LE BILAN GES.....	1
1.3 IDENTIFICATION DES SECTEURS DE POLLUTION DE L'UNIVERSITÉ	2
2 QUANTIFIER LES SOURCES PROVENANT DES BÂTIMENTS	3
2.1 CONSOMMATION DE GAZ/ CHAUFFAGE	3
2.2 CLIMATISEURS/ HALOCARBURES.....	4
2.3 ÉLECTRICITÉ	4
2.4 EAUX USÉES	5
2.5 DÉCHETS	6
2.6 BILAN PARTIEL.....	7
3 QUANTIFIER LES SOURCES PROVENANT DES EMPLOYÉS ET DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE	9
3.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE DE LA QUANTIFICATION DES GES PRODUITS PAR LES EMPLOYÉS.....	9
3.2 BILAN DES EMPLOYÉS	9
3.3 BILAN DES PROFESSEURS ET DE LEURS ACTIVITÉS DE RECHERCHE.....	16
3.4 TRAJETS ET VÉHICULES INSTITUTIONNELS.....	17
4 BILAN DES ÉMISSIONS DE L'UNIVERSITÉ	18
4.1 INCERTITUDE DES RÉSULTATS	18
4.2 ÉMISSIONS TOTALES ET INDICATEURS DE POLLUTION.....	20
5 PISTE D'ATTÉNUATION ET DE SURVEILLANCE DES ÉMISSIONS DE GES.....	23
5.1 IDÉES D'ACTION POUR LA BAISSSE DE L'IMPACT DE L'UNIVERSITÉ.....	23
5.2 MÉTHODOLOGIE DE QUANTIFICATION ANNUELLE	24
6 CONCLUSION.....	27
7 BIBLIOGRAPHIE	29
8 ANNEXE I.....	30

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1	CONSOMMATION EN GAZ NATUREL DES BÂTIMENTS DE L'INRS POUR LE CHAUFFAGE ET ÉMISSIONS DE CO ₂ ASSOCIÉES ENTRE AVRIL 2019 ET MARS 2020	3
FIGURE 2	CONSOMMATION ÉLECTRIQUE DES BÂTIMENTS DE L'INRS ET PRODUCTION DE CO ₂ ÉQUIVALENTE..	5
FIGURE 3	CONSOMMATION D'EAU POTABLE ET PRODUCTION D'EAUX USÉES DE L'INRS	6
FIGURE 4	PRODUCTION DE DÉCHETS ANNUELS À L'INRS ET ÉMISSIONS DE CO ₂ LIÉ AU TRAITEMENT	7
FIGURE 5	DIAGRAMME DE LA RÉPARTITION DES SECTEURS DE PRODUCTION DE GES DES BÂTIMENTS	8
FIGURE 6	BILAN GES CALCULÉ SELON LES CATÉGORIES SOCIO-PROFESSIONNELLES POUR LES TRAJETS ...	10
FIGURE 7	POURCENTAGE DE GES CALCULÉ POUR LES TRAJETS DE CHAQUE CATÉGORIE SOCIO-PROFESSIONNELLES	11
FIGURE 8	PROPORTION DES MOYENS DE TRANSPORT UTILISÉS LORS DES DÉPLACEMENTS EXTÉRIEURS AVEC L'INRS	12
FIGURE 9	UTILISATION DES DIFFÉRENTS MOYENS DE TRANSPORT POUR CHAQUE CATÉGORIE SOCIO-PROFESSIONNELLES LORS DES TRAJETS DU QUOTIDIEN	13
FIGURE 10	DISTANCE ENTRE LE LIEU DE TRAVAIL ET LE DOMICILE SELON LES CATÉGORIES PROFESSIONNELLES	14
FIGURE 11	PRODUCTION DE GES PAR LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES, EXTRAPOLATION EN FONCTION DU NOMBRE DE NON-RÉPONDANTS POUR CHAQUE CATÉGORIE	15
FIGURE 12	PRODUCTION DE GES PAR ÉQUIPE DE RECHERCHE	16
FIGURE 13	MONTANT DE GES CALCULÉ ET EXTRAPOLÉ POUR LES ACTIVITÉS DE RECHERCHE	17
FIGURE 14	PART DE LA PRODUCTION DE GES SELON LES SECTEURS DE L'UNIVERSITÉ	20
FIGURE 15	EFFET DE LA BAISSSE DE L'UTILISATION DE LA VOITURE SUR LE BILAN GES	24

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1	SOURCES DE POLLUTION DE L'UNIVERSITÉ.....	2
TABLEAU 2	INCERTITUDE SELON LES RUBRIQUES DE L'UNIVERSITÉ.....	19
TABLEAU 3	ÉMISSIONS TOTALES DE L'INRS PAR RUBRIQUE.....	21
TABLEAU 4	MOYEN DE COMPENSATION DES GES	22
TABLEAU 5	ÉMISSIONS ÉQUIVALENTES À CELLES DE L'UNIVERSITÉ	22

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CGC = Commission Géologique du Canada

CH₄ = méthane

CIRSA = Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique

CO₂ = dioxyde de carbone

ETE = Eau Terre Environnement

GES = Gaz à Effet de Serre

GN = Gaz Naturel

HFC = Hydrofluorocarbure

INRS = Institut National de la Recherche Scientifique

ISO = International Organisation of Standardization

NF₃ = trifluorure d'azote

N₂O = protoxyde d'azote

PFC = perfluorocarbure

PRC = Potentiel de Réchauffement Climatique

RIN = Rapport d'Inventaire National

SF₆ = hexafluorure de soufre

1 Identification les sources d'émissions de GES

1.1 Les molécules liées aux gaz à effet de serre

Les principaux GES sont les suivants ; le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF₆) et le trifluorure d'azote (NF₃). Ces gaz sont responsables en grande majorité de l'effet de serre, et sont donc internationalement surveillés, par des protocoles et des conventions.

Pour simplifier la lecture du rapport, ces gaz ont été exprimés en tonne équivalent CO₂. Les facteurs de conversion utilisés proviennent des données du GIEC les plus récentes (2019 refinement). Le tableau des facteurs de réchauffement des différents gaz converti en tonne de CO₂ eq se trouve en annexe 1.

1.2 Choix des bâtiments à inclure dans le bilan GES

Il est nécessaire pour faire le bilan des GES de l'université de catégoriser précisément les bâtiments qui vont entrer dans ce bilan et ceux dont l'INRS n'a pas le contrôle administratif. Selon cette approche, l'université comptabilise toutes les émissions et/ou suppressions de GES issues des installations sur lesquelles elle exerce un contrôle opérationnel. Selon la norme ISO 14064-1, « un organisme a le contrôle opérationnel d'une opération si cet organisme, ou l'une de ses filiales, a les pleins pouvoirs pour lancer et mettre en œuvre ses politiques d'exploitation au niveau opérationnel. »

Les entités étant louées temporairement pour des missions précises ne rentrent pas dans ce bilan. Dans le cadre de ce résumé des émissions produites par l'université, 3 bâtiments ont été reconnus. Il s'agit de :

- Le bâtiment du 490 rue de la Couronne (Centre-ville)
- Le laboratoire lourd LISTE
- La station CIRSA au Sacré Cœur

Pour faciliter la compréhension des résultats, les émissions du bâtiment du centre-ville seront regroupées ensemble. Certaines rubriques feront cependant la partition entre CGC, administration et centre ETE.

1.3 Identification des sources de pollution

Un institut est une source importante de GES, que ce soit dans le cadre de son fonctionnement, des recherches ou encore en lien avec ses activités. Les principales sources d'émissions de GES à l'INRS sont les suivantes :

- Consommation énergétique des bâtiments
- Transport et déplacement des employés et étudiants

Les émissions de GES de l'INRS ont été catégorisées en plusieurs rubriques en fonction de la provenance de la pollution. Les données sont présentées dans le tableau 1.

	Source
Batiment	Combustion stationnaire
	Electricité
	Fuites d'halocarbure
Trajet/activité	Combustion mobile
	Trajet journalier
	Travail de terrain/ recherche

Tableau 1 sources de pollution de l'université

La principale consommation énergétique des bâtiments est liée au chauffage (gaz naturel), vient ensuite la consommation électrique liée aux appareils électroniques et l'éclairage, les climatiseurs sont également une source de GES à cause de potentielles fuites d'halocarbures. Pour les trajets et activités, les éléments suivants ont été pris en compte : les trajets du quotidien des employés et des étudiants, l'utilisation des véhicules du centre et les déplacements sur le terrain des équipes de recherche.

2 Quantification des sources provenant des bâtiments

2.1 Consommation de gaz/ chauffage

La principale source de consommation énergétique des bâtiments provient du chauffage intérieur. L'INRS est chauffé par des chaudières alimentées au gaz naturel. Le laboratoire lourd est alimenté au gaz naturel, mais il possède également une thermopompe géothermique permettant de diminuer la consommation de gaz (donnée non disponible). Pour la station CIRSA, le chauffage des bâtiments est de type électrique et n'est donc pas inclus dans cette rubrique.

La consommation élevée en gaz est en particulier due aux températures extérieures hivernales moyennes pouvant avoisiner les -13°C . Les températures moyennes durant cette période sont de -10°C . La figure 1 présente les quantités de GN qui ont été consommées en avril 2019 et mars 2020. Le facteur d'émission provient du RIN (Rapport d'inventaire national) 2020 et est de 0,0019 tonne de CO_2 produit par m^3 de gaz consommé.

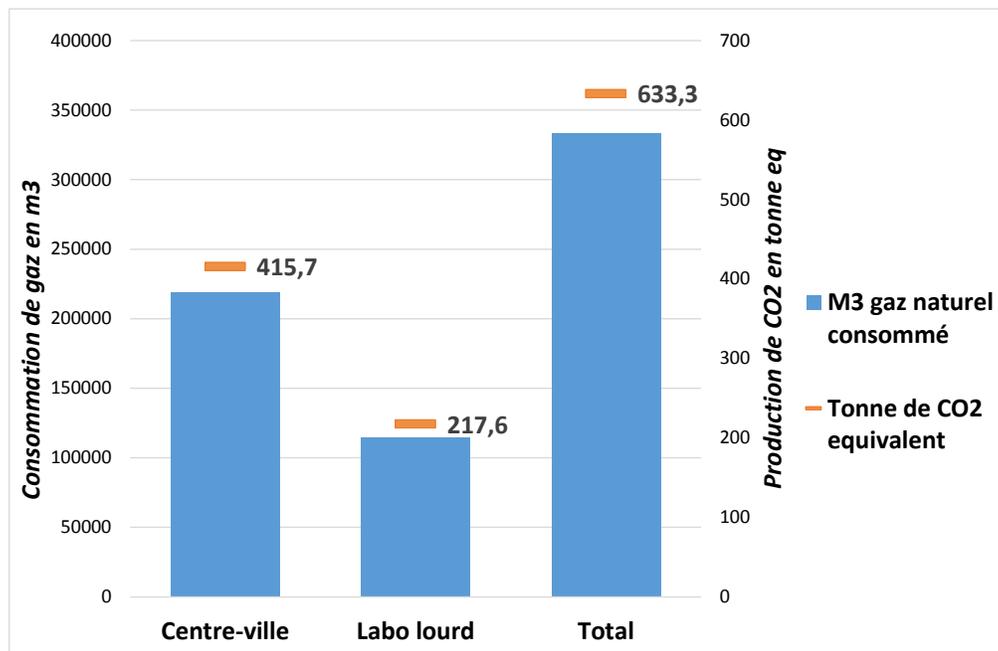


Figure 1 Consommation en gaz naturel des bâtiments de l'INRS pour le chauffage et émissions de CO_2 associées entre avril 2019 et mars 2020

La consommation totale en gaz naturel des bâtiments de l'INRS est de $333\,339\text{ m}^3$, soit l'émission de 633,3 tonnes eq de CO_2 . Le bâtiment du centre-ville est responsable de 65,7 % de ces émissions. Une certaine quantité de gaz est consommée à la station CIRSA pour la

cuisine, mais l'utilisation reste négligeable par rapport à la consommation des bâtiments de la ville de Québec.

