

Université de Montréal

Comptabilité des émissions de gaz à effet de serre émis par l'Université de Montréal et  
recommandations pour contrôles et compensations

Par

Thierry Gras Chouteau, 861153

Département de l'environnement et développement durable

Faculté des Arts et Sciences

Travail présenté à Madame Sara Teitelbaum, Monsieur Qussai Samak et Monsieur Luc

Surprenant dans le cadre du cours EDD 6025

Travail Dirigé

13, juin 2019

## Table des Matières

1.	Introduction .....	4
2.	Mise en contexte.....	6
a.	L'Université de Montréal .....	6
b.	Réchauffement planétaire.....	9
c.	Stratégies existantes pour combattre les changements climatiques .....	14
3.	Revue de littérature .....	17
a.	Comptabilité des émissions de GES spécifiques aux universités.....	18
b.	Principales conclusions émises par les recherches antérieures .....	20
c.	Stratégies pour limiter les émissions de GES.....	22
4.	Cadre d'analyse .....	23
a.	Objet de l'étude .....	24
b.	Période de l'étude.....	28
c.	Sources de collectes.....	29
5.	Méthodologie.....	31
a.	Chauffage – Gaz Naturel.....	31
b.	Chauffage – Mazout .....	36
c.	Carburant .....	36
d.	Électricité.....	38
e.	Élevage animal .....	40
6.	Résultats de la collecte des données.....	41
a.	Émissions liées à la consommation de gaz naturel.....	41
b.	Émissions liées à la consommation de mazout .....	44
c.	Émissions liées à la consommation de carburant .....	45
d.	Émissions liées à la consommation d'électricité .....	46
e.	Émissions liées à l'élevage animal.....	47

7.	Analyse des données .....	48
a.	Conclusions tirées des résultats obtenus .....	48
b.	Mise en perspective des résultats .....	50
c.	Limites de l'analyse.....	52
8.	Recommandations pour réduction des émissions ou compensations .....	54
a.	Scope 1 .....	55
b.	Scope 2 .....	58
c.	Scope 3 .....	60
d.	Stratégies visant la gestion administrative .....	61
e.	Compensation des émissions.....	62
9.	Perspectives de suivi à venir .....	65
10.	Conclusion .....	67
	Références .....	69

## 1. Introduction

Avec ses 45,630 étudiants, 5,000 professeurs, chercheurs et chargés de cours (Université de Montréal, 2019), ainsi, qu'une superficie de 60 hectares accueillant une vaste variété d'activités (éducatives, commerciales, installations électriques, et bien plus), l'Université de Montréal (ci-après l'« Université ») est une institution occupant une place importante dans l'écosystème socio-économique de la ville de Montréal. Il est donc raisonnable de croire que cette institution a une importante influence sur l'environnement économique, social et biochimique dans lequel elle se trouve. Son impact sur l'environnement biochimique est d'autant plus fort étant donné la proximité de l'Université avec le Mont-Royal, et du fait que 60% des 60 hectares de l'institution soient composés d'espaces verts (Université de Montréal, 2019). Il est par conséquent crucial de chercher à comprendre avec précision quels sont les effets des activités de l'Université sur la faune, la flore et tous autres éléments biochimiques qui se trouvent dans son environnement.

Une telle recherche est d'autant plus cruciale si l'on tient compte de l'importance croissante qu'attribuent les citoyens québécois, canadiens, et ceux d'autres pays, à la protection de l'environnement. En effet, de nombreux sondages réalisés ces dernières années révèlent à quel point cette problématique préoccupe l'esprit des gens. À titre d'exemple, d'après un sondage de la firme *Mainstreet Research* publié le 15 novembre 2018, 58.8% des Canadiens, et 78% des Québécois sont en accord avec l'affirmation que leur gouvernement doit prendre des mesures pour les protéger des changements climatiques, même si celles-ci ont un impact négatif sur l'économie (Mainstreet Research, 2018). De plus, ce sondage révèle également que 76% des Canadiens appuient l'affirmation que les changements climatiques constituent un phénomène réel, causé par les activités humaines (Mainstreet Research, 2018). De la même façon, un sondage d'*Abacus Data* du 24 août 2018 indique que 66% des Canadiens se sentent très, ou extrêmement, préoccupés par les changements climatiques (Abacus Data, 2018). Il est pareillement constaté que les jeunes sont particulièrement inquiets par les changements climatiques, et ce à travers le monde ; en effet, les résultats d'une enquête réalisée par le *World Economic Forum*, publiée sous le titre « *Global Shapers Survey* » en 2017, confirment que l'environnement, et les changements climatiques, arrivent en tête de liste des principales préoccupations des jeunes de 30 ans et moins (World Economic Forum, 2017). Et, ce résultat est le même depuis 3 ans.

De ces deux constats, soit de l'importante influence qu'exerce l'Université de Montréal sur son environnement, et la préoccupation des citoyens vis-à-vis de la protection de l'environnement (plus particulièrement les jeunes), découlent un questionnement sur le choix des stratégies et tactiques que peut utiliser l'Université pour limiter, ou compenser, son impact sur son environnement biochimique.

En découle la présente recherche, intitulé « *Comptabilité des émissions de gaz à effet de serre émis par l'Université de Montréal et recommandations pour contrôles et compensation* », qui cherche à estimer les émissions de gaz à effets de serre émis par l'Université, et, quelles sont les mesures pouvant être prises par cette institution pour les limiter ou les compenser. Plus précisément, elle aura pour mission de répondre à la problématique suivante :

**Quelles sont les mesures prises par l'Université de Montréal pour contrôler ou compenser le volume de dioxyde de carbone émis, et de quelles manières celles-ci pourraient-elles être améliorées?**

Pour répondre à cette problématique, ce rapport est composé des sections suivantes : dans un premier temps, il présente une mise en contexte du rôle de l'Université comme institution d'éducation supérieure, ainsi qu'un exposé de la problématique du réchauffement planétaire. S'ensuit une revue de littérature des impacts que peuvent avoir les Universités sur leur environnement (plus précisément en ce qui concerne leurs émissions de gaz à effet de serre), et des stratégies qui existent pour les limiter. En découle le cadre d'analyse et la méthodologie de la comptabilité des émissions de gaz à effet de serre de l'Université. Une fois ceci établi, les résultats de la collecte de donnée, et l'analyse de ceux-ci sont présentés. À partir de ces résultats, le rapport émet une série de recommandations à l'Université pour limiter ou compenser les émissions. Le rapport conclut avec des perspectives de suivi des recommandations faites à l'Université.

## 2. Mise en contexte

### a. L'Université de Montréal

Afin de bien cerner le sens, et l'importance, des résultats obtenus par l'analyse des données, il est crucial de comprendre les caractéristiques de l'environnement duquel elles sont collectées. À cette fin, la prochaine section du rapport a pour but de donner au lecteur une vision d'ensemble de l'Université de Montréal comme institution d'éducation supérieure.

Fondée en 1878 sous la forme d'une succursale Montréalaise de l'Université Laval au Québec, l'Université de Montréal est une institution d'éducation supérieure québécoise publique, qui au cours de ses 135 ans d'histoires, s'est hissée parmi les plus importants centres d'éducatons au Canada, voir au monde. En effet, elle se classe au 3e rang des universités au pays, et 90e au monde, d'après le classement du *Times Higher Education* (Université de Montréal, 2019). L'Université comprend l'institution principale portant son nom, mais également deux écoles affiliées, soit HEC Montréal offrant une formation en administration des affaires, ainsi que Polytechnique Montréal, l'école d'ingénierie de l'Université. Cette étude ne porte que sur l'institution principale, qui originellement n'incorporerait que trois facultés (théologie, médecine et droit), mais qui de nos jours regroupe 12 écoles et facultés (dont architecture, médecine dentaire, arts et sciences, parmi d'autres).

L'Université, d'une superficie de 60 hectares (150 acres), se situe au cœur de la métropole montréalaise, sur le versant nord-ouest du Mont-Royal, facilement reconnaissable par l'imposante tour du Pavillon Roger-Gaudry (voir photo ci-dessous), de laquelle se déploie une dizaine de bâtiments abritant des activités variées (administration, enseignement, centre sportif, entretiens, recherches, etc.). En plus du campus principal, l'Université s'est étendue en périphérie de la métropole, avec la mise en place de centres d'enseignements et de recherches à Laval (éducation et santé), Saint-Hyacinthe (médecine vétérinaire), et Longueuil (variés). Et, pour offrir ses services à la population étudiante se situant en région, un campus dans Lanaudière et en Mauricie fut ouvert. Finalement, un nouveau campus axé sur les disciplines de biochimie, physique et géographie sera sous peu ouvert près de la station de métro Parc à Montréal au courant de l'année 2019 (Université de Montréal, 2019).



Titre : *Campus principal de l'Université de Montréal*

Source : (Wikipedia, 2019)

## Carte du campus

- |   |   |   |                                    |   |   |
|---|---|---|------------------------------------|---|---|
| 1 Pavillon 520, campus de la Cité-Notre-Dame        | 7 Pavillon J.-A. DeGue (Centre étudiant)              | 14 Pavillon Roger-Gesky   | 23 Pavillon Jean-Coutu             | 29 1901 Montréal - Pavillon 5101, ex Stoville | 34 Pavillon de la Faculté de l'enseignement |
| 2 Pavillon 1820, local de Marie-Royal               | 8 Résidence C (résidents et étudiants)                | 15 Pavillon Jean-McNold   | 24 Pavillon Marvillé-Coutre        | 30 Faculté de théologie                       | 35 2005 et 2007, local, Édouard-Montpetit   |
| 3 Pavillon Marie-Victoria                           | 9 Résidence A (étudiants)                             | 16 Pavillon de la Faculté des sciences  | 25 Pavillon Paul-C. Desrosiers     | 31 5151, chemin Gracie-Mary, St-Aug           | 36 Pavillon Lévesque de Street              |
| 4 Pavillon de la Faculté de musique                 | 10 Pavillon Thériault-Gagnier (étudiants)             | 17 Centre des technologies de l'information et de gestion appliquées à l'entreprise | 26 Garage Louis-Collin             | 32 Pavillon 1796, rue Jean-Bellart            | 38 Pavillon Marguerite-d'Youville           |
| 5 Centre d'éducation physique et des sports (CEDES) | 11 Faculté Polytechnique                              | 18 Centre de recherche en santé   | 27 Pavillon Samuel-Bouchon         | 33 2091 et 2093, local, Édouard-Montpetit     |   |
| 6 Pavillon 2001, local, Édouard-Montpetit           | 12 Pavillon Finlay-Lacombe et Charlotte-McKay-Lacombe | 19 Centre de recherche en santé   | 28 Pavillon Macdonald-Carson       | 34 2022-24 2024, local, Édouard-Montpetit     |   |
|   | 13 Pavillon J.-Armand Bombardier                      | 20 Laboratoire Envt J.-A.-Lévesque  | 29 Pavillon Lévesque-Canada        | 35 2101, local, Édouard-Montpetit             |   |
|   |   | 21 Pavillon André-Morissette  | 30 Pavillon 5200, rue Jean-Bellart | 36 1801 Montréal - Pavillon principal         |   |



### Légende



: Arrêt



Titre : *Campus principal de l'Université de Montréal*

Source : (Université de Montréal, 2018)

Afin de permettre au lecteur de comprendre l'étendue, et l'intensité, des activités de l'Université, il est important d'exposer certains des indicateurs clés de la vie économique de cette institution.

Comme énoncé lors de l'introduction, l'Université accueille 45,630 étudiants, dont 9,500 étudiants étrangers, emploie 2,400 professeurs et chercheurs ainsi que 2,600 chargés de cours et 500 professeurs associés (Université de Montréal, 2019). Sur le plan budgétaire, les revenus totaux générés par l'Université étaient en 2018 de 800 M\$ (une croissance de 3.6% des revenus de 2017), résultant après dépenses à des profits de 82 M\$ (Université de Montréal, 2019) ; les revenus de recherche pour leur part s'élevaient, en 2018, à 536,2 M\$ (Université de Montréal, 2019), et ceux des frais de scolarités de 135 M\$ (Université de Montréal, 2019).

Ces chiffres sont résumés dans le tableau n.1 ci-dessous, et, pour les mettre en perspective, une comparaison avec l'Université McGill, une autre institution d'éducation supérieure localisée à Montréal, est réalisée. Les étudiants de McGill étudiants en administration ou en ingénierie ont été exclus, du fait que la présente recherche n'inclut pas les écoles Polytechniques et HEC. De plus, en ce qui concerne la zone étudiée, seuls les campus situés au centre-ville de Montréal ont été considérés, les autres bâtiments n'étant pas la propriété de l'Université.

	<u>Université de Montréal</u>	<u>Université McGill</u>
Nombre d'étudiants	45,630	32,141
Nombre de professeurs et chercheurs	2,400	1,689
Superficie	60 hectares	38 hectares
Revenus (2018)	800 M\$	1,326 M\$
Profits (2018)	82 M\$	-22 M\$

(Tableau n.1)

Source : (McGill University, 2019) / (Wikipedia, 2019)

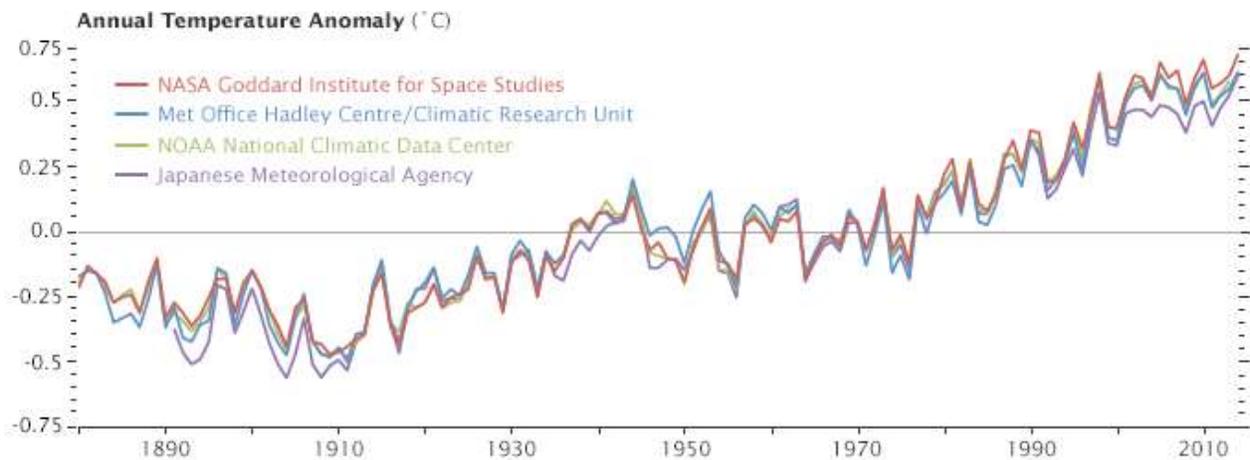
Titre : Comparaison entre l'Université de Montréal et l'Université McGill

b. Réchauffement planétaire

Pour que le lecteur de ce rapport soit en mesure d'apprécier l'importance de quantifier les émissions de gaz à effets de serre émis par l'Université, et des mesures qui seront proposées pour limiter ces dites émissions, il est crucial que celui-ci soit au fait de la problématique du rôle de l'homme sur le réchauffement planétaire, et les préoccupations sociétales que ceux-ci génèrent.

D'après le Gouvernement du Canada, le réchauffement planétaire est défini comme étant « *une augmentation de la température moyenne de la surface de la planète* » (Gouvernement du Canada, 2019). Il ne faut pas confondre ce concept avec les changements climatiques, qui selon la même source, consiste en « *modifications des conditions climatiques à long terme, y compris la température, les précipitations, l'enneigement, les vents et d'autres indicateurs* » (Gouvernement du Canada, 2019). D'après le Gouvernement du Canada, le réchauffement planétaire serait donc un indicateur des changements climatiques.