2.2 Climatiseurs/ halocarbures

Certains GES ont des potentiels de réchauffement bien plus important que le CO₂, notamment les hydrofluorocarbures. Ces gaz sont le plus souvent utilisés dans la climatisation, ce qui en fait des sources à surveiller et à contrôler. D'autres gaz encore, sont utilisés pour la climatisation, mais ne sont pas des halocarbures.

Pour les climatiseurs et réfrigérants, dans certaines circonstances des fuites peuvent survenir. Les gaz utilisés dans les locaux de l'INRS sont le R-134a, le MP-66 ou encore le R404A. Les fuites sont possiblement quantifiables en fonction du nombre et de la fréquence des rechargements de gaz des climatiseurs et refroidisseurs.

En utilisant les données de rechargement ainsi que les méthodes de calcul provenant du « Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre du Québec », en annexe 3, l'émission moyenne de CO₂ liée à l'utilisation des climatiseurs et réfrigérant à l'INRS est de 7,99 tonnes de CO₂ eq (moyenne sur les 8 dernières années). En ajoutant la contribution du laboratoire lourd, l'émission est de 8,42 tonnes de CO₂ eq pour l'année de référence de ce bilan.

2.3 Électricité

L'INRS en tant que centre scientifique munie de nombreux appareils de laboratoire et électronique, utilise une quantité d'électricité conséquente. Indirectement la consommation en kWh est responsable de l'émission de GES par la production en amont.

Au vu du mix énergétique de la province de Québec, les émissions de CO₂ sont relativement faibles par rapport aux kWh qui sont consommés. En effet, la province est dotée d'un réseau électrique majoritairement basé sur les énergies renouvelables, en particulier des centres hydroélectriques. Bien que la construction et l'entretien de ces barrages produisent du CO₂, la production de GES par kWh reste faible en comparaison du reste du Canada. Le facteur d'émission provenant du RIN 2020 est de $1,7 \cdot 10^{-6}$ tonne de CO₂/kWh.

La figure 2 présente la consommation électrique des bâtiments de l'INRS. Au total, l'INRS consomme 10,2716 Gwh d'électricité sur une année. Avec 64% de la consommation, le centre ETE est le plus gros consommateur d'électricité suivie du laboratoire lourd avec 33,6% et le

reste est partagé entre la station CIRSA et l'administration au bâtiment du centre-ville. Enfin, cela donne une quantité d'environ 17,5 tonnes de CO₂ eq produit par la consommation électrique.

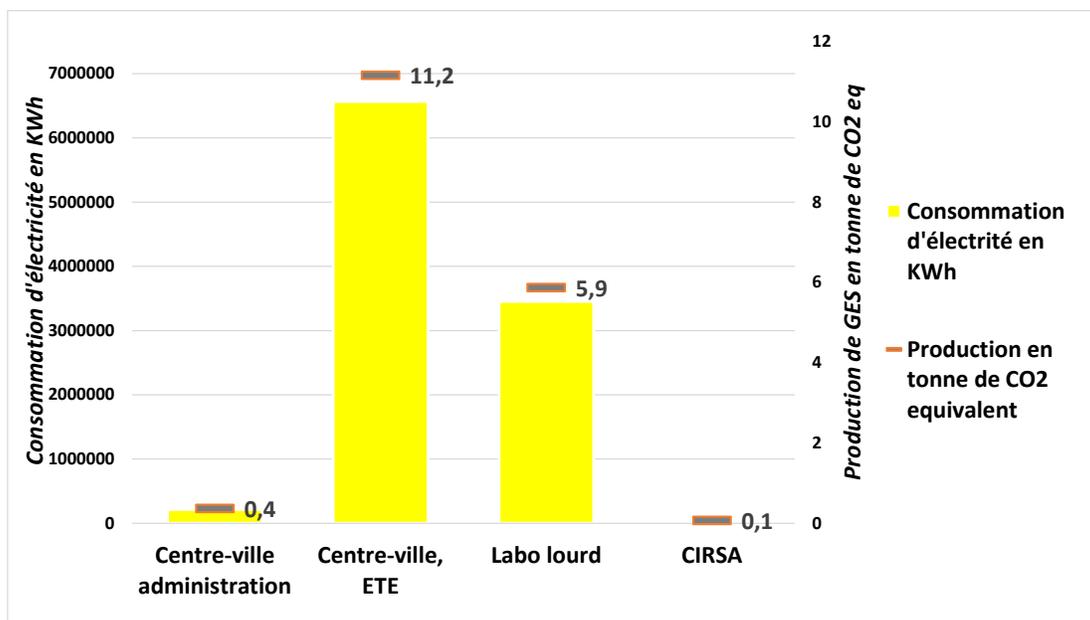


Figure 2 consommation électrique des bâtiments de l'INRS et production de CO₂ équivalente

2.4 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.

Les émissions de GES liés à la consommation et au traitement de l'eau des édifices de l'INRS ont été calculées à l'aide de la méthodologie du GIEC concernant les émissions provenant des eaux usées (volume 5 chapitre 6). Cette méthode de calcul prend en compte l'acheminement, le traitement des eaux usées et l'incinération des déchets de la station d'épuration. D'après la méthodologie du GIEC, le traitement d'un m³ d'eau usée émet 7,32721E-05 tonne eq CO₂.

L'INRS ne possède pas d'infrastructures permettant de comptabiliser sa production d'eau usée. Une estimation de la production a été réalisée à partir de la consommation en eau potable, en partant du principe que la production en eau usée est égale à 95% de la consommation en eau potable. Les 5% restant sont liés à la consommation humaine, ce pourcentage approximatif a été

fixé en équipe. La figure 3 présente la consommation d'eau potable (environ celle d'eau usée) du centre-ville et du laboratoire lourd.

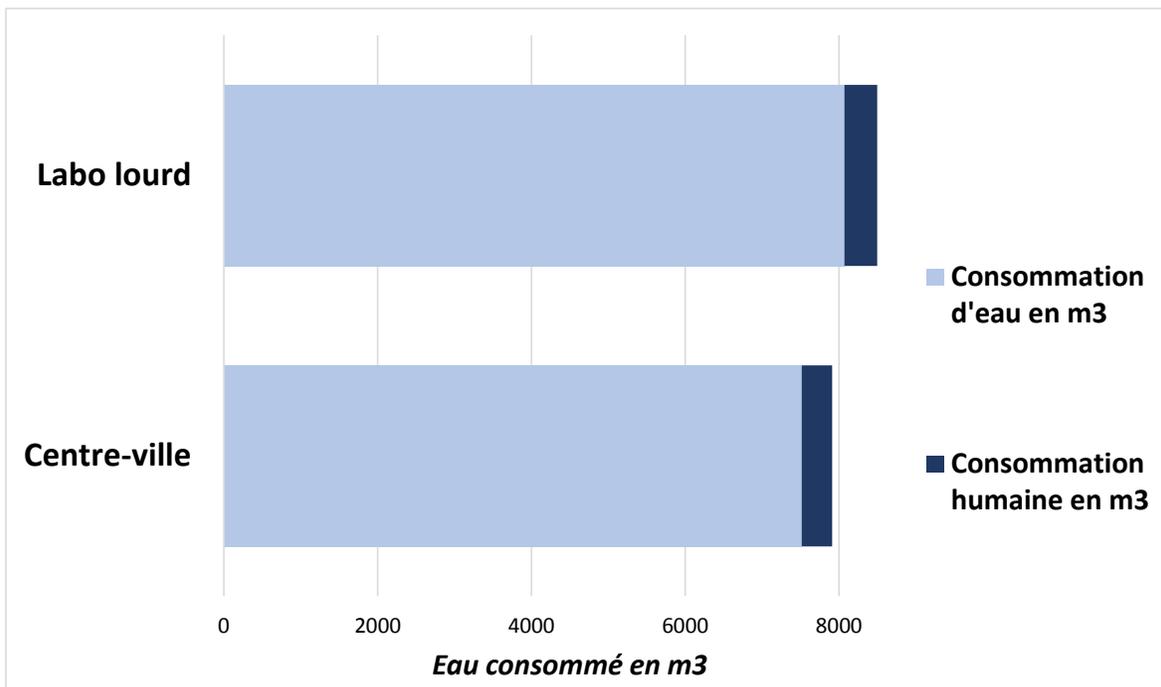


Figure 3 consommation d'eau potable et production d'eaux usées de l'INRS

En une année, l'INRS a produit 15586 m³ d'eaux usées sur l'année de référence ce qui équivaut à une émission de 1,14 tonne CO₂ équivalent.

2.5 Déchets

Le fonctionnement de l'INRS est à l'origine de la consommation de nombreux produits et réactifs. Ces déchets sont jetés et acheminés vers des filières de retraitement des matières recyclables ou incinérés. Le fait de brûler ces matières produit des GES. Au total, environ 104 tonnes de déchets non recyclables issus des laboratoires lourds et du centre-ville sont incinérées chaque année. L'incinération rejette des GES dans l'atmosphère, ces émissions sont attribuables au fait que les gaz de combustion ne vont pas être captés par les filtres de l'incinérateur.

Avec la méthodologie proposée par le GIEC dans son dernier rapport, améliorée en 2019, il est possible de calculer la quantité de GES rejetés dans l'air lors de l'incinération des déchets domestiques (tableau de la composition moyenne des déchets domestique en annexe 2). Le facteur d'émission est de 0,3879766 tonne de CO₂/ tonnes de déchets incinérés.

À noter que certains déchets spéciaux ne sont pas comptés dans ce bilan. En effet, tous les produits chimiques provenant des laboratoires, ainsi que les réactifs devenus inertes, censés être retraités ou recyclés n'ont pas été comptabilisés. Au vu des quantités utilisées dans les laboratoires, il serait utile de calculer les émissions qui correspondent au retraitement de tous ces composés. Cette analyse pourra être développée dans la prochaine étude.

Le graphique en figure 4 présente la quantité de déchets produits ainsi que l'équivalent en tonne de CO₂ rejeté dans l'atmosphère. Cela donne un total de 40,35 tonnes de CO₂ rejeté dans l'atmosphère dû à la production de déchets de l'INRS. À noter que ce chiffre est sous-estimé puisqu'une partie des matières résiduelles issues du laboratoire ne sont pas comptabilisées.

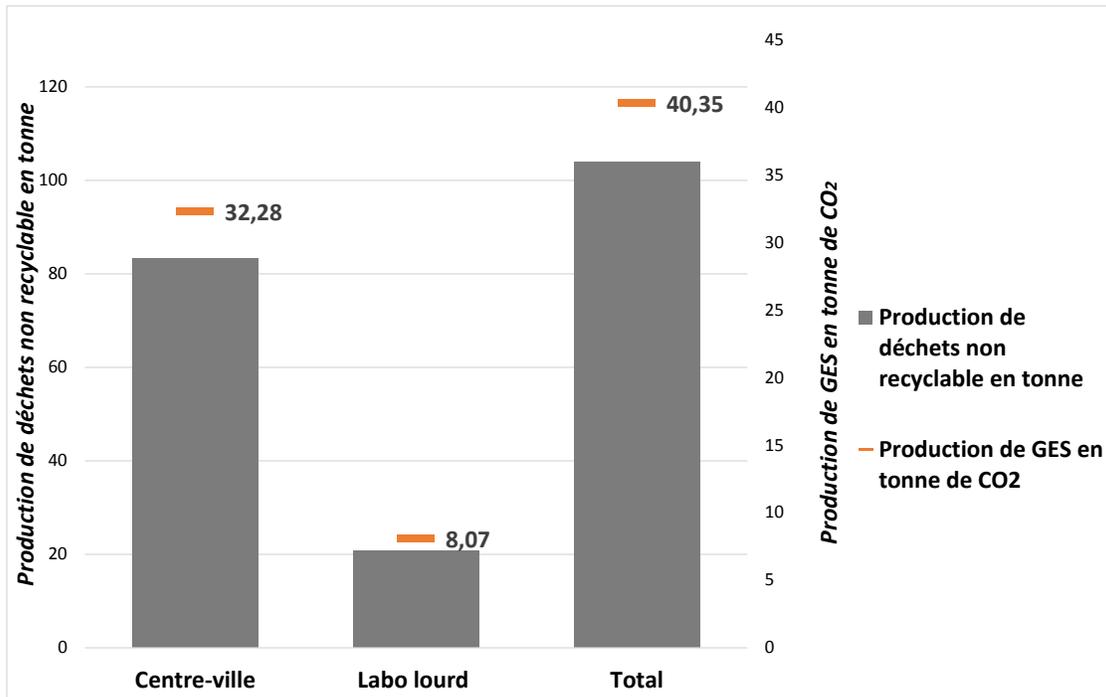


Figure 4 production de déchets annuels à l'INRS et émissions de CO₂ lié au traitement

2.6 Bilan partiel

Le graphique en figure 5 présente les différents secteurs produisant des GES dans les bâtiments de l'INRS. Avec une production de 633 tonnes de CO₂ par an, le chauffage est le secteur le plus polluant. Les bâtiments de l'INRS produisent annuellement par leur

fonctionnement un total de 700,7 tonnes de CO₂ équivalent. Un secteur clé pour une baisse de la dépense énergétique du bâtiment serait donc le chauffage. Un plan de baisse de la consommation de gaz et d'efficacité thermique accrue permettrait une production de GES moindre et un respect environnemental accru.

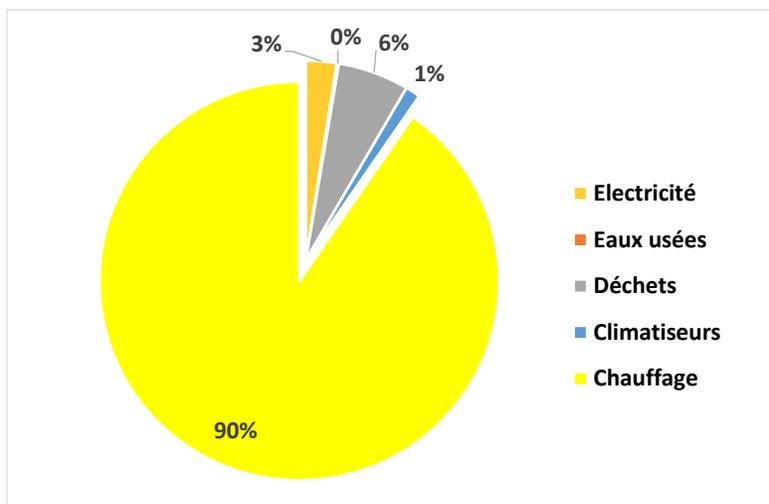


Figure 5 diagramme de la répartition des secteurs de production de GES des bâtiments

3 Quantification des sources provenant des déplacements des employés et des activités de recherche

3.1 Approche méthodologique de la quantification des GES produits par les employés

Les émissions de GES produits par les activités des employé(e)s de l'INRS ont été évaluées par l'intermédiaire d'un sondage (résumé dans le tableau en annexe 4). Les questions du sondage ont permis d'identifier : les trajets quotidiens des employés, les modes de locomotion et les déplacements externes (conférences, séminaires, réunion, etc). Le sondage est disponible à l'annexe 5. Ce document a été réalisé conjointement avec le personnel habilité dans le domaine de l'INRS.

Le bilan a pour but de comparer les sources d'émissions de GES et catégoriser les plus polluantes à réduire principalement. Dans le cas de ce bilan a été étudié l'impact des bâtiments sur les émissions de CO₂ auquel l'impact humain a été ajouté pour obtenir un résultat global et précis.

Un questionnaire a également été envoyé aux équipes de recherche et à leurs professeurs afin de quantifier les émissions provenant des travaux de recherche. En effet, certaines recherches nécessitent des travaux de terrain lointains. Également, les besoins de transport sur place entraînent des émissions de GES.

Le formulaire envoyé à toutes les équipes de recherche comporté les questions suivantes :

- Le lieu du terrain pour la recherche
- Le moyen de transport utilisé pour y aller
- Le moyen de transport sur place
- Le nombre de kilomètres parcourus
- La récurrence de ce déplacement
- Les compensations ou non de ces émissions

3.2 Bilan des employés

Le sondage envoyé par courriel à tous les employés de l'INRS a été conçu dans l'objectif d'avoir un aperçu des émissions provenant des trajets ponctuels et quotidiens. Sur les 469

personnes que compte l'université, le sondage a reçu 222 réponses, soit 47,12% donc avec une forte incertitude et nécessitant des calculs d'extrapolation pour se rapprocher d'un résultat correct.

- Émissions des trajets du quotidien et des déplacements annexes

Sur le graphique en figure 6 sont présentées les émissions des membres de l'INRS par rapport à leurs trajets journaliers et aux trajets annexes en lien avec leurs activités. Ainsi certaines catégories socio-professionnelles produisent des émissions plus importantes que les autres, notamment les professeurs, dus aux déplacements extérieurs, etc.

Également, il apparaît un certain déséquilibre entre les émissions liées aux trajets du quotidien et les déplacements extérieurs ponctuels. Pour les doctorants par exemple, les trajets du quotidien produisent peu de CO₂ alors que les déplacements ponctuels beaucoup plus. Cela indique notamment que ces derniers habitent proche de l'INRS, mais qu'ils ont d'assez nombreux déplacements.

Pour les post-doc, il semble que ceux-ci n'aient pas d'émission de CO₂. Cependant, ce résultat est biaisé du fait que peu ont répondu (comme il sera présenté par la suite) donc n'est pas vraiment représentatif de la catégorie.

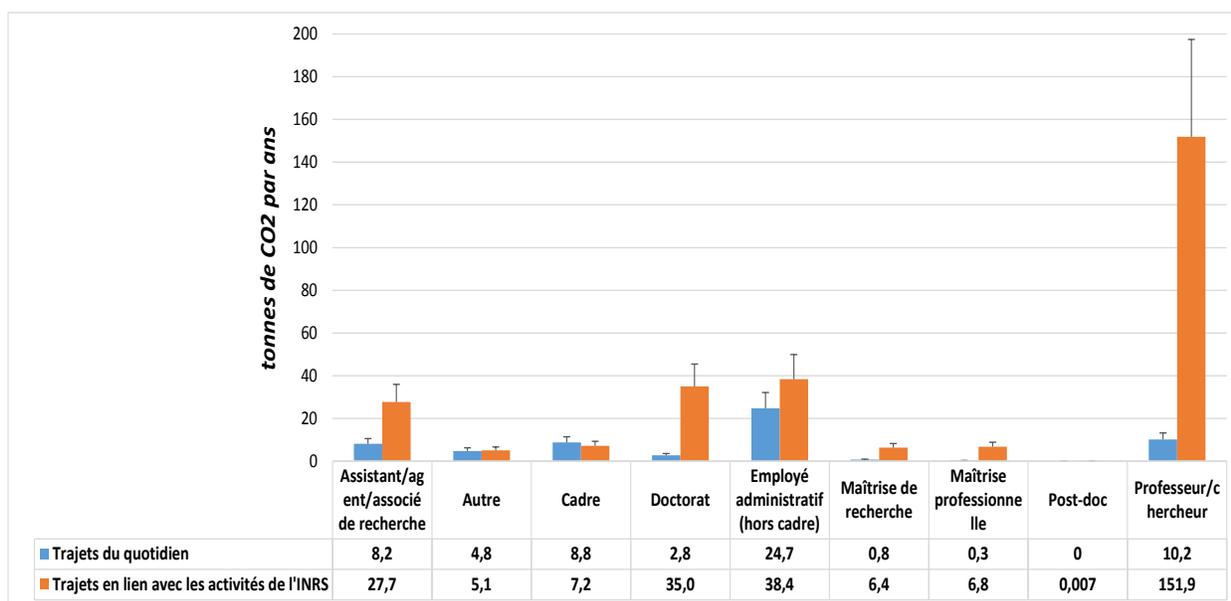


Figure 6 bilan GES calculé selon les catégories socio-professionnelles pour les trajets

Sur la figure 6 ci-dessus, la marge d'erreur positive de 30% est due au fait que le sondage n'a pas été rempli par tous les membres de l'INRS et donc que le résultat réel est supérieur.