Bien que les changements climatiques soient un phénomène naturel, causé par la rotation de la Terre sur elle-même et autour du soleil, ainsi que par les courants des océans et les éruptions volcaniques (Stevens, 2011), les activités humaines ont aussi un impact sur le climat. De plus, une pluralité de scientifique s'entend pour dire que l'impact sur le climat des activités humaines est nettement plus prononcé suivant l'avènement de la révolution industrielle, soit depuis 1760. En effet, d'après un rapport intitulé « Global Warming of 1.5°C », publié en 2018 par l'Intergovernmental Panel on Climate Change (ci-après « IPCC »), un regroupement de scientifiques chapeauté par les Nations Unies, il est estimé que la température planétaire moyenne observée à la surface durant la décennie 2006-2015, était supérieure de 0.87°C à celle observée en entre 1850 et 1900 (IPCC, 2018). Cette moyenne masque des variations notables entre les différentes régions du globe, certaines localités connaissant un réchauffement deux à trois fois plus important (IPCC, 2018). Le même groupe estime de plus que, si la tendance se maintient, le réchauffement planétaire causé par les activités humaines va accroître la température planétaire moyenne observée à la surface d'environ 0.2°C par décennie (IPCC, 2018).



(Graphique n.1)

Source : (NASA, 2019)

Titre : Anomalie des températures annuelles mondiale

Le graphique n.1 ci-dessus représente le degré d'anomalies (en degré Celsius) de la température annuelle à l'échelle planétaire entre 1880 et 2014, tirés de données collectées par quatre agences météorologiques environnementales. D'après le National Centers for Environmental Information, une anomalie de température est la différence entre la température observée et une température moyenne choisie comme point de référence, souvent une moyenne composée de 30 ans de température annuelle (National Centers for Environmental Information, 2019).

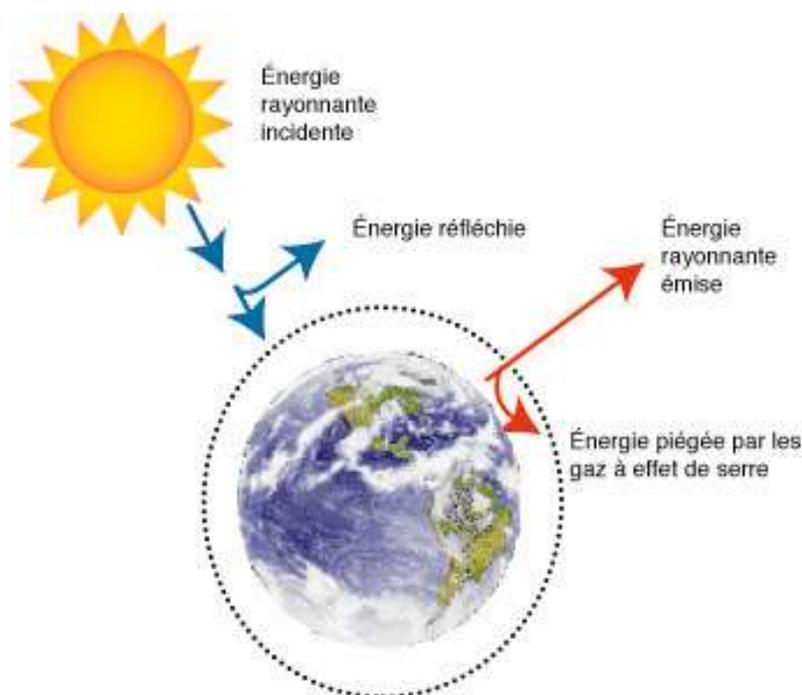
Ce graphique démontre qu'à partir de 1970-1980, les anomalies de températures annuelles sont devenues positives, soit que la température d'année en année est supérieure à la température moyenne du point de référence ; qui plus est, la tendance semble s'accélérer. Le point de référence dans cette étude est la température moyenne globale entre les années 1951 à 1980 (collectés à partir de stations météorologiques localisées à travers le monde), soit 14 °C (NASA Goddard Institute for Space Studies, 1998). Les prévisions de l'IPCC semblent également indiquer que ce phénomène se poursuivra lors des décennies à venir.

De ce constat, il se pose la question à savoir comment les activités humaines accroissent le réchauffement planétaire.

Avant de répondre à cette question, il faut d'abord comprendre ce que sont les gaz à effet de serre (ci-après « GES »). Un GES est un gaz comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane

(CH<sub>4</sub>), les chlorofluorocarbures (CFC) ou le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), qui en s'accumulant dans un espace donné, empêche la chaleur de s'échapper, dans ce cas-ci, la planète Terre. En effet, plus ceux-ci sont concentrés en grande quantité dans l'atmosphère, moins la chaleur dégagée par la planète est en mesure de s'échapper dans l'espace ; par conséquent, la température ambiante ressentie sur la Terre augmente (Gouvernement du Canada, 2019). Donc, par exemple, si la concentration de GES est trop élevée, le rayonnement infrarouge émanant des rayons du soleil qui se reflètent sur la terre ne peut s'échapper.

Il faut noter qu'à une certaine concentration donnée, ces GES sont bénéfiques, car sans elle, il n'y aurait presque aucune vie sur la terre étant donné qu'il y ferait trop froid pour l'avènement de celle-ci (~ -18 degrés Celsius) (MEELC, 2018). Mais, une concentration plus importante a un effet inverse, et peut entraîner des conséquences néfastes pour la vie sur terre.



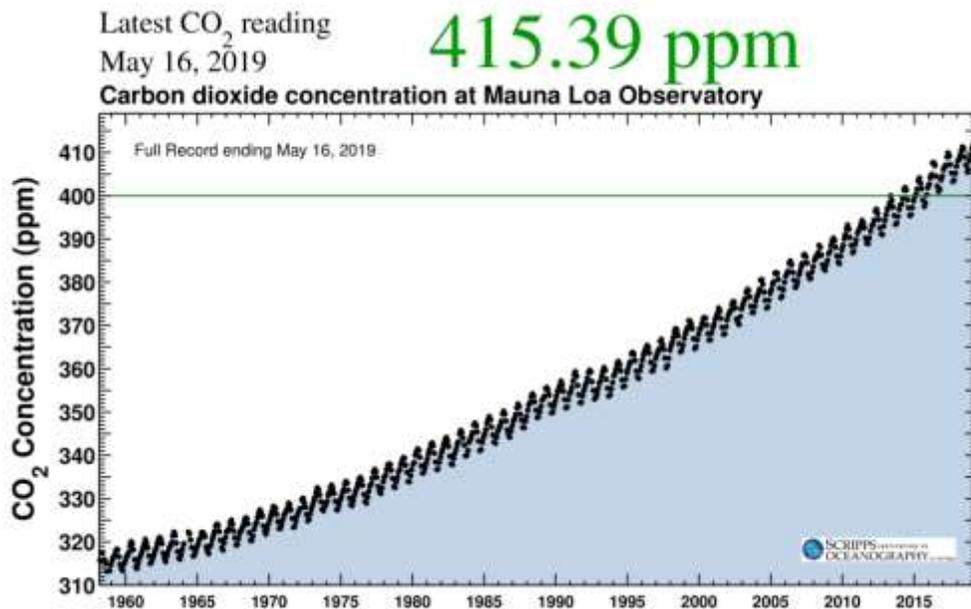
*Titre* : Schéma de principe de l'effet de serre.

*Source* : (Natura-Science, 2017)

Les impacts négatifs du réchauffement planétaire sont bien répertoriés, incluant une diminution de la biodiversité planétaire, une augmentation de la hauteur des eaux (mettant en péril les zones habitées situées sur les rives), ainsi que le risque de développement de maladies tel que des troubles respiratoires et de cancers.

Bien que ces gaz soient naturellement émis par divers processus biochimiques sur Terre, les activités humaines sont également source d'émissions ; le volume d'activités responsables de telles émissions a décuplé à travers le temps, et, en raison de la croissance de la population et des avancées technologiques depuis la Révolution industrielle (~ 1750), le volume émis a considérablement augmenté.

Parmi les activités humaines émettrices de GES, on retrouve plus particulièrement le processus de combustion de combustibles fossiles (ex : charbon, pétrole) pour alimenter les machines de production et de chauffage, l'utilisation de réfrigérant pour diminuer la température, ainsi que l'élimination des forêts pour faire place à des terres agricoles (Gouvernement du Canada, 2019). La rapidité avec laquelle les procédés mécaniques émettant des GES (ex. : voiture à essence, chaudière) se sont répandus à travers les sociétés humaines depuis les 150 dernières années, autant en matière de capacité d'émission qu'en nombre, fut fulgurante. D'après l'IPCC, les activités industrielles ont augmenté le volume en partie par million (ci-après « PPM ») de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère de 280 PPM à 400 PPM depuis 1860 ; pour mettre en perspective, le volume moyen de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère depuis les 10,000 dernières années était d'environ 270 ppm (Scripps Institution of Oceanography, 2019). L'IPCC estime la probabilité à 95% que les activités humaines ont effectivement eu un impact sur le réchauffement planétaire (NASA, 2019). Le graphique n.2 démontre la croissance du volume de PPM de CO<sub>2</sub> depuis 1960, avec une progression de 100 ppm en 55 ans :

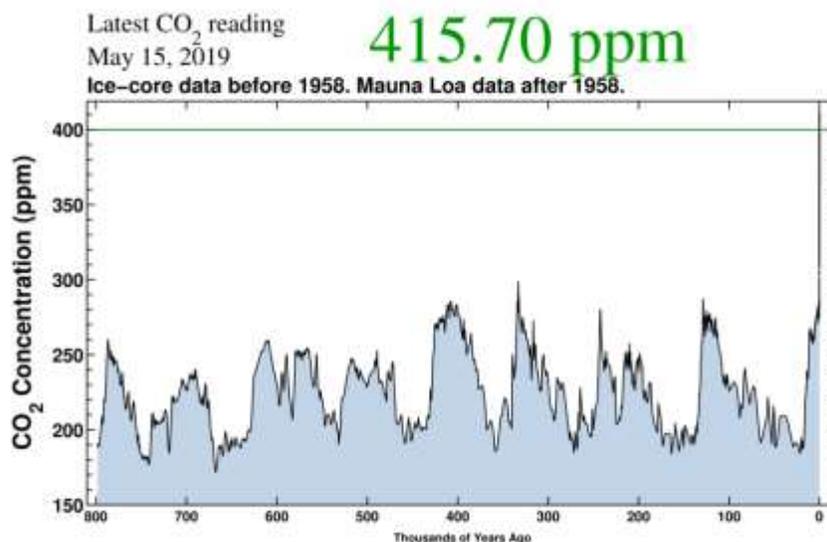


(Graphique n.2)

Source : (Scripps Institution of Oceanography, 2019)

Titre : Croissance de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère entre 1960 et 2016

Cependant, il faut noter que sur une échelle temporelle de 800,000 ans, il est observé d'importantes variations du volume de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, oscillant à plusieurs reprises entre 150 ppm à 300 ppm. Le graphique n.3 ici-bas illustre cette variation. En revanche, la concentration actuellement observée semble inédite.



(Graphique n.3)

Source : (Scripps Institution of Oceanography, 2019)

Titre : Croissance de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère entre 1960 et 2016

c. Stratégies existantes pour combattre les changements climatiques

De ce constat, et pour lier cette partie à la problématique traitée par cette recherche, il est judicieux de faire un survol des stratégies mises en place au Canada, et plus précisément par l'Université de Montréal, pour réduire les émissions des GES émis par les activités humaines réalisées sur leur territoire.

Le plan du Gouvernement canadien pour lutter contre les émissions de GES comprend 5 catégories, chaque catégorie représentant une des cinq sources principales d'émissions ; celles-ci sont : industrie (40%), transport (25%), foresterie, agriculture et déchets (13%), électricité (11%) et maisons et bâtiments (11%) (Gouvernement du Canada, 2019).

Afin de remplir son objectif de réduction des émissions de GES, le plan du Gouvernement se déploie à travers des programmes de financement de fonds publics, ayant comme cible de stimuler l'investissement privé et la recherche & développement dans des causes qui appuient l'objectif gouvernemental ; il appuie également les organisations sur le plan technique et technologique, les guidant dans l'implantation de pratiques et outils leur permettant de réduire ce qu'elles émettent comme GES. Concrètement, celui-ci vise à stimuler l'utilisation de moyens de transport électrique ou à émissions nulle, de construction avec une meilleure efficacité énergétique (maisons et bâtiments), la tarification des émissions de GES par les industries et l'implantation de pratiques industrielles et commerciales plus propres, la réduction des déchets, et l'investissement dans des énergies renouvelables (solaire, hydrogène, éolien, etc.). Une liste détaillée par catégorie se trouve dans le Tableau n.2.

Industrie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Réalisation d'investissements historiques dans le transport en commun</li><li>• Déploiement de bornes de recharge pour les véhicules électriques</li><li>• Mise en œuvre d'une stratégie de véhicules à émissions nulles</li><li>• Élaboration de normes rigoureuses sur les émissions des véhicules</li><li>• Mise au point de carburants plus propres pour les véhicules</li></ul>
Transport	<ul style="list-style-type: none"><li>• Réalisation d'investissements historiques dans les technologies propres et les solutions d'affaires propres</li><li>• Tarification des émissions industrielles</li><li>• Réduction du méthane dans le secteur pétrolier et gazier de 40 à 45 %</li><li>• Mise en œuvre de la Norme sur les combustibles propres</li><li>• Amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie</li></ul>

Foresterie, Agriculture et déchets	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appui des combustibles renouvelables et des bioproduits</li> <li>• Élaboration de pratiques agricoles innovatrices plus propres (p. ex. agriculture sans labour, cultures résilientes au climat, agriculture de précision)</li> <li>• Conservation d'une plus grande superficie de milieu naturel pour la séquestration du carbone</li> <li>• Reboisement</li> <li>• Réduction des déchets, y compris de la pollution plastique</li> </ul>
Électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élimination progressive de la pollution causée par la production d'électricité à partir du charbon</li> <li>• Hausse des investissements dans les énergies renouvelables</li> <li>• Hausse des investissements dans les lignes de transport et les réseaux intelligents</li> <li>• Aide aux collectivités rurales et éloignées pour réduire leur dépendance au diesel</li> </ul>
Maisons et bâtiments	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appui des programmes d'amélioration écoénergétique des maisons et des immeubles partout au Canada</li> <li>• Investissement historique dans le logement social écoénergétique</li> <li>• Codes modèles pour les bâtiments neufs et existants afin d'améliorer l'efficacité énergétique</li> <li>• Normes et programmes relatifs aux appareils ménagers écoénergétiques</li> <li>• Soutien des collectivités et des gouvernements autochtones dans l'amélioration de l'efficacité énergétique de leurs maisons et de leurs bâtiments</li> <li>• Élimination progressive des hydrofluorocarbures utilisés dans les réfrigérateurs et les systèmes de climatisation</li> </ul>

(Tableau n.2)

Source : (Gouvernement du Canada, 2019)

Titre : Sommaire des stratégies du gouvernement du Canada pour lutter contre les changements climatiques

Étant donné que l'Université de Montréal se situe dans la province du Québec, il est important de s'attarder aux mesures provinciales pour combattre les changements climatiques ; d'après le Plan d'Action 2013-2020 sur les changements climatiques, la stratégie et tactique du gouvernement québécois s'aligne avec ceux du gouvernement fédéral (MELCC, 2013). En effet, celui-ci vise à augmenter l'efficacité énergétique des bâtiments, accroître le taux de véhicule électrique ou émissions nulle se déplaçant dans la province, favoriser la consommation d'énergies renouvelables, et investir dans la recherche liée au sujet des changements climatiques.

S'ajoute à cela le marché du carbone, un mécanisme d'échange mis en place et réglementé par le Gouvernement québécois, auquel les compagnies dans le domaine industriel et de l'électricité émettant plus de 25,000 tonnes de dioxyde de carbone par année sont soumises (Royal Bank of Canada, 2018). Pour ces compagnies, le volume d'émission qu'ils ont droit d'émettre est réglementé et limité au montant ici haut ; au cours de l'année, celles qui émettent moins que cette limite peuvent vendre sur le marché leur allocation, qui va être achetée par celles dépassant le plafond réglementaire. Qui plus est, le volume maximal qu'il est permis d'émettre diminuera dans le futur, afin de forcer les compagnies à émettre moins de gaz à effet de serre ; par conséquent, au fil du temps il y aura plus d'acheteurs que de vendeurs, et le prix des allocations grimpera.

S'y ajoute un marché volontaire de compensation du carbone, sujet qui sera traité dans une autre partie de ce rapport.

Afin de clôturer cette section, il faut continuer la descente de l'entonnoir des pratiques et stratégies utilisées pour combattre l'impact des activités humaines sur l'environnement, en détaillant le plan d'action que l'Université s'est donnée pour réduire son empreinte écologique.

Étant donné l'ampleur et la diversité des activités et opérations réalisées par l'institution, on peut supposer que leur impact sur l'environnement est important. Consciente de cette réalité, l'Université a, depuis plusieurs années développé et implanté de nombreuses initiatives pour limiter le plus possible les effets néfastes. Celles-ci se situent au niveau organisationnel et individuel.

Par exemple, afin de protéger la biodiversité vivant à la fois sur son territoire, et dans les alentours de celui-ci, les dirigeants et professionnels de l'Université ont émis le Plan Biodiversité 2012-2020 (Université de Montréal, 2019); celui-ci définit les objectifs à réaliser pour protéger la biodiversité, comprenant entre autres la protection des boisés et parcs, la réalisation d'inventaires de la faune et la flore, gérer adéquatement les eaux pluviales et sensibiliser la communauté de l'Université. Conjointement à celui-ci, l'Université vise à gérer la façon dont l'eau est consommée, par une prohibition progressive des bouteilles en plastiques, et une campagne de sensibilisation pour éviter le gaspillage de la ressource. Elle cherche également à améliorer l'efficacité énergétique de ses immeubles en implantant les critères requis pour avoir l'accréditation LEED (uniquement pour le campus MIL), et en réduisant la consommation globale

d'énergie pour alimenter ces bâtiments. Finalement, elle a développé un plan de mobilité visant la communauté dans son entièreté, les incitant à favoriser l'utilisation du vélo, de la marche, du covoiturage ou du transport en commun pour les déplacements vers et au sein du territoire de l'Université.

Pour mieux quantifier l'impact de ses activités sur l'environnement, en particulier en ce qui attrait aux gaz à effet de serre, l'Université veut tenir un registre qui sera mis à jour périodiquement documentant les émissions de GES. La présente recherche s'aligne dans cette mission. N'ayant pas établi d'objectif de réduction de GES, l'institution sera en meilleure position de chiffrer ce qu'elle souhaite réaliser sur cet aspect, une fois que des données sur ce qui est actuellement émis seront disponibles.

Ayant fait un tour d'horizon de l'ampleur des activités de l'Université de Montréal, et de la problématique du réchauffement planétaire, la prochaine section détaille ce que la littérature scientifique offre comme explications, arguments et suggestions pour qualifier et quantifier les émissions de GES par les institutions universitaires, et les stratégies possibles pour les limiter ou les compenser.

### 3. Revue de littérature

La présente partie a comme objectif de synthétiser l'ensemble des connaissances existantes sur le sujet des émissions de GES par les universités; spécifiquement, une revue de la littérature scientifique traitant de ce domaine est faite, afin d'être en mesure, si appropriée, d'utiliser certaines des notions et idées avancée par d'autres chercheurs dans le contexte de l'Université de Montréal ; cela servira également à savoir si certaines des caractéristiques et solutions applicables dans cette institution pourraient à son tour enrichir la littérature sur le sujet pour faire avancer les connaissances dans le domaine.

Cette revue de littérature est divisée en trois grandes catégories, soit en premier lieu les différentes méthodes de calculs des émissions de GES spécifiques aux universités, les résultats de la comptabilité des émissions dans d'autres institutions d'étude supérieure, et finalement, les stratégies pour limiter les émissions de GES.

a. Comptabilité des émissions de GES spécifiques aux universités

Dans un premier temps, afin de comprendre les différentes méthodologies qu'il existe pour faire la comptabilité des émissions de GES par l'Université de Montréal, une revue de littérature a été effectuée afin de connaître ce que d'autres chercheurs ont utilisé comme méthodes dans le cadre d'études similaires.

Il a été ainsi possible de conclure que la majorité des chercheurs se fient à deux méthodologies en vue de réaliser la comptabilité des émissions. Qui plus est, il semble que celles-ci soient également utilisées par divers types d'organisations (OSBL, corporation, organisme public, etc.), selon leurs catégories d'activités.

L'une des méthodologies a été développée conjointement par le World Resources Institute (ci-après « WRI ») et le World Business Council for Sustainable Development (ci-après « WBCSD ») à travers le *Greenhouse Gas Protocol* (ci-après « GHG »), proposant une standardisation du calcul des émissions selon trois sources distinctes ; l'autre méthodologie, implique une analyse des émissions de GES intitulé en anglais « *environmentally extended input output* » (ci-après « EEIO »). Les deux méthodes utilisent comme unité de base une tonne de CO<sub>2</sub>.

La méthode de calcul du GHG, défini dans le rapport intitulé « *Greenhouse Gas Protocol : A Corporate Accounting and Reporting Standard* », propose que les organisations classifient leurs activités émettant des GES en trois catégories, soit en Scope 1, 2 et 3 (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2004). Cette classification fut originellement définie par l'organisation ISO dans le développement du standard ISO 14064, cette dernière ayant comme objectif d'aider les compagnies qui appliquent les mesures prescrites à atteindre une empreinte carbone neutre (International Organization for Standardization, 2018). Alors que Scope 1 inclut les sources directes d'émissions, Scope 2 et 3 inclut celles qui sont indirectes.

Scope 1 inclut toutes émissions émises par des sources dont l'organisation détient le contrôle, par exemple une chaudière, une chaufferie ou le carburant pour véhicules. Scope 2 réunit les émissions générées par des ressources qu'elle a consommées, mais dont elle ne détient pas le contrôle, par exemple, de l'électricité produite par Hydro-Québec ; les émissions sont généralement émises lors de la production ou le transfert de l'électricité. Finalement, Scope 3 est une catégorie optionnelle d'identification d'émission, qui inclut toutes autres sources dont l'organisation n'a ni la possession ni le contrôle, mais que les membres de ladite organisation

utilisent; on réfère notamment aux émissions produites par les véhicules à essence appartenant aux employés d'une organisation et qu'ils utilisent vers leur lieu de travail. Ceci est résumé dans le tableau n.3 ci-dessous.

<u>Scope 1</u>	<u>Scope 2</u>	<u>Scope 3</u>
Émission par source dont l'organisation détient le contrôle	Émission générée par toute électricité achetée et consommée par une organisation	Émission générée par toute source dont l'organisation n'a ni la propriété ou le contrôle, mais utilisé par les membres.

(Tableau n.3)

Titre : Résumé des 3 catégories de Scope selon WBC/WBCSD

De nombreux auteurs ont choisi cette méthodologie décrite ici-haut afin d'effectuer une analyse des GES dans une université spécifique. Quelques exemples inclus Matthew Moerschbaecher et John W. Day Jr. pour l'Université de l'État du Louisiana, utilisant la méthode de calcul du GHG pour identifier les émissions en tonne de CO<sub>2</sub> émises par les activités incluses dans le Scope 1 et Scope 2 ( (Jr Matthew Moerschbaecher, 2010). Kuldip Singh Sangwana, Vikrant Bhakara, Vinti Arorab et Prem Solankib ont également utilisé cette méthodologie dans le cadre de l'analyse des émissions par la Birla Institute of Technology and Science Pilani ; pour cette recherche, les auteurs ont inclus les émissions du Scope 1 et 2, mais également celles du Scope 3, et ont réalisé une analyse du cycle de vie des produits et services consommés pour s'assurer d'inclure toutes les sources d'émissions possibles (Kuldip Singh Sangwana, 2018). De la même façon, Karl Letten et Leticia Ozawa-Meida ont utilisé la méthode du GHG Protocol, pour comptabiliser les émissions de l'Université de DeMontfort, et ont inclus les Scope 1, 2 et 3 (Karl Letten, 2011).

De son côté, la méthode par EEIO utilise aussi la classification en Scope 1, 2 et 3, mais cherche à comptabiliser les émissions de GES d'une organisation en analysant le cycle de vie d'un produit, service ou activité, et les coûts qui y sont associés, à la fois en ce qui a trait aux achats (intrans) et ce qui est généré par leur utilisation (sortant). Une fois complété, la méthode requiert d'attribuer une équivalence entre un dollar dépensé dans une étape de production, à un volume spécifique de CO<sub>2</sub> émis lors de cette étape. Cette méthodologie permet d'utiliser les

informations financières d'une organisation, pour peindre un portrait des émissions de GES de celle-ci (Kitzes, 2013) ; elle est particulièrement utile pour les sources incluses dans le Scope 3 (achats de biens et services par les membres de l'organisation) car les données financières sont généralement faciles d'accès.

Certaines des études dont les chercheurs ont utilisé la méthode par EEIO sont : le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> par la Norwegian University of Technology and Science (NTNU) en Norvège par les auteurs Hogne N. Larsen, Johan Pettersen, Christian Solli , Edgar G. Hertwich ; les auteurs ont eu accès aux états financiers détaillés de l'université, leur permettant d'avoir une vue précise des centres de coûts et des flux monétaires de l'institution, et donc du fait même d'être en mesure d'utiliser cette méthode de calcul (Hogne N. Larsen, 2013). Des chercheurs ont également adopté cette méthode dans le cadre de leur analyse des émissions de CO<sub>2</sub> par l'Université Castilla La-Mancha, et ont choisi d'inclure les émissions liées aux dépenses des salaires des professeurs, afin de sensibiliser la population sur l'impact indirect qu'elles peuvent avoir sur l'environnement (Nuria Gomez, 2015). Finalement, Matthew Thurston et Matthew J. Eckelman, dans leur analyse des émissions des achats de biens et services au cours d'une année par l'Université Yale aux États-Unis, ont combiné la méthode EEIO avec les données des dépenses moyennes aux États-Unis pour certaines des catégories de dépenses de l'université en question ; leur recherche leur a permis de conclure que ces achats étaient la plus grande source d'émission de l'Université Yale (Matthew Thurston, 2011).

Après avoir fait une revue des deux principales méthodes pour comptabiliser les émissions de GES, et de certaines des recherches ayant utilisé l'une ou l'autre de ces méthodes, il sera question dans la prochaine section des principales conclusions que les chercheurs ont pu tirer à la suite de leur analyse.

#### b. Principales conclusions émises par les recherches antérieures

Les recherches existantes sur le sujet des émissions de GES par les universités ont permis à leurs auteurs de tirer certaines conclusions; ceux-ci pourraient potentiellement aider ces institutions à mieux comprendre leurs sources d'émissions, et de les encadrer.

Dans "*Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education*", Cynthia Klein-Banai et Thomas L. Theis ont analysé les caractéristiques

de 135 universités américaines ayant publié leur volume d'émissions de GES, et sont arrivés aux conclusions suivantes : les émissions de sources des Scope 1 et 2 sont influencées en premier lieu par la taille physique de l'université, suivi par le climat/température par lequel les activités sont réalisées. De plus, les laboratoires émettent dix fois plus de GES par mètre carré que d'autres espaces tels que les salles de classe et des bureaux administratifs (Cynthia Klein-Banai, 2010).

En analysant les émissions de l'Université De Montfort, Leticia Ozawa-Meida, Paul Brockway, Karl Letten, Jason Davies et Paul Fleming déduisirent que les émissions de Scope 3 sont responsables de 79% du total émis par l'université, dont 38% proviennent des achats de l'université (Leticia Ozawa-Meida, 2011). Cette conclusion fut également atteinte par Matthew Thurston et Matthew J. Eckleman lors de l'analyse des émissions de GES par l'Université Yale (Matthew Thurston, 2011), puisqu'ils ont trouvé que les dépenses liées aux achats de produits et services par l'Université Yale (Scope 3) représentaient la majorité des émissions de GES de cette institution. De la même façon, en analysant les émissions du campus Curico de l'Université de Talca, les auteurs ont découvert que 68% des émissions provenaient de sources incluses sous le Scope 3, et 16% de celle sous le Scope 1 et de même pour celle du Scope 2. Les sources principales d'émissions étaient le transport des étudiants, celui du personnel de l'université et de la consommation d'électricité (Leonardo Vasquez, 2014). Qui plus est, il semblerait que les étudiants des sciences sociales émettent moins de CO<sub>2</sub> que les étudiants dans les sciences naturelles, du département d'ingénierie et tout particulièrement ceux de médecine (Hogne N. Larsen, 2013).

Il a également été noté qu'en 2005 aux États-Unis, les universités du pays ont émis 121 millions de tonnes métriques de CO<sub>2</sub>, soit 2% des émissions totales de ce pays pour l'année en question. De plus, l'achat d'électricité (Scope 2), de production d'électricité sur campus (Scope 1) et le transport étudiant et d'employés (Scope 3) correspondraient à 88% des émissions de ces institutions (Parikhith Sinha, 2010).

Finalement, une étude des sources d'émissions de Scope 1 et 2 à l'Université Valaya Alongkorn Rajabhat en Thaïlande, a permis de conclure que la consommation d'électricité achetée (Scope 2) émettait beaucoup plus de GES que la consommation de diesel ou pétrole utilisé par les voitures détenues par l'institution (Kandananond, 2017).

Dans un autre ordre d'idée, lors d'une recherche réalisée par Oliver Robinson, Simon Kemp et Ian Williams sur les émissions de 20 universités anglophones, leur cible de réduction sur une période de dix ans, et leur plan pour ladite réduction, ils ont découvert que plutôt que de baisser, les émissions ont augmenté dans tous les cas sauf deux. Les auteurs en ont conclu que les cibles que les universités se sont données étaient beaucoup trop ambitieuses, et qu'un plan existant de réduction des émissions de GES n'était pas un bon indicateur de la performance future (Oliver Robinson, 2014).

### c. Stratégies pour limiter les émissions de GES

Pour donner suite à la recherche décrite dans le paragraphe ici haut (Oliver Robinson, 2014), les auteurs ont émis comme recommandations que les méthodes pour comptabiliser les émissions des sources sous le Scope 3, devraient être raffinées et standardisées ; en effet, comme cela a été suggéré plus haut dans la présente étude, la majorité des émissions semblent venir de ces sources. De plus, les auteurs proposent d'accroître la sensibilisation des individus fréquentant les universités vis-à-vis de l'impact de l'utilisation d'énergie, en vue de réduire sa surconsommation (Oliver Robinson, 2014).

Il a également été suggéré par certains chercheurs, qu'étant donné l'important volume de GES émis par l'utilisation de voiture par les usagers de l'Université, ces institutions devraient sensibiliser ses usagers vis-à-vis de l'utilisation de la bicyclette comme moyen de transport (Leonardo Vasquez, 2014). Cette conclusion est corroborée par une recherche effectuée par Xiwang Li, Hongwei Tan, Adams Rackes sur l'impact des habitudes de vie des étudiants à l'Université de Tongji à Shanghai, Chine. Ces auteurs ont découvert que par suite des campagnes de sensibilisation, 87% des répondants au sondage réalisés par les chercheurs ont indiqué avoir mis en pratiques des habitudes d'économie d'énergies (en revanche, 22% ne semblaient pas éteindre leurs appareils électroniques suite à leurs utilisations) (Xiwang Li, 2014).