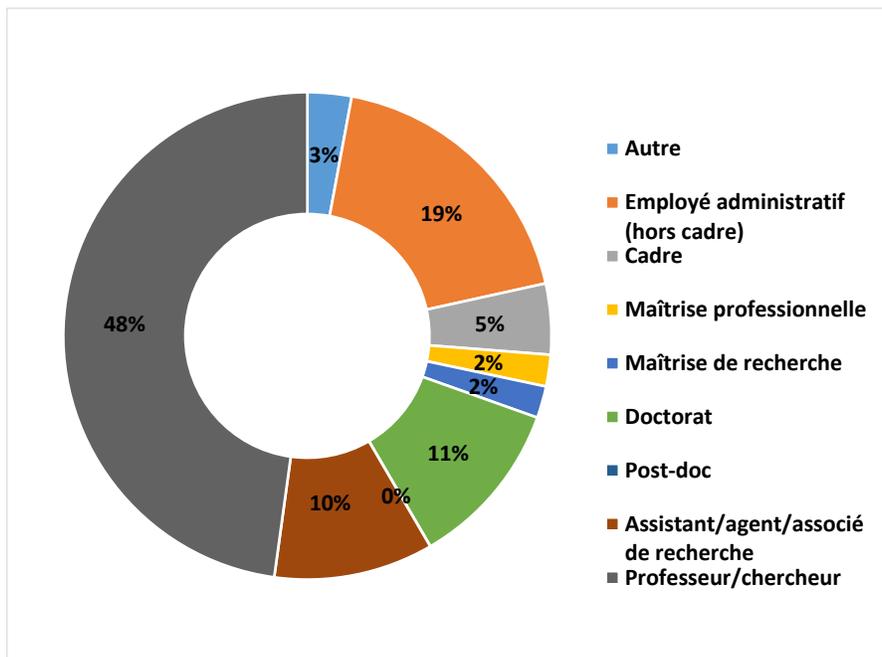


Figure 7 pourcentage de GES calculé pour les trajets de chaque catégorie socio-professionnelles

La figure 7 représente le pourcentage d'émissions de GES émises lors des trajets par chaque catégorie socio-professionnelles. Presque la moitié des émissions proviennent des trajets des professeurs et notamment en lien avec des séminaires, déplacements ponctuels.

Les employés administratifs sont également à l'origine d'environ un sixième des émissions, avec presque autant par leurs trajets journaliers que par leurs trajets ponctuels. Les catégories les moins polluantes sont les maîtrises et les post-docs.

Les résultats des figures précédentes sont calculés sur la base du personnel ayant répondu au sondage, le résultat réel est donc plus important. Les données n'ayant pas été reçues, ont été extrapolées dans la figure 11 et ce sont donc ces données qui seront utilisées dans le bilan final.

- Moyens de transport lors de sorties ponctuelles et bilan en tonne de CO₂

Pour les trajets ponctuels extérieurs en lien avec l'INRS, il a été demandé dans le sondage de calculer ses propres émissions en fonction des voyages effectués. Quatre catégories de

transport peuvent être choisis : l'avion, les autobus interurbains, la voiture et une rubrique autre. L'objectif est de savoir quelle est le moyen de transport le plus utilisé lors de déplacements extérieurs, et quel est le moyen de transport le plus polluant. Les résultats sont présentés dans la figure 8. L'avion est le moyen de transport qui pollue le plus au niveau des déplacements extérieurs, avec 58% des émissions totales. Ces émissions sont majoritairement dues aux déplacements extérieurs des professeurs et des employés administratifs qui utilisent sporadiquement ce moyen de transport. Pour l'avion, 158,15 tonnes de CO₂ eq ont été émises. Pour tous les transports réunis, cela donne un résultat de 273,71 tonnes de CO₂ eq émises.

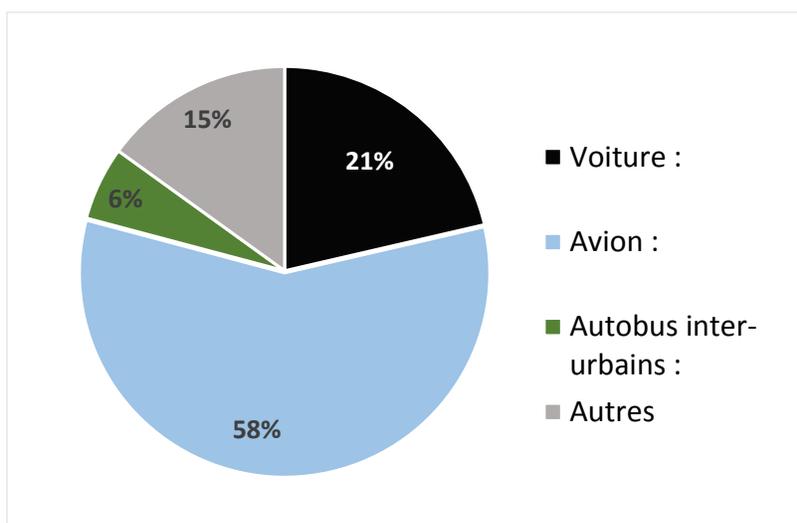


Figure 8 proportion des moyens de transport utilisés lors des déplacements extérieurs avec l'INRS

- Moyens de transport pour les trajets quotidiens utilisés par les différentes catégories socio-professionnelles

Pour les trajets du quotidien, l'étude a porté sur les moyens de transport utilisés par les différents membres de l'INRS. Les objectifs sont d'identifier les différences d'usages entre les différentes catégories professionnelles et d'évaluer les pratiques polluantes majoritaires en visant des plans d'atténuation par des biais de transport moins polluant. Pour les transports par voiture, moto et scooter le facteur d'émission adéquat a été déterminé par l'intermédiaire du site « Planetair ».

A priori, certaines suppositions ont été faites ; que les catégories utilisant le plus des véhicules polluants seraient les professeurs, cadres et employés, notamment dû au fait que leur niveau de vie est supérieur à un étudiant moyen. Également, il semblait logique que les étudiants utilisent les moyens de transport public et la marche pour se rendre à l'INRS. Enfin, il est

possible d'émettre comme hypothèse que plus la catégorie sociale est aisée, les cadres, employés, professeurs par exemple, plus le lieu d'habitation est lointain et le transport polluant.

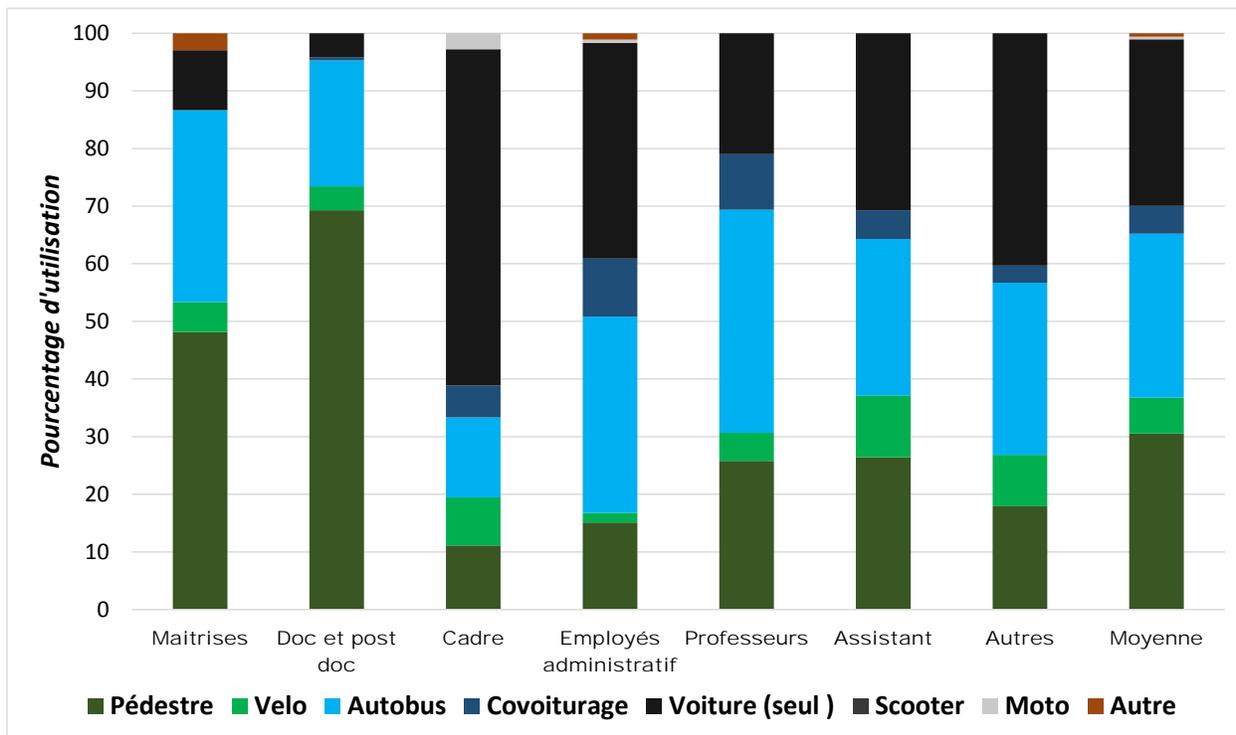


Figure 9 Utilisation des différents moyens de transport pour chaque catégorie socio-professionnelles lors des trajets du quotidien

La figure 9 présente le pourcentage d'utilisation par catégorie socio-professionnelles des différents moyens de transport pour venir jusqu'à l'INRS (ou laboratoire lourd). Pour les étudiants, la marche et le vélo sont majoritairement privilégiés. L'autobus arrive en deuxième position, les autres moyens de transport sont largement minoritaires.

L'autobus est utilisé par toutes les catégories et est le moyen de transport privilégié des professeurs, qui eux même utilisent le plus le covoiturage. Pour les cadres et les employés administratifs, c'est la voiture seule qui vient en premier dans le mix des transports. Deux spécificités sont remarquables ; les employés administratifs cadres et hors cadres utilisent les moyens de transport les plus polluants.

Avec un regard global, il apparaît que c'est en moyenne, la marche qui est le moyen de transport le plus pratiqué avec 30,5% des déplacements, ensuite vient la voiture seule avec 28,9% et enfin l'autobus avec 28,4%. L'intérêt serait pour les années à venir de faire passer la part des déplacements en autobus au-dessus de la voiture seule. L'utilisation massive de la

voiture seule peut être due à un éloignement du lieu de vie. La figure 10 montre effectivement que les catégories ayant les lieux d'habitations les plus éloignés sont les professeurs (12,5 km), les employés administratifs (16,2 km) et les cadres (16,3 km). Il est donc logique que ces catégories polluent le plus avec leurs trajets du quotidien. Les étudiant à la maîtrise et au doctorant habitent proche de l'INRS avec une moyenne de 4,2 et 3,4 km.