Dans leur étude des émissions de GES par l'Université Public de Louisiana, Matthew Moerschbaeher et John W. Day Jr. ont énoncé plusieurs suggestions afin de réduire les besoins énergétiques de ces institutions (Jr Matthew Moerschbaeher, 2010). Ayant conclu que les voyages en avion effectués par le personnel des universités, ainsi que par les chercheurs et professeurs, sont une des sources les plus importantes d'émissions dans le Scope 3, ils proposent

de favoriser l'usage d'outils de vidéo et de téléconférence au lieu des déplacements. Dans un deuxième temps, afin de limiter le nombre d'utilisateurs utilisant leur voiture, les auteurs proposent d'augmenter le coût d'un permis de stationnement, pour rendre le transport en commun plus attrayant. Pour réduire la dépendance des universités vis-à-vis de l'achat d'électricité produite hors campus, il est également suggéré que ceux-ci génèrent eux-mêmes une partie de ce qui est requis, entre autres en installant des panneaux photovoltaïques pour puiser l'énergie solaire. De la même façon, il est proposé, si possible, d'acheter de l'électricité générée par des sources propres; par exemple, en remplaçant le charbon ou le pétrole pour le gaz naturel. Et, en dernier lieu, les auteurs suggèrent à ces institutions de considérer de réduire la semaine de travail de cinq jours à quatre, ou de favoriser le travail à la maison (dans la mesure du possible), pour réduire les émissions de GES émis par le déplacement en voiture.

Finalement, en comparant les émissions de GES entre certaines universités du Texas, Gwendolyn Bailey et Thomas LaPoint, concluent à une possible corrélation entre les universités ayant une unité responsable du développement durable, et un plus faible volume d'émissions (Gwendolyn Bailey, 2015).

Cette revue de la littérature au sujet des émissions de GES par les universités permet d'établir les bases de la présente étude, afin de s'assurer que la méthodologie, l'analyse et les conclusions faites sur les données collectées, ainsi que les recommandations soumises, soient réalisées en tenant compte des conclusions tirées par les recherches passées.

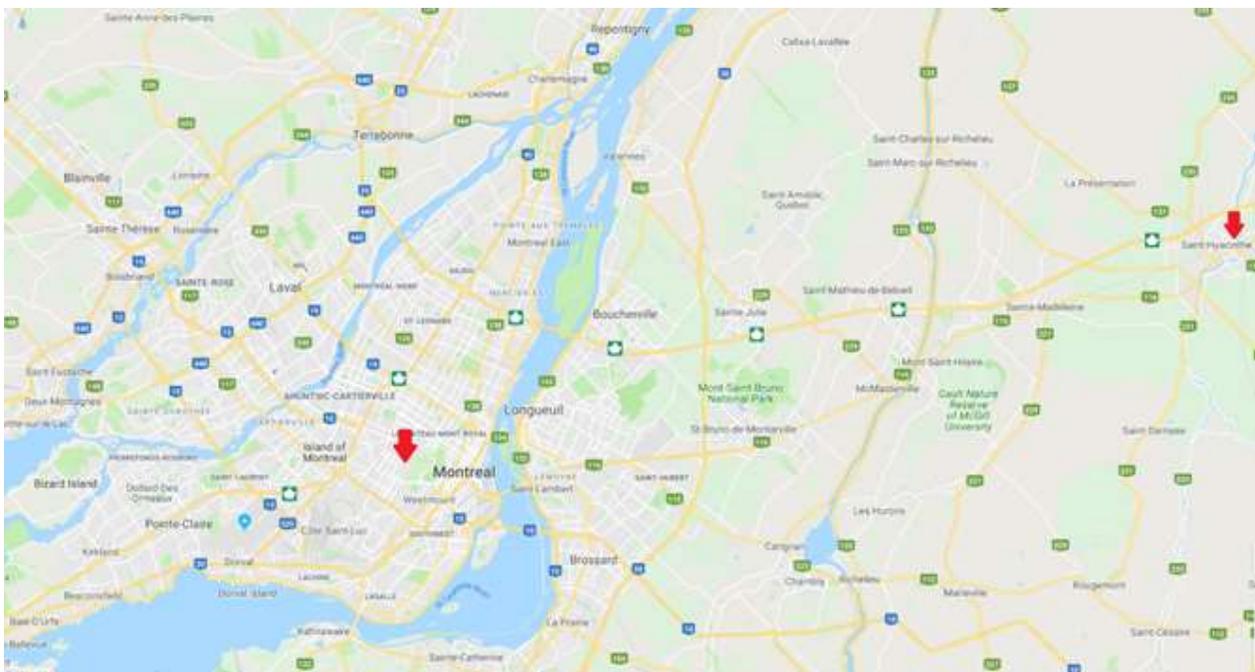
La section suivante a pour objectif d'établir le cadre d'analyse de l'étude des gaz à effet de serre émis par l'Université de Montréal.

#### 4. Cadre d'analyse

En vue de s'assurer que la collecte de donnée, et l'analyse de ceux-ci, soient pertinentes vis-à-vis de la problématique posée par cette recherche, il est primordial de clairement définir les balises de celle-ci. Spécifiquement, avant d'entamer les étapes subséquentes, il faut délimiter l'objet de l'étude (le « quoi »), la période temporelle étudiée (le « quand »), la zone géographique dans laquelle les données à collecter sont produites (le « où »), et la façon dont la collecte et l'analyse seront réalisées (le « comment »). Le cadre d'analyse ici-bas détaillé cherche à remplir cet objectif.

#### a. Objet de l'étude

Comme spécifié dans l'introduction et la mise en contexte, l'organisation étudiée est l'Université de Montréal, une institution d'étude supérieure localisée à Montréal. Plus précisément, les écoles affiliées de HEC Montréal et de Polytechnique sont exclues de la présente recherche, puisque celles-ci sont administrées de manières indépendantes, et qu'elles ont leur propre comptabilité et gestion des GES. De l'Université, l'entièreté de ses activités situées sur l'île de Montréal (campus de la Montagne) est incluse dans cette analyse, auxquelles s'ajoutent celles réalisés sur le campus de médecine vétérinaire à Saint-Hyacinthe (en raison de l'importance de la superficie couverte et du nombre de sources potentielles d'émission de CO<sub>2</sub>). À lui seul, le campus de la Montagne couvre 60 hectares abritant 40 bâtiments (UDEM, 2019).



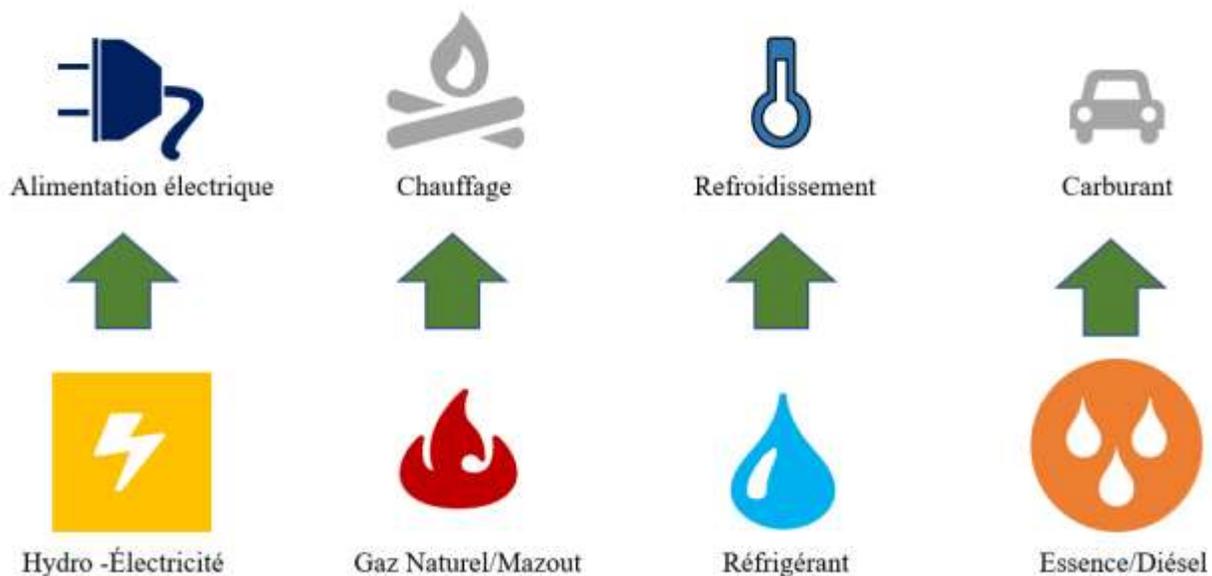
Source : Google Map

Titre : Localisation des centres d'émission de GES visés

Le nouveau campus MIL situé dans le quartier Outremont n'est en revanche pas inclus, étant donné que l'ouverture officielle de celui-ci ne se fera qu'à l'automne 2019 (UDEM, 2019). Également, le campus de Longueuil qui est loué par l'Université, et celui de Laval qui fut seulement acquis à la fin de l'année 2018, sont exclus en raison que leurs émissions sont attribuées à une autre entité juridique. De la même manière, les campus situés en Mauricie et Lanaudière, ainsi que les campus satellites (Mont Mégantic et Laurentides), ne font pas partie de l'analyse en raison de la difficulté d'accessibilité des données; de plus, les activités de ces centres sont relativement mineures vis-à-vis de l'ensemble.

Les centres d'émissions de GES visés par cette recherche (campus de la Montagne et Saint-Hyacinthe) regroupent entre eux la majorité des activités de l'Université, incluant des laboratoires et centres de recherche, salles de cours, cafétérias, centres de sports (en particulier le CEPSUM), animaleries, centrale thermique et bien plus. Afin de s'assurer du bon fonctionnement de toutes ces activités et départements, l'Université requiert un nombre important de personnels,

## SCHÉMA DES FLUX ÉNERGÉTIQUES



qui, dans le cadre de leurs fonctions, consomment de l'énergie pour alimenter les outils nécessaires à leurs travaux ; dans le cadre de la présente recherche, il est possible de souligner l'usage d'outils tels que les véhicules et les systèmes de réfrigération et chauffage. Un sommaire des flux énergétiques de l'Université est exposé dans le schéma n.1 ici-bas :

*(Schéma n.1)*

*Titre : Schéma des flux énergétiques de l'Université de Montréal*

Pour faire le lien avec le paragraphe se trouvant ci-dessus, après avoir détaillé les divers centres d'émissions de GES, les sources précises de ceux-ci sont énoncées, et le type de gaz émis.

En raison des contraintes dans la disponibilité des données des émissions des GES générées dans les 4 centres cités ici haut, seules certaines des émissions incluses dans le Scope 1 et Scope 2 comme définit par le WBCSD et WRI (voir section 3.4 de ce rapport) sont comptabilisés. Spécifiquement, sont analysées les émissions de GES générées par la consommation de carburant (diesel ou essence) pour faire fonctionner le parc de voitures de l'Université (Scope 1), celles générées par la consommation de gaz naturel et de mazout, que l'on brûle afin de chauffer les différents immeubles regroupés sur le territoire visé (Scope 1), et finalement celles liées à la consommation d'électricité achetée à Hydro-Québec (Scope 2). Un survol des émissions liées à l'élevage animale (émis par leur système digestif et les excréta) appartenant à l'Université, et situé au campus de Saint-Hyacinthe sera également fait (Scope 1).



(Schéma n.2)

*Titre : Schéma des GES émis par les sources d'énergies consommées par l'Université de Montréal*

Des cinq sources d'émissions prises en compte dans cette recherche, est principalement émis trois types de gaz, soient du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), du méthane ( $\text{CH}_4$ ) ainsi que de l'oxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Il est important de noter le potentiel de réchauffement planétaire de ces trois gaz à effet de serre. Le potentiel de réchauffement planétaire, ou PRP, est défini par le Gouvernement du Canada comme '*...est une mesure qui permet d'examiner la capacité de chaque gaz à effet de serre à piéger la chaleur dans l'atmosphère, par rapport au dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). Nous mesurons cette capacité sur une échelle de temps particulière.*' (Gouvernement du Canada, 2019). Concrètement, plus le PRP d'un gaz est élevé, plus sa capacité de réchauffer la surface de la Terre sera forte. Évaluer la capacité de réchauffement de chacun des gaz émis par l'Université est donc crucial, puisque cela peut guider les choix stratégiques de l'institution et de ses politiques en matière de développement durable (par exemple viser à réduire des sources de méthane avant celles d'oxyde d'azote, ou vice-versa). Le tableau n.4 ici-bas énumère le PRP pour chacun des trois gaz :

Gaz à effet de serre	Formule	Deuxième rapport d'évaluation	Quatrième rapport d'évaluation
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	1	1
Méthane	CH <sub>4</sub>	21	25
Oxyde de diazote	N <sub>2</sub> O	310	298

(Tableau n.4)

Source : (Gouvernement du Canada, 2019)

Titre : Potentiel de réchauffement planétaire des gaz émis par l'UdeM

Une lecture des données énoncées dans le tableau n.4 permet de constater que le méthane et l'oxyde de diazote ont des potentiels de réchauffement planétaire bien supérieur à celui du dioxyde de carbone. D'un autre côté, alors que le méthane reste dans l'atmosphère pour plus ou moins 10 ans, le dioxyde de carbone quant à lui y reste pour plus de 1,000 ans (Carbon Brief, 2012). Il faudra donc tenir compte de cette réalité, lors de la conception de stratégies pour limiter les émissions de GES par l'Université.

Pour fin de simplicité d'analyse des données, et pour suivre la méthodologie la plus couramment utilisée dans la littérature scientifique, toutes les données d'émissions sont converties en équivalence de tonne de dioxyde de carbone (ci-après « TCO<sub>2</sub>eq »). Est inclus le terme équivalence, car la majorité des sources d'émissions énoncées ici haut n'émettent pas seulement du CO<sub>2</sub>, mais également du CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O ; ces deux autres GES sont donc convertis en volume de CO<sub>2</sub> équivalent.

Ceci a l'avantage de permettre de calculer le volume total de GES émis par l'Université, ainsi que de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres universités et type d'institutions.

#### b. Période de l'étude

En ce qui concerne le choix de la période durant laquelle les émissions ont été générées, il est décidé qu'une durée de 12 mois est appropriée, et, de choisir l'année 2018, soit entre le 1<sup>er</sup> janvier 2018 et le 31 décembre 2018.

Ce choix a été pris en raison de la facilité de comparaison inter université, et entre les années. Pour le carburant consommé, et les émissions liées à l'élevage animale, les données pour l'année 2018 sont disponibles. Pour le gaz naturel consommé pour chauffer les immeubles, les données pour 2018 ont été estimées à partir des données de 2011 à 2017 (la méthode sera décrite dans la prochaine section « méthodologie »). En ce qui concerne les données pour la consommation d'électricité, et pour celle du mazout, celles-ci ne sont disponibles que jusqu'à 2017 ; étant donné le faible taux de changement entre années (dans le cas de l'électricité) et de leur petit volume comparativement au total émis, les valeurs de 2017 sont utilisées dans le cadre de cette étude. Ceci est résumé dans le tableau n.5 ici-bas:

<b>Sources d'émissions</b>	<b>Année de référence</b>
Carburant	2018
Chauffage (gaz naturel)	2018 (à estimer)
Chauffage (mazout)	2017
Électricité	2017
Animaux	2018

(Tableau n.5)

*Titre : Année de référence utilisée pour chaque source d'émission*

### c. Sources de collectes

Pour la collecte des données requise en vue de réaliser la comptabilité des émissions de l'Université pour l'année 2018, des sources différentes ont été utilisées afin d'y avoir accès.

Étant donné que les données d'achats de carburants par l'Université afin d'approvisionner son parc de véhicules ne sont pas disponibles au public, il a fallu contacter le Service des Approvisionnements de la Direction des Finances, afin qu'ils partagent la liste des achats de carburant pour la période donnée. Le Service des Approvisionnements fait affaire avec la compagnie Foss National Leasing pour l'achat de carburant (diesel et essence) ; des cartes sont fournies aux différents départements de l'Université qui possèdent des véhicules, cartes qu'ils

peuvent recharger et utiliser à des stations d'essence pour s'approvisionner. La méthodologie utilisée pour convertir le volume de carburant acheté en TCO<sub>2</sub>eq sera décrite dans la prochaine section.

La collecte des données pour la consommation de gaz naturel pour chauffer les nombreux bâtiments de l'Université a requis à trois sources ; en effet, en vertu du *Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère* du Ministère Québécois de l'Environnement et Lutte contre les Changements Climatiques (ci-après « MELCC »), toute organisation localisée dans la province du Québec émettant plus de 10,000 tonnes métriques en équivalent CO<sub>2</sub>, doit déclarer annuellement le total de ses émissions (MELCC, 2018). L'Université étant donc soumise à cette réglementation, les émissions totales des GES émises par la consommation de gaz naturel pour le chauffage sont soumises au Ministère. Le rapport devant être soumis avant le 1<sup>er</sup> juin de chaque année pour l'année précédente, la dernière année répertoriée pour l'Université est 2017 (ceux de 2018 seront rendus publics à l'été 2019). Il faut cependant noter que l'Université a réussi à avoir une exemption, et que seules les émissions liées au chauffage des bâtiments inclus dans la Section 1 (voir plus bas pour définition) doivent être soumises.

De plus, il a été possible d'avoir accès à la ventilation par bâtiments des émissions de GES grâce à un livre de compte mis à jour annuellement par monsieur Michel Trépanier, un ingénieur précédemment au service de l'Université ; celui-ci a été en mesure de faire la comptabilité des émissions par bâtiment, et le total pour l'institution, entre 2011 à 2016, pour le compte rendu obligatoire au gouvernement provincial.

Finalement, les institutions d'éducatrices supérieures du Québec doivent soumettre au Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Supérieur (ci-après « MEES ») leurs consommations annuelles de différentes sources d'énergie ; ceux-ci sont publiés dans le rapport intitulé « Relevé énergétique des bâtiments universitaires » publié annuellement ; s'y trouvent les quantités consommées par type d'énergie par chaque université québécoise (Ministère de l'Éducation et Enseignement Supérieur, 2018). Le dernier rapport disponible couvre la période 2014-2017, et s'y trouve la consommation de gaz naturel en mètre cube pour la période jusqu'à 2017.

La méthodologie utilisée pour estimer les émissions liées au chauffage pour l'année 2018 est également détaillée dans la prochaine section.

Les données pour le nombre d'animaux, dont l'Université a la responsabilité au campus de Saint-Hyacinthe, furent fournies par madame Julie Talbot, du département de Géographie de l'Université de Montréal (Talbot, 2019).

Finalement, les données liées à la consommation d'électricité, et de mazout, par l'Université a également été collecté dans le rapport « Relevé énergétique des bâtiments universitaires » (Ministère de l'Éducation et Enseignement Supérieur, 2018). S'y trouvent le volume en kilowatts d'électricité, et le volume en litre de mazout, consommés par l'Université.

Conjointement à cela, les émissions liées à la consommation d'électricité par l'Université (g de CO<sub>2</sub>eq par kilowattheures utilisé) sont fournies par le gouvernement du Canada dans le « National Inventory Report 1990-2016 », un sommaire des émissions au Canada que le gouvernement fournit périodiquement aux Nations Unies (gouvernement du Canada, 2017).

## 5. Méthodologie

Pour donner suite à la section ici haut détaillant les sources des données, il est maintenant question de la méthodologie appliquée en vue d'estimer les émissions en TCO<sub>2</sub> liées à la consommation de gaz naturel (chauffage), de mazout (chauffage), d'essence/diesel (carburant), d'électricité et finalement à l'élevage animal par l'Université au cours de l'année 2018.

### a. Chauffage – Gaz Naturel

Comme mentionné précédemment les données pour les émissions de CO<sub>2</sub> par la consommation de gaz naturel afin de chauffer les bâtiments concernés dans cette étude entre 2011 et 2016, ont été collectées à l'aide de l'analyse réalisée en 2016 par monsieur Trépanier, ainsi que les données fournies par le MELCC et le MEES.

Les données de M. Trépanier sont catégorisées en deux sections, soit la section « 1 » représentant les données officielles qui sont transmises au gouvernement provincial, et la section « 2 » qui n'est pas rendue publique (pour usage interne seulement). La ventilation par bâtiment de ces sections est détaillée dans le tableau 6 ici-bas. Les bâtiments de la section 1 représentent les bâtiments localisés directement sur le flan du Mont-Royal (le Campus Montagne), alors que

ceux de la section 2 incluent tous les autres sur l'île de Montréal et à Saint-Hyacinthe. Il est important de noter que la centrale thermique alimente en chauffage un grand nombre de bâtiments dans ses alentours ; cela explique que bien que le campus de la Montagne comprenne 40 bâtiments, ceux-ci ne sont pas tous ventilés dans le tableau 6. Seuls ceux alimentés en gaz naturel y sont inscrits.

L'analyse de M. Trépanier détaille le volume de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub> émis par bâtiment pour chaque année, qui sont ensuite convertis en TCO<sub>2</sub>eq, pour obtenir un total par bâtiment, et pour l'Université en son ensemble.

Pour l'année 2017, le volume émis pour cette année est disponible sur le site web du MELCC, mais seulement pour les émissions liées au chauffage des bâtiments inclus dans la section « 1 ». De plus, une comparaison des chiffres émis par monsieur Trépanier, et ceux détaillés sur le site web du gouvernement pour les années 2011-2016 permettent de remarquer qu'il existe une différence d'environ 90 TCO<sub>2</sub> entre les deux. En effet, les chiffres sur le site web du MELCC sont supérieurs de 0.6% à ceux sur le document de monsieur Trépanier ; cette différence reste tout de même négligeable comparativement au volume total. Il est probable que la manière dont le gouvernement comptabilise les émissions de GES diverge légèrement de celle de l'Université.

Section 1 - UdeM Montagne	Section 2 - Autres Bâiments
512 Centrale thermique	516 Animalerie
515 J. A. DeSèves	542-1 Conciergerie 3050
520 Thérèse -Casgrain	542-2 Conciergerie 3060
532 Caron, L-Groulx, J-Brill	543-1 Conciergerie 3032
535 CEPSUM	543-2 Conciergerie 3034
	545-1 Conciergerie 2910
	546 Conciergerie 2101
	559 Pav. M.-D'Youville Et .
	563 Pav. Fac. Aménagement
	570 Chaufferie Pav. Marie-Vc
	615 Centre Avicole
	619 Pav. Des Étudiants
	622 Pav 3126 Dessales

	647 Pav. 3744 Jean-Brillant
	686 Pav. 1420 Mont-Royal
	704 1650-1702 rue des Vétérinaire
	716 1000 av Beaumont
	800 Centre de Biodiversité
	<i>Huile équivalente pour 570 (MV)</i>

(Tableau n.6)

Source : (Trépanier, 2016)

Titre : Sommaire des bâtiments concernés par les émissions de GES 2011-2016

Le volume des émissions en TCO<sub>2</sub> pour la section « 1 », « 2 » et totale pour les années 2011 à 2016, tel que rapporté par monsieur Trépanier et le MELCC, sont détaillés dans le tableau n.7 ci-dessous. S’y trouvent également les données manquantes à estimer.

<u>Année</u>	<u>Volume d'Émission Section « 1 » - M. Trépanier (en TCO<sub>2</sub>eq)</u>	<u>Volume d'Émission Section « 1 » - MELCC (en TCO<sub>2</sub>eq)</u>	<u>Volume d'Émission Section « 2 » - M. Trépanier (en TCO<sub>2</sub>eq)</u>
2011	14,715	À estimer	9,139
2012	13,769	13,836	9,225
2013	15,004	14,236	9,486
2014	15,381	15,476	9,749
2015	15,955	16,054	9,148
2016	15,498	15,588	6,786
2017	À estimer	16,164	À estimer

(Tableau n.7)

Source : (Trépanier, 2016), (MELCC, 2018)

Titre : Sommaire émissions en TCO<sub>2</sub>eq 2011-2018 collecté et à estimer

De plus, grâce aux données fournies par le MEEC, nous avons le volume de gaz naturel consommé pour l'Université pour la période 2011 à 2017, en mètre cube ; ceux-ci sont décrits dans le tableau n.8 ici-bas :

<u>Année</u>	<u>Consommation de gaz naturel en m<sup>3</sup> - globale</u>
2011	12 604 466

2012	11 333 629
2013	12 534 840
2014	13 785 105
2015	13 399 195
2016	11 439 674
2017	11 641 238

(Tableau n.8)

Source : (Ministère de l'Éducation et Enseignement Supérieur, 2018)

Titre : Sommaire consommation de gaz naturel en m<sup>3</sup> 2011-2017

Avec le volume de gaz naturel consommé, il est possible, en utilisant un taux de conversion en kilogramme de CO<sub>2</sub>eq, de trouver les émissions de dioxyde de carbone équivalences liées à cette source, pour la période 2011-2017. Ce taux est fourni par le gouvernement du Canada dans le National Inventory Report 1990-1996, soit 1.8984 kg de CO<sub>2</sub>eq par mètre cube de gaz naturel consommé. (gouvernement du Canada, 2017). Par la suite, en divisant par mille, le volume d'émission en tonne pourra être trouvé ; la formule n.1 résume le calcul :

**Formule n.1** :  $(\text{Volume consommé (en m}^3) \times \text{Taux de conversion en kilogramme de CO}_2\text{eq}) / 1000$

Afin d'estimer les émissions totales de CO<sub>2</sub>eq pour 2018 (sections « 1 » et « 2 » combinées) suivant les données sur le volume de gaz naturel émis publié par le MEEC, l'hypothèse n.1 est faite :

**Hypothèse n.1** : *Le volume de gaz naturel consommé par l'Université pour chauffer les bâtiments dans une année est lié, et négativement corrélé, à la température annuelle moyenne à Montréal lors de l'année étudié.*

Une analyse de la valeur de probabilité (p-value), et du coefficient de corrélation entre la température et le volume d'émission, sont réalisés afin de s'assurer de la fiabilité des résultats. D'après notre hypothèse n.1, un calcul de corrélation entre les deux variables est effectué, qui permettra de conclure ou non qu'il existe bel et bien une corrélation négative, et par conséquent réaliser une prévision des émissions selon une température donnée.

Suivant cette hypothèse, la température annuelle moyenne à Montréal pour les années entre 2011 et 2018 a été collectée. Les résultats de la collecte sont dans le tableau n.9 ici-bas :

<u>Année</u>	<u>Température annuelle moyenne (en degré Celsius)</u>
2011	8.20 °C
2012	8.80 °C
2013	7.30 °C
2014	7.00 °C
2015	7.40 °C
2016	8.30 °C
2017	7.80 °C
2018	7.60 °C

(Tableau n.9)

Source : (Environmental and Climate Change Canada, 2019)

Titre : Sommaire de la température annuelle moyenne à Montréal entre 2011-2018

Suivant la collecte des données historiques de température (2011-2018) et d'émission de CO<sub>2</sub>eq de l'Université (2011-2017), le langage de programmation et d'analyse statistique R a été utilisé dans le logiciel RStudio, afin de combiner ces deux catégories de données et réaliser une analyse prédictive ; en effet, en utilisant la température pour 2018 de 7.6 °C, il est possible d'estimer le volume d'émission totale en TCO<sub>2</sub>eq en 2018 de l'Université.

Parallèlement, les valeurs manquantes pour les émissions des bâtiments de la section « 1 » pour 2011 (MELCC) et 2017(M. Trepanier) pourront également être estimées en ajustant pour la différence de 0.6% qu'il existe entre les deux.

Il est important de noter, qu'afin d'augmenter la précision du modèle d'estimation pour 2018, les émissions du 686 Pav. 1420 Mont-Royal, et de la chaufferie du 570 Marie-Victorin, ont été déduits du volume d'émission total pour l'Université pour les années de 2011 à 2015. En

effet, à partir de 2016, ces deux sources d'émissions ne sont plus utilisées, et donc il est nécessaire de les retirer afin que les projections soient les plus précises possibles.

b. Chauffage – Mazout

Ayant en main les données de la consommation de mazout en litre par l'Université pour la période 2011 à 2017, il suffit, pour trouver les émissions de CO<sub>2</sub>eq qui y sont liées, d'utiliser une formule de conversion pour passer du volume en litre consommé en kilogramme de CO<sub>2</sub> équivalent. Le volume consommé par année pour la période précédemment nommée est détaillé dans le tableau n.10 ci-dessous :

<u>Période</u>	<u>Consommation mazout (en litre)</u>
2011-2012	72,287
2012-2013	196,375
2013-2014	284,796
2014-2015	281,113
2015-2016	19,109
2016-2017	19,818

(Tableau n.10)

Source : (Ministère de l'Éducation et Enseignement Supérieur, 2018)

Titre : Consommation de mazout par l'Université entre 2011 à 2017

La formule pour convertir la consommation de mazout en kilogramme de CO<sub>2</sub> équivalent a été extraite du site web du Ministère de la Transition Énergétique du Québec, indiquant qu'un litre de mazout correspond à 2.7629 kg de CO<sub>2</sub>eq (Ministère de la Transition Énergétique, 2017). Il suffit par la suite de diviser le résultat par mille pour obtenir le volume en TCO<sub>2</sub>eq. La formule n.2 résume le calcul :

**Formule n.2 :**  $(\text{Volume consommé (en litre)} \times \text{Taux de conversion en kilogramme de CO}_2\text{eq}) / 1000$

c. Carburant

À l’opposé de la méthodologie de calcul utilisé pour établir le volume d’émissions liées à la consommation de gaz naturel pour le chauffage de l’Université, celle pour la consommation de carburant est plus simple, et ne nécessite pas de prédire les résultats.

En effet, comme mentionné dans la section 4.c de ce rapport, les données pour l’achat de carburant par l’Université pour l’année 2018 ont été fournies par le Service de l’approvisionnement. Celles-ci sont classifiées entre autres par jour d’achat, par type carburant (essence ou diesel), le nombre en litres acheté, et selon le département qui a fait l’achat. Avec cela, il est possible de calculer la somme de carburant acheté pour l’année. De plus, l’hypothèse suivante est posée :

**Hypothèse n.2 :** *Le volume (en litre) acheté pour l’année équivaut à la consommation totale pour l’année.*

Donc, en calculant le volume (en litre) de carburant acheté pour l’année 2018, il est par conséquent possible de calculer le volume total de carburant consommé pour la même année.

Une fois que ce montant est trouvé, il est nécessaire de le sectionner entre le volume de carburant consommé qui est du diesel, et celui d’essence. En effet, ces deux types de carburants n’émettent pas la même quantité de kilogrammes de CO<sub>2</sub>, en raison d’une composition différente en ce qui concerne leur proportion de l’élément carbone (6C) dans leur structure atomique; les formules de conversions sont détaillées dans le tableau n.11 ici-bas :

Type de carburant	Kilogramme de CO <sub>2</sub> eq par litre
Diesel	2.7568
Essence	2.3261

(Tableau n.11)

Source : (Ministère de la Transition Énergétique, 2017)

Titre : Émission de CO<sub>2</sub>eq par litre de type de carburant consommé

Par suite du calcul du volume total de diesel et d’essence consommé en kilogramme de dioxyde de carbone, il suffit de convertir en équivalence de TCO<sub>2</sub> en divisant le total par mille. La formule n.2 détaillée précédemment sera également utilisée dans ce cadre-ci.

Il est important de noter que bien que la consommation de diesel et d'essence émette également du dioxyde d'azote, les voitures, en particulier les plus récentes, ont mis en place des systèmes permettant de réduire de façon considérable ces émissions (Futura Planète, s.d.).

d. Électricité

Comme mentionné dans la section 4)c, les données disponibles pour les sources d'émissions incluses dans le Scope 2, plus précisément celles liée à la consommation d'électricité achetée à une tierce partie, à Hydro-Québec dans le cas de l'Université, s'arrête à la période de 2011-2017.

En premier lieu, est présenté dans le tableau n.12 ici-bas, la consommation d'électricité pour l'Université pour chaque année entre 2011 et 2017 en kilowatts.