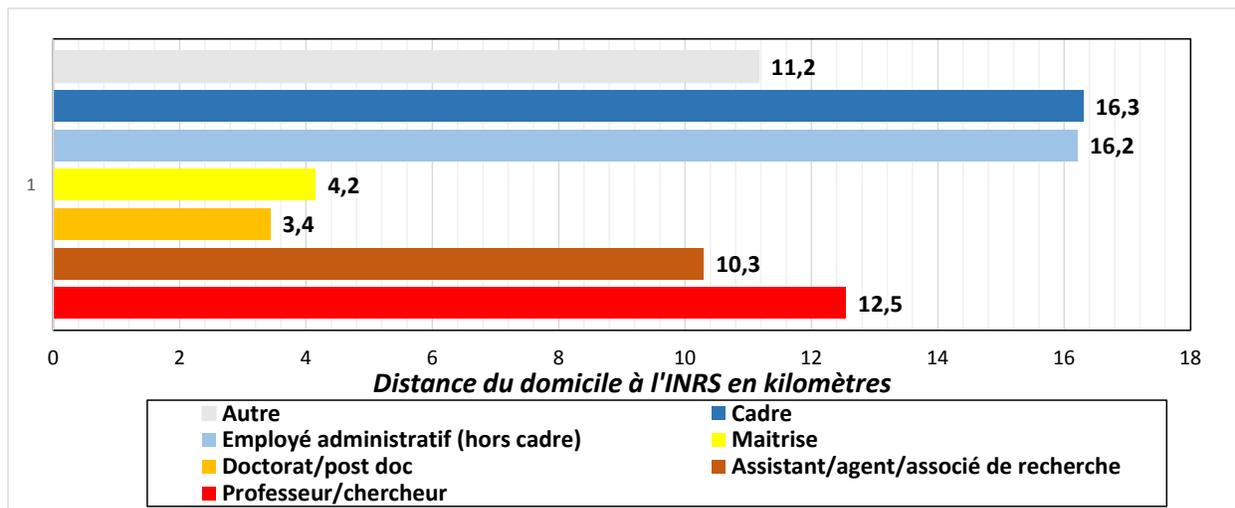


Figure 10 distance moyenne entre le lieu de travail et le domicile selon les catégories professionnelles

- Re-calcul du bilan avec extrapolation des données de sondage non reçue en fonction de la catégorie socio-professionnelle

Un traitement des données du sondage a été nécessaire pour s'approcher d'un résultat théoriquement plus proche de la réalité. En effet, n'ayant pas reçu la totalité des réponses, le résultat obtenu en tonne de CO₂ est logiquement incomplet. Pour pallier à cet inconvénient, la méthodologie la plus simple a été de diviser les émissions par le nombre de personnes et de multiplier ce facteur par le nombre de personne n'ayant pas répondu au sondage.

Pour obtenir un résultat plus précis, la liste des effectifs selon la catégorie socio-professionnelle a été récupérée pour déterminer combien de personnes dans chaque catégorie n'avaient pas répondu. Une moyenne de production de CO₂ a été faite par catégorie multipliée par le nombre n'ayant pas répondu au sondage. L'hypothèse faite dans cette méthodologie est que les membres d'une même catégorie sociale ont des productions de GES similaires et proches entre elles en moyenne.

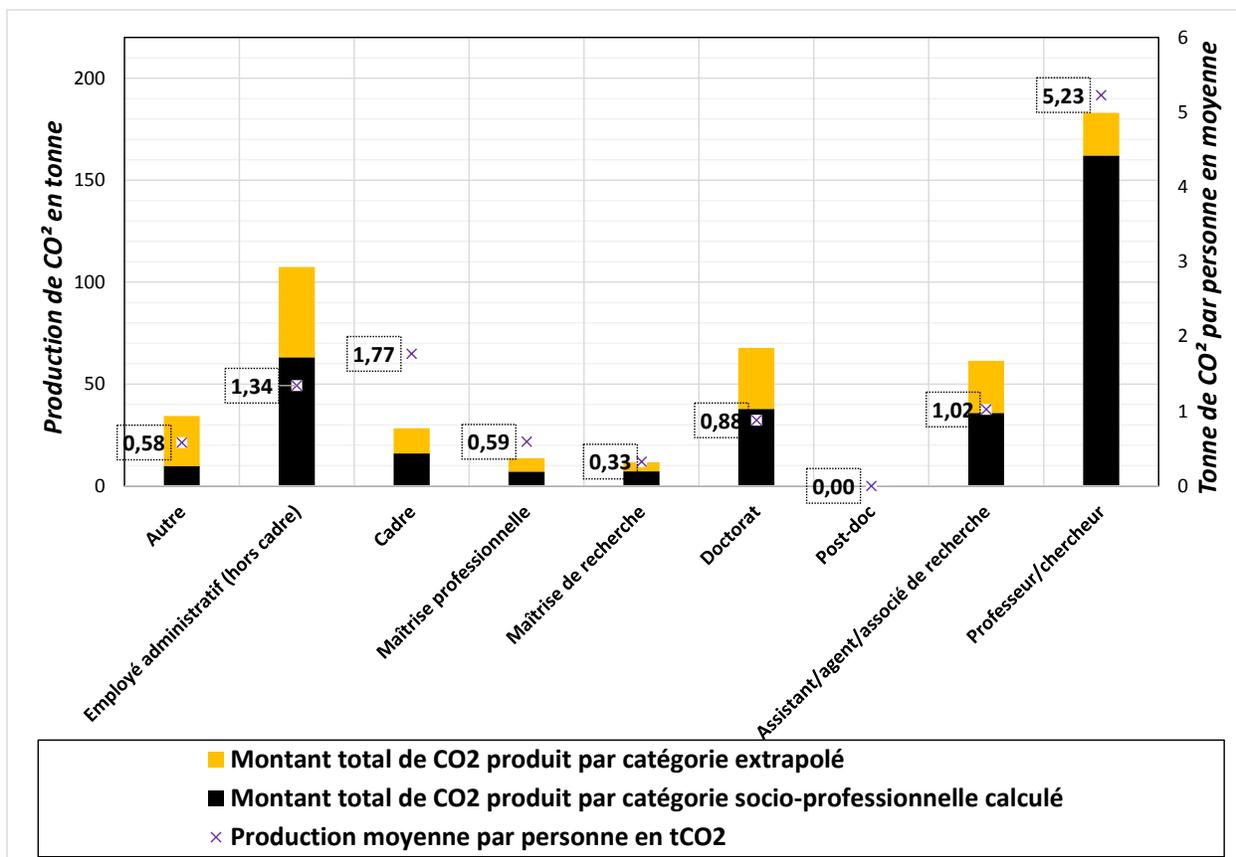


Figure 11 production de GES par les différentes catégories, extrapolation en fonction du nombre de non-répondants pour chaque catégorie

La figure 11 ci-dessus présente les quantités de CO₂ produit par chaque catégorie socio-professionnelle pour les trajets en lien avec l'INRS. Pour chaque catégorie est calculé une moyenne de production de CO₂ par personne; 5,23 tonnes de CO₂ eq en moyenne pour chaque professeur alors que pour un étudiant en maîtrise ce nombre est de 0,33 tonne. En annexe 6 est présenté le total de production de GES extrapolé par catégorie socio-professionnelle.

Sur le graphique, la partie en noire présente la quantité de CO₂ produit calculé et en jaune sont extrapolation en fonction du nombre de personne n'ayant pas répondu. Par exemple, les employés hors cadre ont vu leurs émissions totales augmenter de 21 tonnes de CO₂ avec l'extrapolation. Les émissions totales avant extrapolation sont de 339 tonnes CO₂ et elles augmentent à 542 tonnes après extrapolation, soit une augmentation de 59,8%.

3.3 Bilan des activités de recherche

Dans l'objectif de compléter le bilan des employés, les activités et déplacements de recherche ont été quantifiés. Les professeurs/chercheurs étant les premiers impliqués dans ce processus se sont vu donner un questionnaire visant à compléter tous les trajets de leurs équipes, leurs distances, moyens de locomotion, etc. Il y a eu peu de réponses malgré plusieurs relances. Au final, cette rubrique comporte donc une incertitude plutôt élevée.

A l'avenir il est essentiel de mettre en place des automatismes de comptabilisation des GES, lors de sortie terrain par exemple ou tout voyage à l'extérieur de l'INRS. Une fiche de suivi pourrait être efficace.

Donc, pour le bilan CO₂ de cette rubrique il a été possible de calculer une quantité de carbone théorique provenant des travaux de recherche. En tout, ce sont 7 professeurs sur les 35, soit 20% qui ont répondu au questionnaire. Les émissions de CO₂ sont présentés sur le graphique ci-dessous en fonction des équipes de recherches.

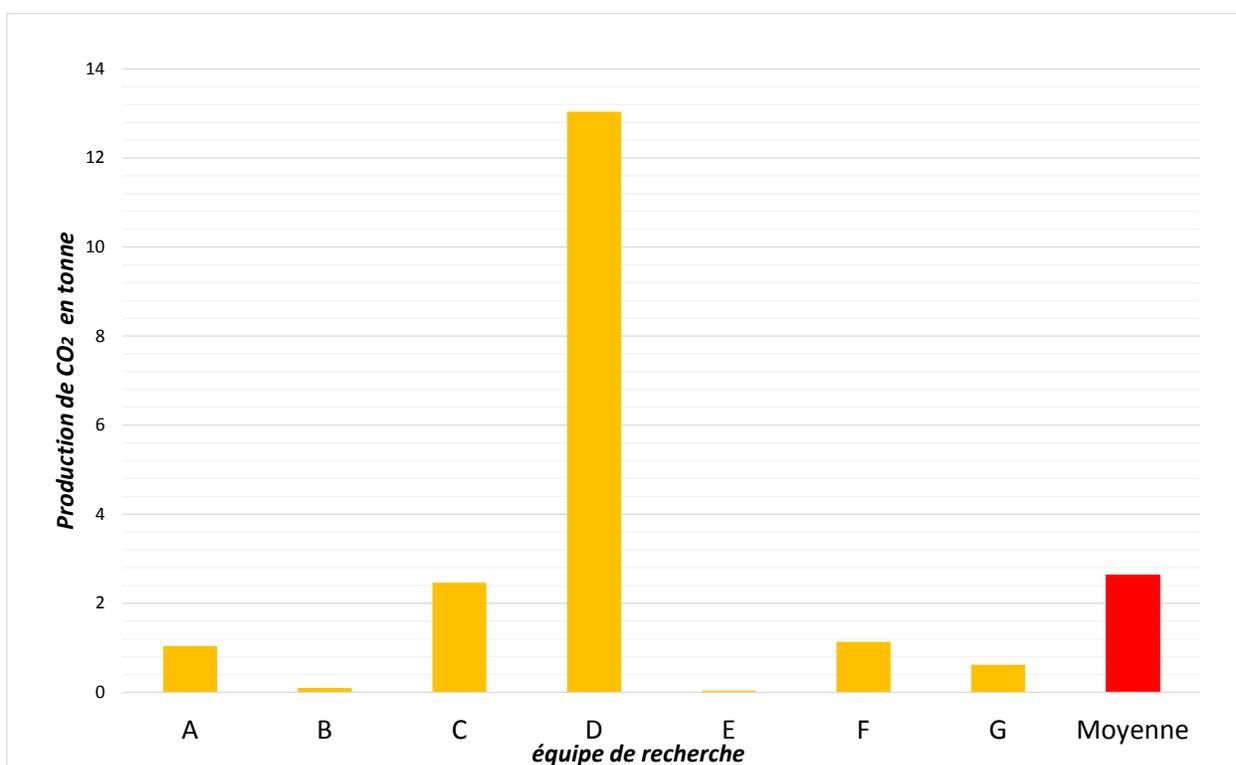


Figure 12 production de GES par équipe de recherche

À partir de la moyenne obtenue pour les équipes de recherche, le résultat a été multiplié par le nombre de professeurs n'ayant pas répondu au questionnaire. Le total est donc une quantité de

CO₂ en tonne produite par les équipes de recherche avec une incertitude de 80%. Ces données sont présentées dans la figure 13 ci-dessous.