<u>Période</u>	<u>Consommation d'électricité (kwh)</u>	<u>Taux de variation par année</u>
2011-2012	142,065,376	
2012-2013	140,820,587	-0,88%
2013-2014	140,193,628	-0,45%
2014-2015	137 135,337	-2,18%
2015-2016	136,279,867	-0,62%
2016-2017	135,079,787	-0,88%

(Tableau n.12)

Source : (Ministère de l'Éducation et Enseignement Supérieur, 2018)

Titre : Consommation d'électricité par l'Université entre 2011 à 2017

Avec les données ici-haut en main, il est possible, avec le taux de conversion du volume en gramme de CO<sub>2</sub> émis par kilowatts fournis dans la National Inventory Report 1990-2016, de calculer le volume d'émission par année pour la consommation d'électricité produite par Hydro-Québec. Les valeurs pour le taux de conversion entre 2011 à 2017 sont détaillées dans le tableau n.13 ici-bas :

<u>Année</u>	<u>Taux de conversion en gramme de CO<sub>2</sub>eq/kWh</u>
2011	4.3
2012	2.6
2013	3.3
2014	2.5
2015	1.6
2016	1.6
2017	1.7

(Tableau n.13)

Source : (gouvernement du Canada, 2017)

Titre : Taux de conversion en gramme CO<sub>2</sub>eq par kilowatts entre 2011 à 2017

Il est important de souligner que les valeurs pour ces taux de conversions correspondent aux émissions liées à la consommation de l'électricité, et non seulement à la production ; ces deux valeurs différentes en raison des émissions produites lors du transport de l'électricité vers le consommateur.

Comme mentionné auparavant, la valeur de la période 2017-2018 pour le taux de conversion et de la consommation d'électricité de l'Université, ne sont pas encore rendu public. À la lumière du faible taux de variation annuelle de la consommation électrique entre la période 2011-2017, soit une diminution de moins de 1% par année, il a été décidé que la valeur de 2017 sera utilisée pour les visées de la présente recherche.

Dans cet esprit, afin de trouver les émissions en tonne de CO<sub>2</sub>eq liées à cette source, la formule n.3 suivante est utilisée pour l'année 2017 :

**Formule n.3:** (Consommation d'électricité en 2017 (en kWh) \* Taux de conversion en gramme CO<sub>2</sub>eq par mégawatts pour 2017) / 1000000

e. Élevage animal

Comme mentionné précédemment, les données pour le nombre d'animaux détenus par le département de santé vétérinaire de l'Université en 2018, a été fournies par madame Julie Talbot du département de Géographie.

Il est important de souligner que les animaux, à l'instar de la consommation de sources d'énergies carbone, émettent du méthane par fermentation entérique (système digestif) de ces animaux), ainsi que lors de leurs déjections (excluant les chevaux) (Monteny, 2011). Afin d'estimer le volume de CO<sub>2</sub> équivalent émis par ces animaux, il faut, dans un premier temps, calculer le volume total émis de méthane par chaque espèce animale ; par la suite, ces volumes sont multipliés par 25 pour les convertir en kilogramme de CO<sub>2</sub> équivalent (Climate Change Connection, s.d.), et divisé par mille pour trouver le tonnage.

Le type et nombre d'animaux, et le volume en kilogramme de méthane émis par chaque animal annuellement, sont détaillés dans le tableau n.14 ici-bas :

<u>Type d'animal</u>	<u>Nombres</u>	<u>Émission annuelle de méthane (kilogramme de CH<sub>4</sub>)</u>
Cheval	37	18
Volaille	12	0.41
Porc	9	4.8
Vache	25	123

(Tableau n.14)

Source type/nombre d'animaux: (Talbot, 2019)

Source pour émission de méthane (Volaille/Porc/Vache) : (Monteny, 2011)

Source pour émission de méthane (Cheval) : (Paul J. Crutzen, 1986)

Titre : Répertoire des animaux détenus par l'Université de Montréal en 2018 et le volume d'émission de méthane qui y sont liés

## 6. Résultats de la collecte des données

Ayant exposé les sources des données collectées, ainsi que la méthodologie de calcul utilisée, l'étape subséquente est la présentation des résultats obtenus.

Dans un premier temps, les émissions résultantes du chauffage (gaz naturel et mazout) des bâtiments sont détaillées, suivies par ceux produits par la consommation de carburant, de l'électricité et de l'élevage animal ; un sommaire des résultats conclut cette partie.

### a. Émissions liées à la consommation de gaz naturel

Avant de soumettre les résultats de l'estimation des émissions de 2018 liées à la consommation de gaz naturel, le sommaire des émissions pour les années précédentes (2011-2017) par suite de l'application de la formule n.1 (voir section « Méthodologie ») est présenté. Les résultats pour cette période se trouvent dans le tableau n.15 ici-bas :

<u>Année</u>	<u>Consommation de gaz naturel en m<sup>3</sup> - globale (Source: Ministère de l'Éducation)</u>	<u>Taux de conversion en CO<sub>2</sub>eq (kg)/m<sup>3</sup></u>	<u>Émissions de CO<sub>2</sub>eq - globale (kilogramme de CO<sub>2</sub>)</u>	<u>Émissions CO<sub>2</sub>eq - globale (tonne de CO<sub>2</sub>)</u>
2011	12,604,466	1.8984	23,928,318	23,928.32
2012	11,333,629	1.8984	21,515,761	21,515.76
2013	12,534,840	1.8984	23,796,140	23,796.14
2014	13,785,105	1.8984	26,169,643	26,169.64
2015	13,399,195	1.8984	25,437,032	25,437.03
2016	11,439,674	1.8984	21,717,077	21,717.08
2017	11,641,238	1.8984	22,099,726	22,099.73

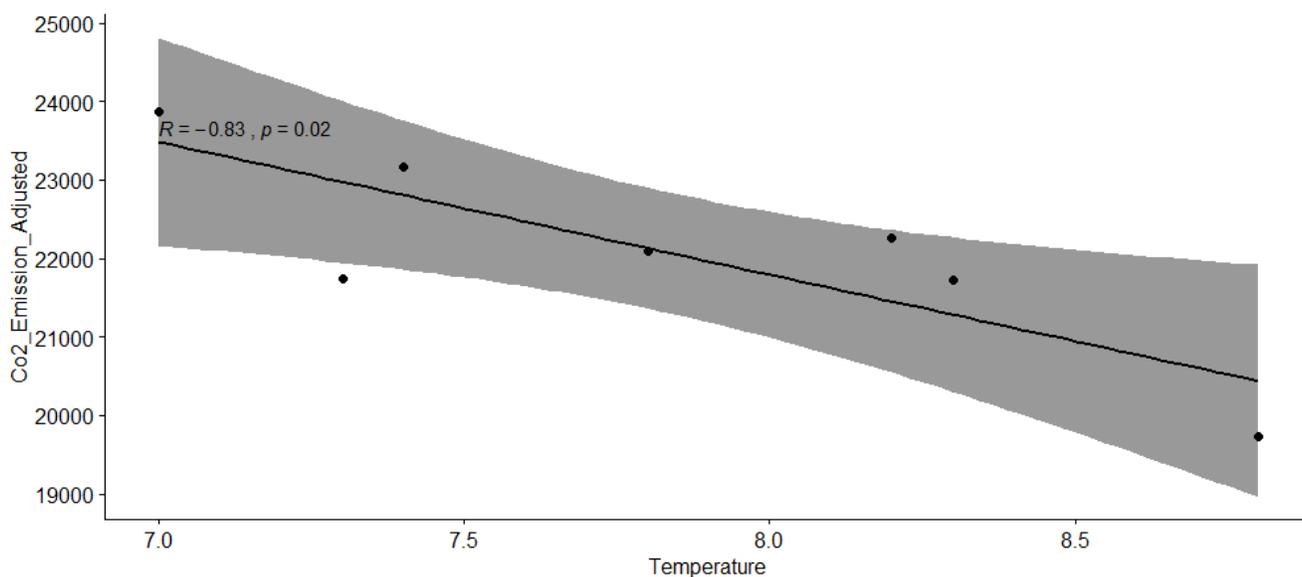
(Tableau n.15)

*Titre* : Sommaire des émissions en TCO<sub>2</sub>eq liées à la consommation de gaz naturel par l'Université pour la période 2011-2017

En premier lieu, afin de présenter les résultats pour 2018, il est primordial de statuer sur la nature de la corrélation entre la température annuelle moyenne à Montréal, et le total des émissions résultant de la consommation de gaz naturel.

Comme première étape, il est nécessaire de savoir quel est le coefficient de corrélation entre les deux variables (de -1 à 1) ; un coefficient se rapprochant de 1 indique une probabilité que les deux variables se déplacent dans la même direction, alors que s'il se rapproche de -1, il est probable qu'elles bougent de manière inverse. De plus, un coefficient proche de 0 indique une faible corrélation, et au contraire, s'il se rapproche des extrémités, cela indique une forte corrélation. Par la suite, en vue de conclure si le coefficient de corrélation est statistiquement significatif, il faut estimer la valeur P ; la valeur P est la probabilité de tomber sur le résultat obtenu alors que le vrai résultat est en fait 0. Si la probabilité est inférieure à 5% (0.05), cela indique que le résultat est statistiquement significatif.

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le graphique n.2 ci-dessous.



(Graphique n.2)

Titre : Analyse de corrélation et de la valeur P entre la température et l'émission liées au chauffage

L'analyse permet de constater que le coefficient de corrélation (R) est de -0.83, et que la valeur P est de 0.02. Il est par conséquent possible de conclure que d'une part il existe une forte corrélation inverse entre la température annuelle moyenne à Montréal, et le volume d'émissions liées au chauffage à l'Université. De plus, ayant obtenu une valeur P de 0.02, donc moins que le seuil de 5%, le coefficient de corrélation est statistiquement significatif.

Ayant statué sur le coefficient de corrélation entre les deux variables, un calcul de prédiction des émissions de GES en TCO<sub>2</sub>eq 2018 fut réalisé à l'aide de l'outil statistique RStudio. Les résultats de ce calcul sont résumés dans le tableau n.16 ici-bas.

<u>Année</u>	<u>Température annuelle moyenne (en degré Celsius)</u>	<u>Volume d'émission globale (en TCO<sub>2</sub>eq) Sans ajustement</u>	<u>Volume d'émission globale (en TCO<sub>2</sub>eq) Avec ajustements</u>
2011	8.20	23 928.32	22 264.51
2012	8.80	21 515.76	19 729.71
2013	7.30	23 796.14	21 744.47
2014	7.00	26 169.64	23 864.03
2015	7.40	25 437.03	23 169.21
2016	8.30	21 717.08	21 717.08
2017	7.80	22 099.73	22 099.73
2018	7.60	22 470.97	22 470.97

(Tableau n.16)

Titre : Sommaire des émissions globales en TCO<sub>2</sub>eq liées à la consommation de gaz naturel pour la période 2011-2018 à l'UdeM

Comme indiqué dans le tableau n.16, par suite de l'analyse de prédiction, il est estimé que le volume d'émissions de GES en TCO<sub>2</sub>eq liée à la consommation de gaz naturel pour le chauffage des bâtiments de l'Université (sections 1 et 2) pour l'année 2018 est de 22,470.97 TCO<sub>2</sub>eq.

Le tableau n.16 ici-haut comporte deux sommaires des émissions entre 2011 et 2018 (sans ajustement et avec ajustements), étant donné que tel qu'expliqué dans la partie 5).a de ce rapport, certaines des sources d'émissions existantes lors de la période 2011 à 2015, n'existent plus à partir de 2016 ; les résultats ont donc été ajustés dans la colonne de droite, afin de comparer avec plus de précision l'évolution dans le temps des émissions (détaillé dans la section suivante).

Finalement, il a été possible d'estimer les valeurs manquantes pour les émissions des années 2011 et 2017 liées au chauffage des bâtiments du Campus Montagne, à l'aide de la méthodologie décrite dans la section précédente. Les résultats sont présentés dans le tableau n.17 ici-bas :

<u>Année</u>	<u>Émissions en tonne de CO<sub>2</sub> - Campus Montagne (Source: M. Trépanier)</u>	<u>% de variation annuelle</u>	<u>Émissions en tonne de CO<sub>2</sub> - Campus Montagne (Source: MELCC)</u>	<u>% de variation annuelle</u>
2011	14 715		14 803	
2012	13 769	-6.4%	13 836	-6.5%
2013	15 004	9.0%	14 236	2.9%
2014	15 381	2.5%	15 476	8.7%
2015	15 955	3.7%	16 054	3.7%
2016	15 498	-2.9%	15 588	-2.9%
2017	16 067	3.7%	16 164	3.7%

(Tableau n.17)

Titre : Sommaire des émissions (Campus Montagne) en TCO<sub>2</sub>eq liées à la consommation de gaz naturel pour la période 2011-2017 à l'UdeM

b. Émissions liées à la consommation de mazout

Les résultats de l'analyse du CO<sub>2</sub> équivalent émis par le mazout léger par l'Université entre 2011 et 2017 sont détaillés dans le tableau n.18 ci-dessous :

<u>Période</u>	<u>Consommation mazout (en litres)</u>	<u>Taux de conversion en kg CO<sub>2</sub>eq/litres</u>	<u>Émission de Co<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>eq )</u>	<u>Émission de CO<sub>2</sub> (TCO<sub>2</sub>eq)</u>
2011-2012	72,287	2.7629	199,722	199.72
2012-2013	196,375	2.7629	542,564	542.56
2013-2014	284,796	2.7629	786,863	786.86
2014-2015	281,113	2.7629	776,687	776.69
2015-2016	19,109	2.7629	52,796	52.80
2016-2017	19,818	2.7629	54,755	54.76

(Tableau n.18)

Titre : Sommaire émissions en TCO<sub>2</sub> par consommation de mazout pour la période 2011-2017

Ayant choisi d'utiliser l'année 2017 comme période de référence pour la présente recherche, il est possible de conclure que 54.76 TCO<sub>2</sub> ont été émis par l'Université pour l'année en question.

c. Émissions liées à la consommation de carburant

Pour donner suite à l'analyse de la base de données de l'achat de carburant lors de l'année 2018, les résultats suivants ont été obtenus (détaillé dans le tableau n.19 ici-bas).

Département	Volume (en litre)
R.G.A.U.Q.(UDM-CHUV) BC0014908	48,398.5
R.G.A.U.Q.(UDM-DPS-PREVENTION)	1,293.4
R.G.A.U.Q.(UDM-FERME ANIMAL)	1,255.2
R.G.A.U.Q.(UDM-FMV-DIRECTION)	1,978.6
R.G.A.U.Q.(UDM-METIERS)	7,735.4
R.G.A.U.Q.(UDM-RECTORAT)	2,170.2
R.G.A.U.Q.(UDM-S.I.U.M.)	4,481.3
R.G.A.U.Q.(UDM-SURETE)	9,018.3
R.G.A.U.Q.(UDM-TERRAINS)	9,327.2
R.G.A.U.Q.(UDM-TRANSPORT)	24,868.2
UNIV.DE MTL (MED.VETERINAIRE)	1,352.5
<b>Total:</b>	<b>111,878.80</b>

(Tableau n.19)

Source : (Département des approvisionnements, 2019)

Titre : Sommaire de la consommation de carburant pour l'année 2018 en litre

On peut conclure qu'un volume de 111,878.80 litres de carburant ont été consommé en 2018. De plus, la répartition de ce volume entre diesel et essence a été calculée, et le résultat est présenté le tableau n.20 ici-bas :

Type de carburant	Volume en litre
Diesel	3,795.50
Essence	108,803.30

(Tableau n.20)

Source : (Département des approvisionnements, 2019)

Titre : Ventilation du volume de carburant consommé par type

Utilisant les valeurs de conversions en kilogramme de dioxyde de carbone équivalent comme décrit dans le tableau n.21, il est possible d'appliquer la formule n.2 pour trouver le volume total d'émission en tonne de dioxyde de carbone pour l'année 2018.

Type	Volume (en litre)	KG CO <sub>2</sub> /Litre	Kg de CO <sub>2</sub>	TCO <sub>2</sub>
Diesel	3,795.5	2.7568	10 463.43	10.46
Essence	108,083.30	2.3261	251 412.56	251.41
			<b>Total:</b>	<b>261.87</b>

(Tableau n.21)

Titre : Sommaire émissions en TCO<sub>2</sub> par consommation de carburant pour l'année 2018.