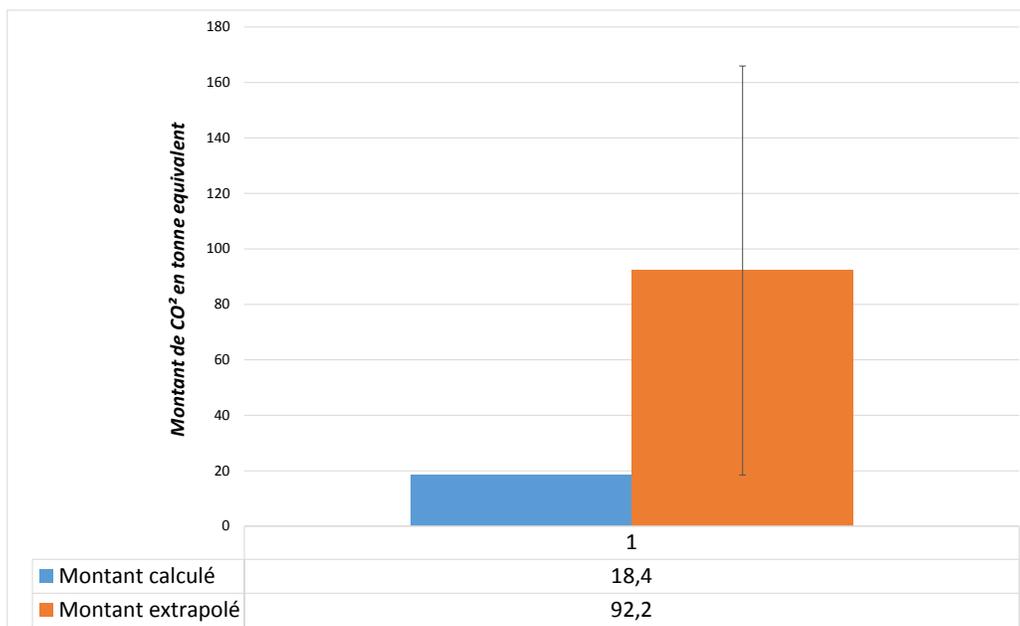


Figure 13 montant de GES calculé et extrapolé pour les activités de recherche

Pour cette rubrique caractérisée par une incertitude très élevée, entre 18,4 et 162 tonnes de CO₂ sont produites dû aux activités de recherche.

3.4 Trajets et véhicules institutionnels

Dans cette rubrique, il est question des véhicules sous le contrôle de l'INRS, et des trajets par exemple des stages pour les élèves de l'université. L'université possède une voiture de fonction. Pour cette étude deux stage ont été comptabilisés : le stage d'été au CIRSA et le stage d'hiver dans la forêt Montmorency. Le véhicule de fonction a parcouru un total de 77 572 km lors de l'année. Avec le facteur d'émission correspondant au type de modèle de la voiture, le total est de 19,4 tonnes de CO₂ équivalent produit dans l'année.

Pour les deux stages, à partir des véhicules employés et du nombre de personnes y ayant participé, le total est de 0,75 tonne de CO₂ équivalent. Pour cette rubrique le total de production est de 20,15 tonnes de CO₂ équivalent.

4 Bilan des émissions de l'université

4.1 Incertitude des résultats

Dans le cadre de ce bilan GES, de nombreuses données ont été manipulées et compilées pour atteindre un résultat représentatif. Pour le sondage par exemple, celui-ci est influencé par tous les résultats, pouvant être erronés par des maladroites d'écritures ou encore par le manque de données. Les calculs extrapolés sont également sujets à une erreur non prévisible, mais possiblement encadrés dans un intervalle de valeurs.

Les résultats sont donc pour la plupart à prendre avec une certaine incertitude, avec les automatismes et l'expérience ces incertitudes devraient réduire d'année en année si le bilan est amélioré par une volonté commune.

Dans cette partie est étudiée la fiabilité des données qui ont été utilisées pour les calculs.

Le poids et la fiabilité de chaque donnée ont été calculés en fonction de leur provenance. La méthodologie a été inspirée des travaux de l'université Laval sur les incertitudes dans leur bilan GES. Le tableau 2 présente les différentes rubriques, avec les sources de données utilisées, et enfin une estimation de la fiabilité dans la dernière colonne.

Les données provenant directement de l'INRS sont considérées comme les plus fiables, car les plus direct et vérifiable. Les facteurs d'émission proviennent notamment du GIEC et du rapport d'inventaire national et sont donc sujets à une certaine incertitude. Enfin les données génériques utilisées ; comme provenant par exemple de statistique nord-canadienne, sont sujet à une incertitude plus élevée.

Certaines rubriques, comme pour la combustion mobile comportent une incertitude élevée, cela est dû notamment au manque de données provenant de l'administration et la difficulté de les obtenir. Un seul véhicule de fonction a été noté, malgré les nombreux véhicules loués et utilisés pour les travaux de terrain. Enfin, au niveau de la confiance globale en ce bilan, le résultat total des incertitudes est de 86%. L'université Laval estime qu'une confiance entre 60 et 90% indique une fiabilité moyenne du résultat. Il est donc évident que pour amoindrir cette incertitude, il sera question pour les années futures d'améliorer la transmission de données et de se baser majoritairement sur les sources universitaires.

Source	Donnée	Provenance de la donnée	Fiabilité estimée	Moyenne de fiabilité
Combustion stationnaire	Quantités de combustible utilisées annuellement	INRS	100	<u>90</u>
	Facteurs d'émission des combustibles	RIN	85	
	Potentiel de réchauffement climatique des gaz	5ème GIEC	85	
Électricité	Quantité de combustibles utilisée annuellement	INRS	100	<u>90</u>
	Facteur d'émission de l'électricité au Québec	RIN	85	
	Potentiel de réchauffement climatique des gaz	5ème GIEC	85	
Fuites d'halocarbures	Quantité d'halocarbures émise à la suite de fuites (estimée à partir des données de remplissage)	INRS	95	<u>92.5</u>
	Potentiel de réchauffement climatique des gaz	5ème GIEC	90	
Déchets	Quantité de déchets par semaine	INRS	90	<u>87.5</u>
	Composition des déchets	RIN	85	
Eaux usées	Quantité d'eau potable consommée	INRS	90	<u>88.3</u>
	Traitement de l'eau	GIEC	90	
	Données d'émissions	RIN	85	
Combustion mobile	Nombre de véhicules employé par l'université	INRS	50	<u>67.5</u>
	Quantité de carburant utilisé	INRS	50	
	Facteur d'émission du véhicule	carboneboreal	85	
	Potentiel de réchauffement	5ème GIEC	85	
Trajet journalier	Résultat du sondage	Membre de INRS	80	<u>86.7</u>
	Extrapolation des données		95	
	Facteur d'émissions	carboneboreal	85	
Travail de terrain/ recherche	Questionnaire pour les professeurs	Membre de INRS	90	<u>86.7</u>
	Extrapolation des données		85	
	Facteur d'émissions	carboneboreal	85	

Tableau 2 incertitude selon les rubriques de l'université

4.2 Émissions totales et indicateurs de pollution

- Bilan des émissions

Dans cette partie sont présentées les émissions totales de l'université. Il est question ici de faire le bilan de toutes les rubriques vues précédemment. Il sera question également de comparer cette quantité de pollution à d'autres secteurs d'émissions de carbone pour mieux appréhender le résultat.

La figure 14 présente la répartition des émissions par secteur de l'université. Deux catégories se détachent majoritairement par rapport à leur proportion dans le mix des émissions ; ce sont les trajets et déplacements avec l'INRS et le chauffage. Les deux catégories citées précédemment représentent au moins 86% des émissions de GES de l'université.

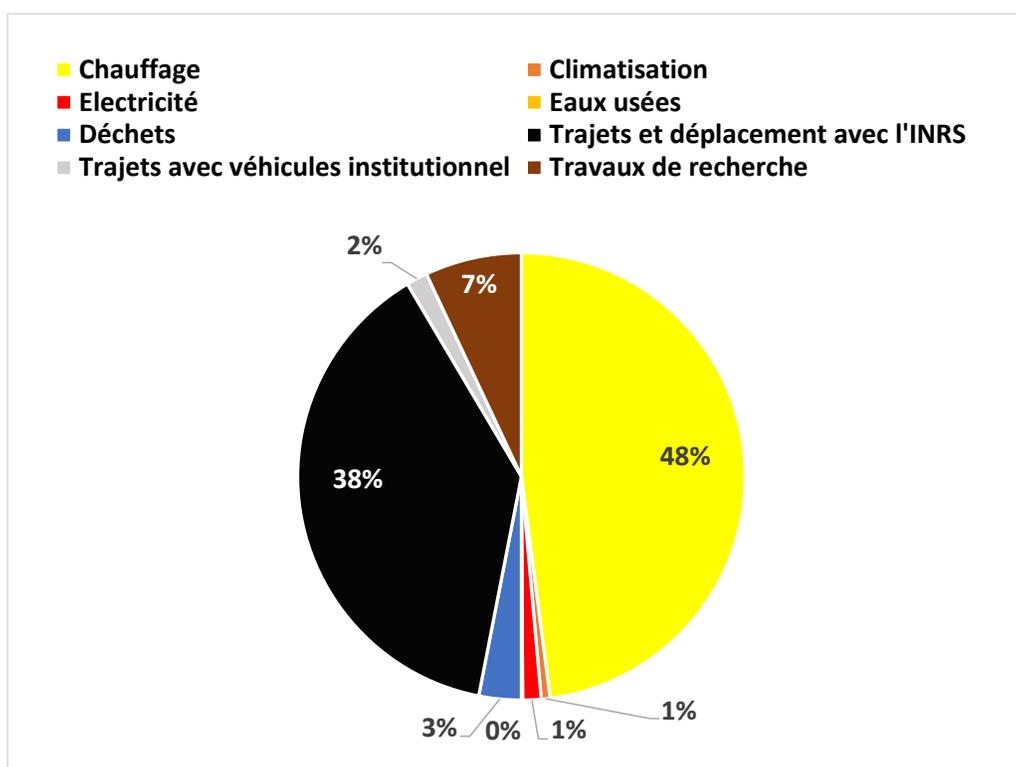


Figure 14 part de la production de GES selon les secteurs de l'université

Le reste du bilan est partagé entre les travaux de recherche, les déchets, les trajets institutionnels, l'électricité, les eaux usées et la climatisation, le tout représentant moins de 14% des émissions de GES.