On conclut que 10.46 TCO<sub>2</sub>eq ont été émis en 2018 par la consommation de diesel, et 251.41 TCO<sub>2</sub>eq par la consommation d'essence, pour un total de 261.87 TCO<sub>2</sub>eq pour l'année en question.

d. Émissions liées à la consommation d'électricité

Le sommaire des calculs pour les émissions liées à la consommation d'électricité produite par Hydro-Québec est détaillé dans le tableau n.22 ici-bas:

Période	Consommation d'électricité (kWh)	Taux de conversion en CO <sub>2</sub> eq (g/kWh)	Émission de CO <sub>2</sub> eq (g)	Émission de CO <sub>2</sub> eq (tonne)
2010-2011	139,769,418	4.3	601,008,497.40	601.01
2011-2012	142,065,376	2.6	369,369,977.60	369.37
2012-2013	140,820,587	3.3	464,707,937.10	464.71
2013-2014	140,193,628	2.5	350,484,070.00	350.48
2014-2015	137,135,337	1.6	219,416,539.20	219.42
2015-2016	136,279,867	1.6	218,047,787.20	218.05
2016-2017	135,079,787	1.7	229,635,637.90	<b>229.64</b>

(Tableau n.22)

Titre : Sommaire émissions en TCO<sub>2</sub>eq liées à la consommation d'électricité pour la période 2011-2017.

Si, comme convenu, les émissions de 2017 sont utilisées pour les fins de cette recherche, l'Université a émis 229.64 TCO<sub>2</sub>eq par sa consommation d'électricité achetée à Hydro-Québec sur la période étudiée.

e. Émissions liées à l'élevage animal

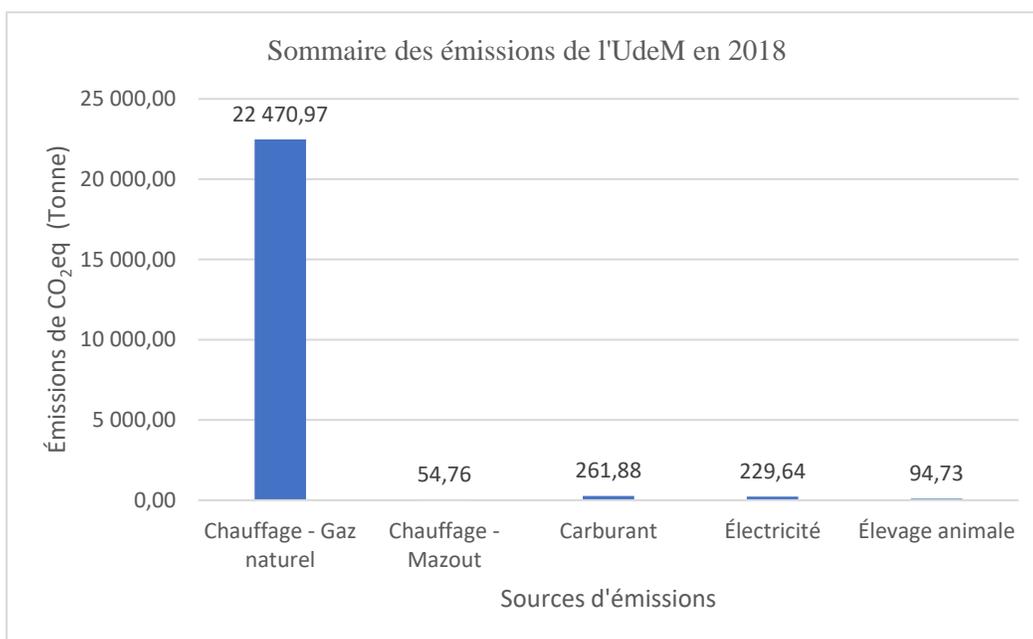
Après avoir estimé le volume de méthane émis par chaque espèce animale élevée par l'Université, et converti le tout en tonne de CO<sub>2</sub> équivalent, il a été possible de déduire que le volume total en TCO<sub>2</sub>eq émis ceux-ci est de 94.73 tonnes en 2018. Le détail des calculs est illustré dans le tableau n.23 :

<u>Espèce animale</u>	<u>Nombre</u>	<u>Émission annuelle de méthane (kg de CH<sub>4</sub>)</u>	<u>Taux de conversion CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub>eq</u>	<u>Émission de CO<sub>2</sub> (KG CO<sub>2</sub>eq)</u>	<u>Émission de CO<sub>2</sub> (Tonne CO<sub>2</sub>eq)</u>
Cheval	37	18	25	16650	16.65
Volaille	12	0.41	25	123	0.123
Porc	9	4.8	25	1080	1.08
Vache à lait	25	123	25	76875	76.875
				<b>Total:</b>	<b>94.73</b>

(Tableau n.23)

*Titre* : Sommaire émissions en TCO<sub>2</sub>eq liées à l'élevage animal pour l'année 2018.

L'addition du volume d'émissions de la consommation de ces cinq sources indique que l'Université a émis un total de 23,111.97 tonnes de dioxyde de carbone équivalent en 2018.



(Graphique n.3)

Titre : Sommaire des émissions de l'UdeM en TCO<sub>2</sub>eq pour 2018

## 7. Analyse des données

La présente partie a pour objectif, d'une part de tirer des conclusions des résultats obtenus lors du calcul des émissions de GES par l'Université, et dans un deuxième temps, de mettre en relief les données obtenues en les comparant avec une autre institution universitaire d'envergure équivalente, soit l'Université McGill. Cette partie est clôturée par un exposé des limites de l'analyse effectuée.

### a. Conclusions tirées des résultats obtenus

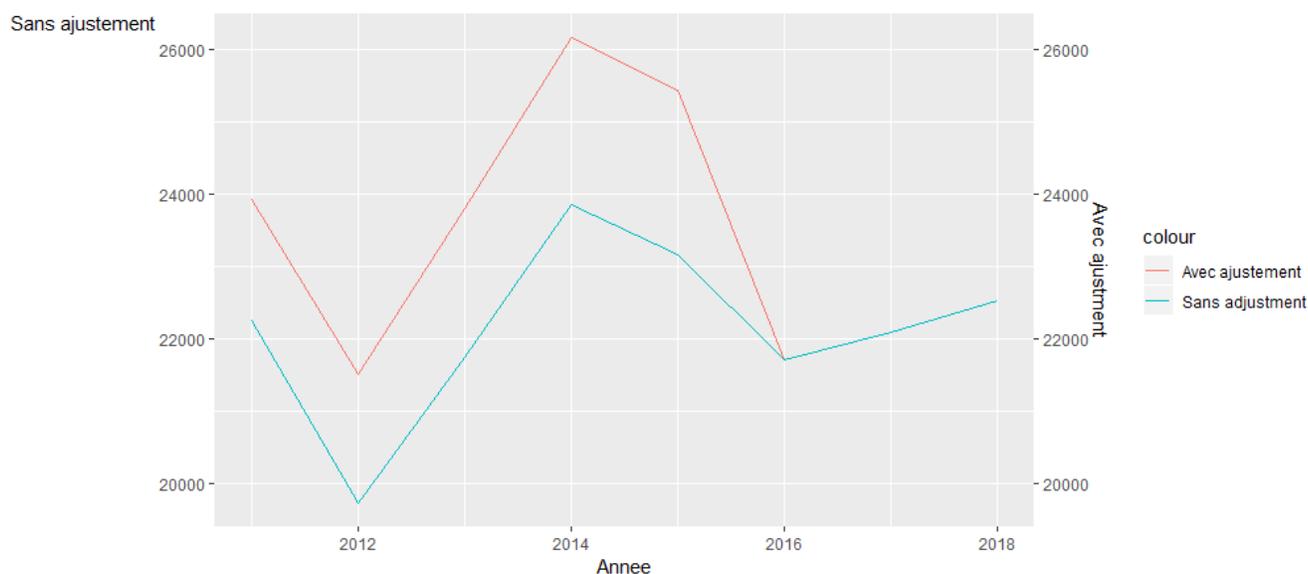
Les résultats obtenus offrent un portrait pour l'année 2018 des émissions de dioxyde de carbone liées à certaines des activités les plus importantes en terme de GES de l'Université de Montréal.

Un des constats principaux est que les sources d'émissions incluses dans le Scope 1 sont responsables de la majorité de ce qui est émis comme GES ; qui plus est, la consommation de gaz naturel pour chauffer les immeubles de l'Université est, parmi toutes celles étudiées, l'activité la

plus émettrice de CO<sub>2</sub>. Par exemple, alors que la consommation de carburant et d'électricité émettent 261.88 TCO<sub>2</sub> et 229.64 TCO<sub>2</sub> respectivement, la consommation de gaz naturel émet 22,470.97 TCO<sub>2</sub>, soient 87.5 fois plus que celle liée au carburant. Qui plus est, comme le démontre le tableau n.6, le chauffage des bâtiments de la section « 1 », soit ceux qui se situent dans le secteur communément appelé *de la Montagne*, représente plus de deux tiers de ces émissions. Ceci donne des indications sur la direction que devraient prendre les stratégies prises par l'Université pour réduire ses émissions de GES.

Au premier regard, les résultats obtenus semblent indiquer une nette baisse des émissions de dioxyde de carbone liées à la consommation de gaz naturel, de mazout et d'électricité (seules les données pour 2018 furent disponibles pour la consommation de carburant et l'élevage animal). En effet, les émissions liées au chauffage sont passées d'un volume de 26,169.64 TCO<sub>2</sub>eq en 2013, à 22,470.97 TCO<sub>2</sub>eq en 2018, soit une baisse de 14.13% en l'espace de 5 ans ; cependant, la majorité de cet écart s'explique par la vente en 2016, de l'immeuble situé au 686 Pav. 1420 Mont-Royal. Cet immeuble, en raison de son âge avancé, et d'une moins bonne isolation que les autres bâtiments, requérait plus de chauffage ; les émissions liées à cet immeuble étaient par conséquent importantes.

La colonne de droite du tableau n.16 démontre bien cette réalité, car une analyse de la moyenne des variations annuelles sur cette période indique un taux beaucoup plus faible de 0.3%.



(Graphique n.4)

Titre : Variation des émissions en TCO<sub>2</sub> entre 2011 et 2018 liées au chauffage

Le graphique n.4 ici-bas illustre clairement la différence des résultats d'émissions avant, et après, ajustement pour le chauffage du bâtiment au 1420 Mont-Royal pour la période 2011 à 2016.

Il est donc raisonnable de croire que la vente de cet immeuble par l'Université qui était en grande partie responsable de la baisse de 14.13% des émissions liées au chauffage n'aura pas d'autres impacts majeurs sur le volume de GES émis dans le futur.

En ce qui concerne la baisse des émissions liées à la consommation d'électricité, la colonne de droite du tableau n.13 indique une baisse de 61.79% des émissions sur la période 2011-2017, soit de 601.11 T CO<sub>2</sub>eq à 229.64 T CO<sub>2</sub>eq. La baisse importante sur la période 2011-2018 s'explique par le fait qu'à partir de 2011, Hydro-Québec a cessé d'acheter de l'électricité produite à la centrale thermique de Tracy ; celle-ci émettait un volume de CO<sub>2</sub> nettement supérieur à un barrage hydro-électrique lors de la production d'électricité (Hydro-Québec, 2017). Par conséquent, les décisions d'Hydro-Québec ont eu un impact positif sur les émissions de CO<sub>2</sub> par l'Université.

Seule la consommation de mazout semble avoir nettement chuté lors de la période 2011-2017, passant d'un volume de 284,796 litres en 2013 à 19,818 litres en 2017.

Une conclusion notable qu'il est possible de tirer des résultats des émissions de CO<sub>2</sub> liées au carburant, est que la flotte de véhicules de l'Université ne consomment qu'une faible quantité de diesel (3,795.5 litres); cela est un point positif à noter, étant donné que le diesel, lorsque brûlé, émet plus de CO<sub>2</sub> que l'essence. D'autre part, d'après les données disponibles sur le nombre et type de véhicules que composent la flotte de l'Université, seul un véhicule électrique en fait partie ; accroître ce nombre pourrait être une piste de solution pour réduire les émissions de l'institution.

#### b. Mise en perspective des résultats

Comment mentionné au début de cette section, afin de bien comprendre l'importance des résultats obtenus dans la section précédente, il serait judicieux d'exposer les données des émissions en TCO<sub>2</sub>eq d'une université comparable ; pour cela, l'Université McGill a été choisie, en raison de sa proximité géographique avec l'Université de Montréal (donc soumises à des

conditions géographiques et météorologiques semblables), ainsi qu'en raison d'une superficie et de volume d'opération (en nombre d'étudiants et de facultés) relativement similaire. De plus, les données pour les émissions de cette université sont facilement disponibles.

En effet, en vue de réaliser une étude similaire à celle-ci, les membres d'une équipe de l'Université McGill ont calculé les émissions de GES de leur université en tonne de CO<sub>2</sub>, classifié en Scope 1, 2 et 3 pour l'année 2014 et 2017 (McGill Utilities & Energy Management, 2018). Le champ d'études de leur rapport étant plus large que celui exposé dans le présent rapport, seules les catégories traitées par les deux études seront comparées. Mais, à titre d'information, d'après l'étude, McGill a émis en 2017 (les 3 Scopes réunis) 56,004 tonnes de CO<sub>2</sub>.

Le tableau n.24 ici-bas compare les émissions émises par le chauffage, la consommation de carburant et d'électricité, et l'élevage animal des deux universités.

	Université de Montréal	Université McGill
Gaz naturel (Scope « 1 »)	22,470.97 TCO <sub>2</sub>	32,885.00 TCO <sub>2</sub>
Mazout (Scope « 1 »)	54.76 TCO <sub>2</sub>	468 TCO <sub>2</sub>
Carburant (Scope « 1 »)	261.88 TCO <sub>2</sub>	583.8 TCO <sub>2</sub>
Élevage (Scope « 1 »)	229.64 TCO <sub>2</sub>	570 TCO <sub>2</sub>
Électricité (Scope « 2 »)	94.73 TCO <sub>2</sub>	273 TCO <sub>2</sub>
<b>Total :</b>	<b>23,111.97 TCO<sub>2</sub></b>	<b>34,779.80 TCO<sub>2</sub></b>

(Tableau n.24)

Source : (McGill Utilities & Energy Management, 2018)

Titre : Comparaison des émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes entre l'Université de Montréal et l'Université McGill en 2017

À première vue, l'Université McGill émet, toutes catégories confondues, plus de CO<sub>2</sub> que l'Université de Montréal. Afin d'être en mesure de comparer sur les mêmes bases les émissions de ces deux institutions, il est nécessaire d'utiliser des indicateurs cohérents, qui permettront d'estimer si, selon la taille des opérations de chaque université, l'une est plus émettrice que l'autre. Par conséquent, les deux indicateurs choisis ont été le volume d'émissions total en tonne de CO<sub>2</sub> par étudiant inscrit, ainsi que le volume d'émissions total en tonne de CO<sub>2</sub> par hectare. Les résultats des calculs sont énoncés dans le tableau n.25 ici-bas :

	Université de Montréal	Université McGill
TCO <sub>2</sub> /étudiants	0.5065 TCO <sub>2</sub> eq/étudiants	1.082 TCO <sub>2</sub> eq/étudiants
TCO <sub>2</sub> /hectares	385.19 TCO <sub>2</sub> eq/hectares	915.25 TCO <sub>2</sub> eq/hectares

(Tableau n.25)

Titre : Comparaison des émissions de CO<sub>2</sub>eq en tonnes entre l'Université de Montréal et l'Université McGill

Les résultats suggèrent que malgré une population, et une superficie, supérieure à celle de l'Université McGill, l'Université de Montréal émet moins de CO<sub>2</sub>, et ce pour les cinq sources d'émissions. Ce constat pourrait s'expliquer par des bâtiments moins bien isolés (en raison du caractère historique des bâtiments qui les soumettent à des réglementations plus sévères lors des travaux de rénovation), des systèmes de chauffage moins performants, un plus grand nombre de bâtiments, ou bien encore une flotte de véhicule au diesel plus importante. Bien que la comparaison de la performance de ces deux universités ne soit pas l'objectif de ce présent rapport, il serait pertinent d'approfondir la question.

c. Limites de l'analyse

Bien qu'il a été possible, à travers la présente recherche, de faire une comptabilité des émissions de dioxyde de carbone liées à certaines des sources émettrices les plus importantes de l'Université (carburant, gaz naturel, mazout, etc.), il n'en reste pas moins qu'il faut dénoter certaines limitations de l'analyse réalisée, et des résultats trouvés.