Le tableau 3 montre le récapitulatif des émissions de toutes les catégories prises en compte dans le bilan. Pour le chauffage des bâtiments, c'est 633,3 tonnes de CO₂ eq qui sont rejetés dans l'atmosphère, les émissions provenant de la consommation électrique n'équivalent même pas à 3% de celles pour le chauffage. Cela indique que certains secteurs sont clés dans les émissions de carbone et sont donc à réduire prioritairement pour baisser les émissions du bilan.

Émissions par catégorie	Tonne de CO ₂ équivalent	Incertitude	Incertitude calculée
<i>Chauffage</i>	633,3	10	±63,3
<i>Climatisation</i>	8,4	7,5	±0,6
<i>Électricité</i>	17,5	10	±1,8
<i>Eaux usées</i>	1,1	11,7	±0,1
<i>Déchets</i>	40,4	12,5	±5,1
<i>Trajets et déplacement avec l'INRS</i>	542	13,3	±72,1
<i>Trajets avec véhicules institutionnels</i>	20,2	32,5	±6,5
<i>Travaux de recherche</i>	92,2	13,3	±12,3
<u><i>Total</i></u>	<u>1355,1</u>		<u>±161,8</u>

Tableau 3 émissions totales de l'INRS par rubrique

Pour ce qui est du bilan total, le résultat est de 1355,1 tonnes de CO₂ équivalent. L'incertitude est de plus ou moins 161,8 tonnes de CO₂ équivalent, ce chiffre est peut-être sous-estimé au vu des données manquantes pour le bilan.

- Émissions équivalentes

Avec le résultat précédent, les émissions totales de l'université représentent 1355,1 tonnes de CO₂ équivalent. Ce nombre, bien qu'important, doit être comparé avec des indicateurs de pollution similaire, pour mieux saisir l'importance de ces émissions. Dans cette partie sont comparées les émissions totales de l'université avec des distances d'avion, de voitures équivalentes.

Compensation	Compenser les 1355,1 tonnes de CO₂
<i>Plantation d'arbres</i>	9500
<i>Donation d'argent (ecoterra)</i>	33 025\$

Tableau 4 moyen de compensation des GES

Equivalences	Équivalent des 1355,1 tonnes de CO₂	Tour de la terre
<i>Trajet en avion</i>	5280000 km	132
<i>Trajet en voiture (petit SUV)</i>	5800000 km	145
<i>En ordinateur portable (production et utilisation)</i>	5670	
<i>En consommation de gaz naturel</i>	700 000 m ³	
<i>En kg de bœuf produit et consommé</i>	483000 kg	

Tableau 5 émissions équivalentes à celles de l'université

Les deux tableaux ci-dessus correspondent aux émissions totales de l'université avec d'autres indicateurs. En haut, le tableau expose les moyens de compensation de ces 1355,1 tonnes de CO₂ à partir de 2 indicateurs. Ainsi, la quantité d'émission correspond à la plantation de 9500 arbres. Également, il serait possible de compenser ces émissions en donnant de l'argent à un organisme spécialisé dans la séquestration du carbone. Le site ecoterra promeut des projets à forte séquestration de carbone, avec 33 025\$CA de don les émissions de l'université seraient nulles et elle deviendrait carboneutre.

En bas, le tableau fait référence à des productions ou des trajets ayant un impact similaire aux 1355,1 tonnes de CO₂ émis par l'université dans l'année. Cette somme est équivalente à 132 fois le tour de la terre en avion, ou encore à la production de 5670 ordinateurs portables.

5 Piste d'atténuation et de surveillance des émissions de GES

5.1 Idées d'actions pour la baisse de l'impact de l'université

Au travers des émissions dans ce bilan, la conclusion est que la mesure de la quantité totale de CO₂ que produit l'université n'est pas encore complète. Certaines catégories comme les émissions des travaux de recherche ou encore la combustion mobile comportent des lacunes de données qui seront importantes à combler dans les prochaines années.

Les catégories les plus polluantes sont le chauffage et les trajets en lien avec l'INRS ce sont donc les rubriques où l'atténuation des émissions est primordiale.

Des plans sont à élaborer pour la réduction de ces émissions ; au plus simple, au niveau du chauffage certains travaux pourraient être nécessaires pour réduire la facture énergétique de ce secteur. Également, pour réduire les dépenses énergétiques une meilleure gestion du chauffage des locaux serait nécessaire. Pour cela, il faudrait que les pièces n'étant pas habitées et avec peu de passage soit mise au minimum de température possible. Également, la température ne devrait pas être réglable directement par les étudiants dans les salles, afin de ne pas inciter au surchauffage. Malgré le côté évident de ces solutions, leur simplicité pourrait être efficace à long terme.

Des améliorations pour les types de transport utilisé peuvent être suggérées. Avec le graphique ci-dessous sont présentés les effets sur la production de CO₂ de la baisse de l'utilisation de la voiture par les membres de l'INRS.

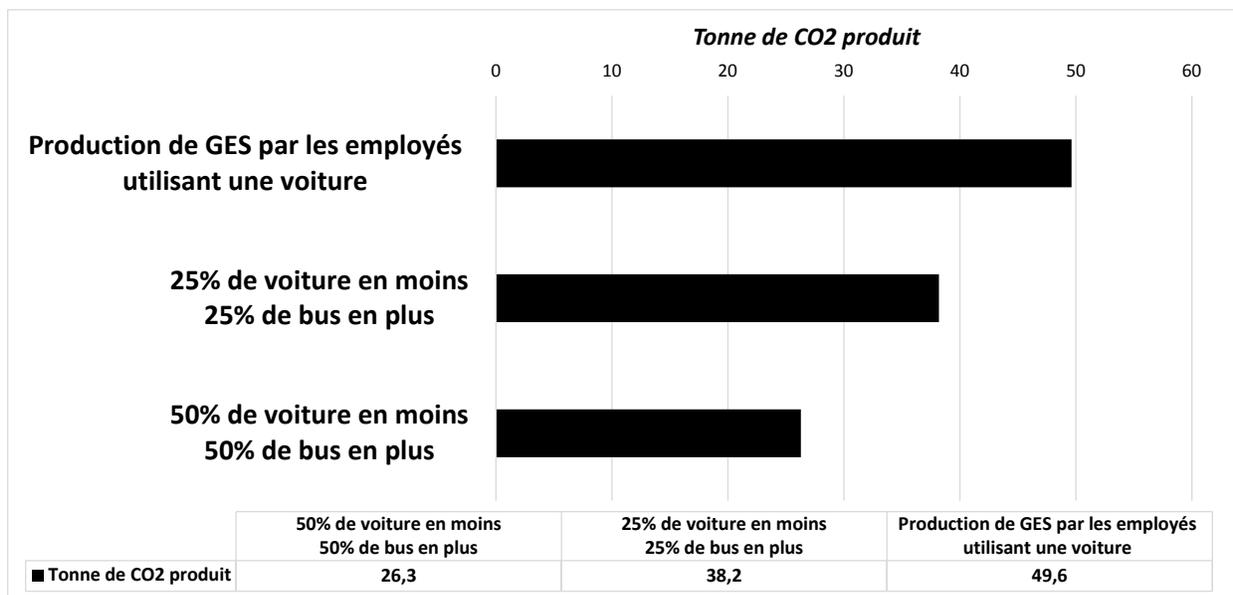


Figure 15 effet de la baisse de l'utilisation de la voiture sur le bilan GES

On voit donc à partir de ce graphique les effets bénéfiques de la baisse de l'utilisation de la voiture pour les trajets du quotidien. En prenant les émissions totales (sans interpolation donc sous-estimée) des trajets en voitures, celles-ci sont de 49,6 tonnes de CO₂ équivalent ; en baissant de 25% les trajets en voiture pour les remplacer par l'autobus, la baisse sur l'année est de 11,4 tonnes de CO₂ équivalent. Si les employés baissés de 50% l'utilisation de la voiture dans leurs trajets du quotidien se serait une baisse de 23,3 tonnes de CO₂ équivalent.

Dans des cas spéciaux, il est impossible de remplacer la voiture par l'autobus, notamment pour les employés habitant loin ou avec peu de transport en commun proche de leur lieu d'habitation.

Une assemblée visant à promouvoir les systèmes de baisse d'impact de l'université pourrait être une solution pour trouver alternatives communes pour faire de l'INRS une université plus écoresponsable.

Enfin, les projets visant à la réduction, ou la séquestration de CO₂ n'ont pas été comptabilisés. Ainsi, il est possible que des recherches de l'INRS fassent baisser significativement le bilan carbone. C'est une piste à suivre dans les bilans futurs.

5.2 Méthodologie de quantification annuelle

Ce bilan a pour objectif principal de mener à un rapport annuel sur les émissions de l'université. Certaines rubriques et certains aspects méritent plus d'attention et de recherche ce qui n'a pas

était suffisant dans le laps de temps de ce stage. Il est donc question de prolonger ce travail, de le simplifier et de créer des chemins d'acquisition de données simple et préalablement remplies.

La création de certains documents de suivi sur l'année serait primordiale pour un bilan précis ; par exemple une feuille prenant en compte tous les déplacements des doctorants/ maîtrises/ membres de l'INRS dans le cadre de déplacement avec l'INRS. Les factures pourraient permettre de savoir le carburant consommé chaque année, tout en restant anonyme, améliorant la précision du bilan. Également, les sorties de recherche sur le terrain pourraient être notifiées par les professeurs régulièrement et permettraient un travail court à chaque déplacement. Il suffirait de noter la fréquence, la distance et le moyen de transport à chaque voyage ce qui simplifierait grandement les démarches de comptabilisation.

Enfin, pour le bilan en lui-même, l'élaboration d'un guide de réalisation pourrait permettre de faire les démarches dans un ordre logique pour les années à venir. La plupart des documents de travail sont faits et seuls les montants sont à changer. Une chronologie peut être établie ainsi :

1. Récupérer les données de la consommation d'eau potable, des déchets produits, de l'électricité consommée, de recharge pour la climatisation, de la consommation de gaz naturel.
2. Mettre à jour les données des facteurs d'émission des gaz, avec les rapports du GIEC les plus récents.
3. Mettre à jour les données du RIN (rapport d'inventaire national) du Canada en fonction du dernier publié.
4. Vérifier les publications par rapport à la quantification des gaz à effet de serre pour être à jour.
5. Récupérer les données des factures d'essence pour établir la consommation de carburant sur l'année.
6. Faire un sondage pour le déplacement des employés, possibilité d'améliorer la syntaxe pour une plus grande compréhension. Partager et prévenir massivement les membres de l'INRS de la nécessité de ce bilan.
7. Demander la fiche de terrain pour chaque équipe de recherche, préalablement rempli par les professeurs et les équipes.
8. Calculer les incertitudes en fonction de la provenance des données, la réduire le plus possible.
9. Calculer le bilan et comparer avec les années précédentes, recalculer les bilans antérieurs si besoin si erreurs majeures ou manque d'information.
10. Simplifier et clarifier les feuilles de calculs.
11. Trouver des moyens de réduire le bilan d'année en année. Aider l'administration de l'université a trouvé des moyens d'atténuer l'impact de l'INRS.
12. Partager le bilan aux membres de l'INRS.

6 Conclusion

Dans le cadre de ce bilan GES de l'université, il était question du calcul des émissions des différents bâtiments en lien avec l'INRS. Avec un total de 1355,1 tonnes de CO₂ équivalent produit dans l'année (environ 2,88 tonnes par personne), l'université a impact certain sur l'environnement et ces émissions nécessiteraient la plantation de 9500 arbres pour être compensées. En moyenne en 2017 un canadien produit 15 tonnes de CO₂ sur l'année, c'est-à-dire que les émissions moyennes par employés de l'INRS représentent environ 20% des émissions d'un canadien sur une année. En comparaison avec les 26 000 tonnes (environ 0,63 tonnes par personne) que produit l'université Laval, le bilan de l'INRS est relativisable, cependant au vu des secteurs comptabilisés dans chacune des universités la comparaison est peu fiable.

Également ont été vus les secteurs les plus polluants de l'université et donc où la réduction des émissions est la plus importante à faire. S'agissant de ces émissions, ce sont les trajets en lien avec l'INRS et la combustion stationnaire (chauffage) qui produisent le plus de CO₂.

Certains moyens ont été proposés pour réduire le bilan des émissions, notamment au niveau de la combustion stationnaire et des trajets du quotidien. Il serait essentiel d'apporter d'autres solutions pour réduire le bilan GES d'année en année. Enfin, les rubriques encore floues et incomplètes sont à préciser et à approfondir principalement pour les années suivantes. Il reste beaucoup de travail par rapport à l'administration de l'université et de la conscience de l'importance d'obtenir toutes les données comprises dans le bilan. La collecte préalable des données nécessaires pourrait simplifier grandement le travail final de comptabilisation.

Plus personnellement, ce stage m'a appris beaucoup ; en effet, il a été question de recherche, de patience et de persévérance pour en arriver à bout. Un bilan GES est un outil représentatif qu'il est très intéressant d'étudier et de créer, c'est un montant de travail important, mais qui peut apporter beaucoup à l'université, et à la baisse de l'impact environnemental, s'il est bien utilisé. J'ai notamment fait beaucoup de recherche par rapport à la comptabilisation des gaz à effet de serre, notamment en lisant des articles scientifiques dessus. Je me suis beaucoup aidé du GIEC et de leurs travaux sur les émissions et les calculs au niveau du CO₂ et des autres GES. J'ai compris que c'était probablement la source la plus fiable pour toutes les données.

Je souhaite donc que mon travail soit largement continué et amélioré pour les années futures, pour que l'université sache précisément son impact et que le bilan devienne un automatisme. En faisant cela, l'université pourrait inspirer d'autres institutions et ainsi augmenter la conscience environnementale de toutes les écoles. L'objectif ultime est sans aucun doute la compensation totale de toutes les émissions de GES de l'université. Actuellement, il n'y a pas de moyen de compensation, cependant à l'avenir, il serait utile de s'intéressait aux travaux de recherche permettant la séquestration de carbone et de comptabiliser cela dans le bilan. Également, la donation d'argent à des entreprises promouvant la séquestration de CO₂ pourrait permettre la baisse du bilan de GES de l'université.

7 BIBLIOGRAPHIE

- ☑ 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
- ☑ 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.
- ☑ National Inventory Report, NIR
- ☑ (Environnement et Changement climatique Canada, 2018) (pour voiture et combustible en CO₂)
- ☑ la Stratégie gouvernementale d’adaptation aux changements climatiques 2013-2020, Gouvernement du Québec, 2012
- ☑ https://unpointcinq.ca/boite-a-outils/*/calculateur/
- ☑ <https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>

8 ANNEXE I

Réchauffement radiatif sur 100 ans des différents GES (GIEC)

MODULE Reference	
WORKSHEET	Global Warming Potential
UNIVERSITY INRS	
Chemical	100 Year GWP
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265
HFC-23	14 800
HFC-32	675
HFC-41	92
HFC-125	3 500
HFC-134	1 100
HFC-134a	1 430
HFC-143	353
HFC-143a	4 470
HFC-152	53
HFC-152a	124
HFC-161	12
HFC-227ea	3 220
HFC-236cb	1 340
HFC-236ea	1 370
HFC-236fa	9 810
HFC-245ca	693
HFC-245fa	1030
HFC-365mfc	794
HFC-404a	3 800
HFC-4310mee	1 640
FIC-1311	1
SF ₆	22 800
CF ₄	7 390
C ₂ F ₆	12 200
C ₃ F ₈	8 830
C ₃ F ₁₀	8 860
c-C ₃ F ₈	10 300
C ₂ F ₁₂	9 160
C ₂ F ₁₄	9 300
CH ₃ OCH ₃	1
(CF ₃) ₂ CHOCH ₃	343
(CF ₃) ₂ CH ₂ OH	57
CF ₃ CF ₂ CH ₂ OH	42
(CF ₃) ₂ CHOH	195
HFE-125	14 900
HFE-134	6 320
HFE-143a	756
HCFE-235da2	350
HFC-22	1700
HFE-245cb2	708
HFE-245fa2	659
HFE-254cb2	359
HFE-347mcc3	575
HFE-356pec3	502
HFE-374pec2	557
HFE-7100	297
HFE-7200	59
H-Golden 1040x	1 870
HG-10	2 800
HG-01	1 500
NF ₃	17 200
SF ₆ CF ₂	17 700
c-C ₃ F ₈	17 340
HFE-227ea	1 540
HFE-236ea2	989
HFE-236fa	487
HFE-245fa1	286
HFE-263fb2	11
HFE-329mcc2	919
HFE-338mcf2	552
HFE-347-mcf2	374
HFE-356mcc3	101
HFE-356pec3	110
HFE-356pec2	265
HFE-365mcf3	11
(CF ₃) ₂ CHOCHF ₃	380
(CF ₃) ₂ CHOCH ₃	27
(CF ₃) ₂ CH(OH)	73
Other	

ANNEXE 2

Composition moyenne des déchets domestiques

Déchets (Canada)	Reste de nourriture	Déchets de jardin	Papier/ carton	Plastique	Metal	Verre	Autre
Type	18,80%	5,60%	32,30%	13,10%	3,40%	3,10%	23,70%
Teneur en matière sèche %	40,00%	40,00%	90,00%	100,00%	100,00%	100,00%	90,00%
Teneur en carbone total %	38,00%	49,00%	40,00%	75,00%	0,00%	0,00%	3,00%
Carbone fossile dans carbone total %	0,00%	0,00%	1,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Carbone fossile dans les déchets %	0,00%	0,00%	0,13%	9,83%	0,00%	0,00%	0,71%
Facteur d'émission de CO2 (kg CO2/tonne de déchet)	0	0	4,2636	360,25	0	0	23,463

ANNEXE 3

Méthodologie de calcul des émissions de GES provenant des climatiseurs

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

E_{GES_Ref} = Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération, en tonnes d'équivalent CO₂ 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 au [tableau 3](#) du présent document 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.

ANNEXE 4

Récapitulatif des effectifs et du pourcentage de répondant au sondage

	Répondant	total	pourcentage de réponse
Autre	17	59	28,8
Employé administratif (hors cadre)	47	80	58,8
Cadre	9	16	56,3
Maîtrise professionnelle	12	23	52,2
Maîtrise de recherche	22	66	33,3
Doctorat	43	105	41,0
Post-doc	5	25	20,0
Assistant/agent/associé de recherche	35	60	58,3
Professeur/chercheur	31	35	88,6
		469	48,6

ANNEXE 5

Sondage pour les déplacements en lien avec l'INRS

Déplacements dans le cadre de l'INRS (pour bilan carbone)

Ce questionnaire vise à évaluer les émissions de gaz à effet de serre provenant des trajets quotidiens et des voyages en lien avec les activités du Centre ETE et de l'administration de l'INRS et de toutes les personnes liées à l'université. Il est très important que vos réponses soient les plus précises possible pour un résultat représentatif. Le questionnaire est très court donc prenez votre temps pour répondre précisément, ce sera en plus un très bon exercice de mémoire !

\\\\\\Les activités à prendre en compte sont de la date du 1er avril 2019 au 13 mars 2020\\\\\\

À noter que les équipes de recherche auront à remplir une feuille Excel transmise par leur professeur concernant leurs activités de terrain et leurs déplacements dans le cadre de leurs travaux de recherche.

DURÉE DU SONDAGE 5 MINUTES

La Question 9 nécessitera plus de temps pour vérifier les déplacements dans l'année et les kilomètres parcourus.

***Obligatoire**

Q1 - Affiliation au 490 rue de la Couronne : *

Q2 - Catégorie professionnelle. *

Q3 - Fréquence de venue à l'INRS ou au labos lourds dans l'année en nombre de mois (entre 0 et 12) : *

Q4 - Nombre de jours à l'INRS ou au labos lourds par semaine en moyenne (entre 0 et 7) : *

Q5 - Nombre d'aller-retour dans une journée typique entre l'INRS et votre domicile : *

Q6 - Distance en km du lieu de domicile à l'INRS ou au labos lourds : *

Q7 - Type de transport jusqu'à l'INRS dans l'année:

Q8 - Type de transport motorisé utilisé (plusieurs choix possibles) :

Q9 - Émissions liées aux déplacements ponctuels en voiture, autobus et avion (ne comprends pas les déplacements en lien avec les projets de recherche) :

À partir du lien ci-dessous, il vous est demandé de calculer les émissions de gaz à effet de serre lié aux déplacements en lien avec vos activités professionnelles. Calculez les émissions pour chaque mode de transport, et les écrire à la question Q9 A, B, C ou D correspondante en fonction du véhicule.

Lien du calculateur : app.planetair.ca/?lang=french

Q9 - À - Émissions de CO₂ des trajets en voiture :

En tonne de CO₂.

Q9 - B - Émissions de CO₂ des trajets en avion :

En tonne de CO₂.

Q9 - C - Émissions de CO₂ des trajets en autobus inter-urbains :

En tonne de CO₂.

Q9 - D - Émissions de CO₂ des trajets en moyen de transport autre que cité précédemment :

En tonne de CO₂.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScshMRleBADZV-9G859BXZPR4pZoBcm6LKiYD4b96rL-ZDlpw/viewform?usp=sf_link

ANNEXE 6

Production de GES extrapolé par catégorie socio-professionnelles