Dans un premier temps, bien que l'année étudiée soit 2018, il n'en demeure pas moins qu'en raison de la disponibilité (ou manque de disponibilité dans certains cas) des données, il a été nécessaire d'utiliser des résultats d'émissions d'années antérieures pour certaines sources ; dans d'autres cas, comme pour la consommation de gaz naturel, les émissions de 2018 ont été estimées par rapport aux résultats historiques. Une marge d'erreur peut s'appliquer pour les totaux obtenus pour lesdites catégories.

Secondement, certaines données furent collectées à travers des tierces parties, et non directement aux unités responsables de l'Université ; par exemple, c'est le cas des données sur le nombre d'animaux, ou bien encore celles de la consommation de gaz naturel. Une erreur lors de

leur propre collecte de données est donc un risque possible, ce qui affecterait la précision des résultats obtenus dans la présente recherche. Il est possible que les données ne fassent pas parties d'un contrôle sur la qualité de collecte.

Il existe également une limite à noter en ce qui a trait au calcul des émissions de CO<sub>2</sub> par la consommation de gaz naturel pour l'année 2018. Comme détaillé dans la section 5) a. de ce rapport, il a été supposé que la consommation de gaz naturel soit négativement corrélée avec la température annuelle moyenne à Montréal ; cependant, cette moyenne peut masquer des variations importantes durant l'année. Par exemple, il est possible qu'une année avec un été très chaud et un hiver très froid ne se traduise pas en une moyenne annuelle plus basse (ou élevée) en raison de l'écart de température entre les deux saisons, mais il est clair que la consommation de gaz naturel sera plus importante en raison de la température plus rude. De plus, étant donné que la période durant laquelle le système de chauffage est activé à l'Université est circonscrite dans le temps, certaines périodes de froids hors-saison (ex. : printemps froids en 2017-2018) pourraient ne pas être prises en comptes.

Dans un autre temps, il faut également noter que ces résultats n'englobent pas toutes les émissions de l'institution, mais seulement certaines sources importantes de celle-ci. En effet, les émissions liées aux fuites du système de réfrigération, duquel des hydrofluorocarbures, gaz ayant un fort potentiel de réchauffement planétaire (pouvant aller jusqu'à 2,800 fois le dioxyde de carbone), n'ont pas été comptabilisés en raison de l'inaccessibilité des données (ces émissions sont toutefois marginales comparativement aux émissions totales). De la même manière, toutes les émissions de sources incluses dans le Scope « 3 » n'ont pas été incluses en vue de circonscrire la portée du travail ; ayant mentionné dans la revue de littérature que ces sources peuvent correspondre jusqu'à 60% des émissions d'une Université (bien que considéré indirect), il serait éventuellement important de les répertorier. En contemplant les résultats trouvés lors de cette recherche, il faut donc garder en tête que si la majorité des sources d'émissions ont été étudiées, quelques sources manquantes devront être incluses dans de futures analyses.

En dernier lieu, il faut noter que les émissions pour l'année 2019 risquent de s'accroître par suite de l'ajout du nouveau campus MIL dans le quartier d'Outremont, ainsi que celui de Laval, dont l'Université a officiellement pris possession à la fin 2018. Il est fort à parier que ceux-ci vont croître de façon importante les émissions liées au chauffage et au système de réfrigération.

Qui plus est, le campus MIL sera accrédité Leed Or, donc il serait judicieux de faire une analyse d'émissions de CO<sub>2</sub>eq par étudiant spécifiquement pour ce bâtiment, et de comparer les résultats avec les autres immeubles du campus.

Ayant réussi à estimer le volume de CO<sub>2</sub> émis par l'Université, la prochaine section a pour objectif de soumettre un plan cohérent qui vise à limiter ou compenser les émissions.

#### 8. Recommandations pour réduction des émissions ou compensations

Les résultats de l'analyse des émissions de CO<sub>2</sub> par l'Université ont révélé que 97.23% de ces dites émissions, sont causées par la consommation de gaz naturel et de mazout léger, servant à chauffer les bâtiments de l'institution. Cela est un constat clair des étapes que l'Université devrait prioriser afin de réduire son empreinte écologique.

Une seconde constatation découlant de la recherche effectuée, est que l'information requise par l'Unité du Développement Durable de l'Université pour élaborer, et mettre en place, des plans d'action en vue d'améliorer l'empreinte environnementale de l'institution, n'est souvent pas partagée par les autres départements. Ceci a un impact important sur la portée des conclusions tirées sur les impacts environnementaux de l'Université, ainsi que la production des résultats transmis au Rectorat. Le travail en silo des différents départements, et le manque de partage d'information entre les groupes de travail sur le terrain et ceux réalisant les analyses et recommandations limitent la capacité de l'administration de l'UDEM à agir efficacement dans sa lutte contre les émissions de GES.

Cette présente section se base sur ces deux constats, pour détailler des stratégies claires et précises que cette institution pourrait adopter pour réduire ses émissions; celles-ci sont divisées en quatre catégories, soit en Scope 1, 2 et 3, ainsi que des stratégies pour améliorer la gestion administrative de l'Université. Le tout est conclu par des recommandations pour compenser les émissions qui sont émises par l'Université.

a. Scope 1

**Stratégies visant la gestion des immeubles**

Comme mentionné lors de l'introduction de cette section, la consommation de sources d'énergies (gaz naturel et mazout léger) pour chauffer les immeubles de l'Université sont responsables de la grande majorité des émissions de CO<sub>2</sub>.

De ce fait, en vue de réduire ces dites émissions, il est crucial de trouver des solutions qui permettent de réduire la consommation énergétique des bâtiments, ou de limiter les émissions de CO<sub>2</sub> qui en découlent. D'un autre côté, les solutions apportées doivent être réalisables financièrement.

Dans un premier temps, il est crucial de s'assurer que la déperdition de chaleur des immeubles soit le plus bas possible ; en effet, plus il y a de perte, plus il faudra consommer du gaz naturel ou du mazout pour atteindre la température souhaitée. La Direction des Immeubles de l'Université devrait par conséquent utiliser les services d'experts en infiltrométrie (analyser les zones de flux d'air) et en thermographie (trouver les défauts d'isolations) afin de localiser les zones dans lesquelles se produit la déperdition de chaleur (ProjetVert, 2012). Par la suite, des travaux pour étanchéifier et isoler ces espaces devraient être réalisés. En effet, d'après un rapport de l'Agence de l'Efficacité Énergétique du Québec, les immeubles québécois perdent environ 30% de leur chaleur par des fuites d'airs disséminés à travers le bâtiment. Bien qu'il soit difficile de statuer sur l'épargne précise réalisée sur la consommation de gaz naturel, il est clair que celle-ci sera réduite ; du même coup, moins de CO<sub>2</sub> sera émis, et, au coup de 10.96\$ le gigajoule (2017), l'Université réalisera également des économies monétaires (Ministère de l'Éducation et Enseignement Supérieur, 2018).

Une attention particulière devrait être portée aux laboratoires, car comme mentionnée dans la revue de littérature, ceux-ci génèrent dix fois plus de GES par mètre carré que les salles de classe et des bureaux administratifs. La présente étude n'a pas analysé cet aspect-là, mais il serait pertinent de faire une étude pour valider cette affirmation.

Dans un même ordre d'idée, afin que la température ambiante à l'intérieur des immeubles reflète de manière appropriée les conditions météorologiques externes, ainsi que les besoins en temps réel des individus, des thermostats intelligents devraient être installés à travers les

bâtiments. Lorsque possible et pour certains bâtiments le permettant, des thermostats, connectés à internet par WIFI, peuvent être contrôlés à distance grâce à des applications mobiles ou un portail web; à l'aide des fonctionnalités de cet outil, il est simple de le programmer de manière que la température intérieure s'ajuste selon la température extérieure, et selon le taux d'occupation d'un bâtiment donné. De la même façon, un occupant d'une salle serait en mesure d'ajuster la température selon ses besoins individuels. Donc, au lieu de chauffer, ou climatiser, de façon uniforme un bâtiment, indépendamment de l'occupation ou de la température extérieure, la consommation énergétique reflètera les besoins réels ; des gains seront réalisés. Bien qu'un thermostat intelligent puisse coûter entre 50 à 300\$ l'unité, des subventions existent pour réduire le coût (par exemple, Énergir offre une subvention de 100\$ à ses clients (Énergir, 2018)).

Parallèlement, l'Université pourrait mettre en place un plan afin de faire face au retrait obligatoire du mazout comme source d'énergie à Montréal d'ici 2030 ; en effet, la Ville de Montréal a passé une résolution visant ce but précis (LÉVESQUE, 2019). Bien que le volume de mazout consommé par l'institution soit faible comparativement au gaz naturel, il n'en demeure pas moins qu'il faudra remplacer celle-ci par une autre source d'énergie. Supposant que la réglementation visant à limiter les émissions de GES ne fera que se resserrer dans le futur, l'Université devrait utiliser cette occasion pour se tourner vers des sources d'énergies propres.

Pour faire le pont avec la précédente proposition, l'Université de Montréal pourrait dès aujourd'hui augmenter la proportion d'hydro-électricité utilisée dans les années à venir, pour compenser la suppression progressive de l'utilisation du mazout. Il faut par contre noter que le coût de cette source d'énergie est plus élevé que le gaz naturel ou le mazout. En revanche, afin de voir les émissions totales de CO<sub>2</sub> diminuer au fil des années, il est important d'investir dès maintenant pour préparer un futur plus propre. De plus, en intégrant des sources et des mécanismes de consommations énergétiques plus efficaces dans les immeubles, les coûts supplémentaires liés à l'achat d'électricité de sources plus dispendieuses pourraient être compensés par une baisse du volume total d'énergie consommé.

Sur un autre plan, l'Université devrait contempler l'intégration de toits verts à la toiture des bâtiments. Simplement dit, un toit vert est une couche végétative (composés de fleurs, arbres, potagers, etc.) recouvrant la surface du toit ; deux types existent, soit intensifs ou extensifs. Les

toits verts intensifs comportent un plus grand nombre de variétés de plantes et d'installation, requérant plus de ressources pour entretenir, alors que ceux extensifs sont plus simples et requiert peu d'entretien. Tenant compte du nombre substantiel de bâtiments dont l'Université dispose, un choix de toit vert extensif devrait être pris.

D'après l'Agence de Protection Environnementale des États-Unis (ci-après l'« EPA »), ce type d'installation possède de nombreux bénéfices pour la protection de l'environnement et la santé humaine (Environmental Protection Agency, 2019). À titre d'exemple, les toits verts permettent de réduire les émissions de hydrofluorocarbures grâce au phénomène d'évapotranspiration qui refroidir la température de l'air près de la surface (16.4 °C (Bolduc, 2016)), et donc de limiter l'usage de climatisation durant les mois d'été. Autre avantage, à travers leur processus de séquestration et stockage du carbone produit, les espèces végétales vivant sur les toits verts réduisent les émissions nettes (émissions générées moins ce qui est capturé) de GES. De la même manière, ils permettent d'améliorer l'isolation des immeubles, donc de réduire les pertes d'énergies (donc moins de consommation de gaz naturel pour chauffer). Pour illustrer les bénéfices de ces installations à l'aide de chiffre, l'EPA indique que ceux-ci permettent de réduire en moyenne la consommation énergétique des bâtiments de 0.7%, et des économies de 0.23\$ par pieds carrés de toits verts (Environmental Protection Agency, 2019). L'Université a fait un pas dans la bonne direction avec l'introduction d'un toit vert sur la toiture du nouveau Campus MIL (Nancy, 2019) ; si celui-ci s'avère d'être un succès, il est possible que d'autres suivent.

Finalement, comme mentionné auparavant, il serait judicieux d'appliquer ces stratégies aux bâtiments du Campus Montagne en premier, étant donné qu'il représente près de 2/3 des émissions liées au chauffage.

Suivant le pas aux toits verts, l'UDEM devrait également considérer étendre l'espace végétal et accroître le couvert forestier sur tout le campus, puisque ceux-ci entraînent les mêmes bénéfices que les installations sur toitures. Qui plus est, les espaces verts permettent de capturer les carbones (puits de carbone) et d'effectuer de la recherche sur ce mécanisme

Bien que de nombreux boisés parsèment déjà le campus de l'Université, celui-ci pourrait accroître la végétation le long des voies de transports, en plantant des arbres, arbustes et fleurs pour leurs bienfaits esthétiques et environnementaux.

Finalement, l'Université, comme centre de recherche, devrait être à l'affût de nouveau procédé ou technologie innovante permettant de limiter ou capturer les GES émis ; par exemple, des chercheurs de Calgary ont récemment dévoilé un nouveau procédé expérimental permettant de transformer le CO<sub>2</sub> émis en fibre de carbone, un matériau très utilisé qui se vend à 100\$ le kg sur le marché (The Canadian Press, 2019). L'Université pourrait donc mettre à profit le bassin important de chercheurs à sa disposition pour réaliser des projets pilotes sur le campus même.

### **Stratégies visant la consommation de carburant**

Bien que les émissions liées à la consommation de carburant (diesel et essence) soient une petite partie du total de ce qui est émis comme GES par l'Université, il est important que l'institution s'attaque à toutes les sources. En effet, au fil des années ces petits volumes d'émissions s'accumulent et peuvent avoir un impact non négligeable, et de plus, en agissant sur ceux-ci, l'Université peut influencer d'autres acteurs à agir de manière similaire.

Dans cette optique, il est recommandé que lors d'achats de nouveaux véhicules, une priorité soit mise sur les véhicules à basses émissions de CO<sub>2</sub>, par exemple carburant au diesel ou sur des piles électriques. Il est par contre noté que ces dernières ont également un impact négatif sur l'environnement lors de leur conception, donc une analyse du cycle de vie de ces véhicules devrait être faite, car les bénéfices environnementaux n'apparaissent qu'après un certain seuil d'utilisation. Avec plus de 80 véhicules actifs, l'Université pourrait édent de façon importante le volume de GES émis si elle change le type de véhicule choisi.

De manière complémentaire à cela, le choix de carburant que les usagers des véhicules achètent devrait également être reconsidéré. En choisissant une combinaison de carburant qui inclut de l'éthanol (carburant renouvelable produit à partir de biomasse), les émissions de GES peuvent être réduire de 3 à 4% comparativement au carburant composé uniquement d'essence (Ministère des Ressources Naturelles du Canada, 2018).

#### **b. Scope 2**

Dans la même optique que les émissions liées au carburant, celles liée à la consommation d'électricité est relativement faible vis-à-vis du total, mais il est tout de même important de mettre

en place des mesures pour les réduire. Ceux-ci touchent principalement le changement des habitudes de consommation d'énergie des usagers de l'Université.

Il est suggéré de mettre sur pied un programme de sensibilisation à la sobriété énergétique, par exemple en incitant les employés à éteindre le matériel informatique après utilisation et avant de quitter pour la journée, afin de réduire le volume d'électricité consommé par ceux-ci. À cette fin, l'administration pourrait partager un mémo électroniquement détaillant les meilleures pratiques. De manière similaire, les agents de sécurités et d'entretien pourraient être sensibilisés à éteindre les lumières dans les pièces inoccupées,

Étant donné que changer les comportements des individus prend généralement du temps, l'installation de systèmes électroniques pourrait contribuer à faciliter l'instauration de ces changements. Par exemple, des systèmes de détecteurs de mouvements pourraient être installés dans les pièces pour que la lumière s'éteigne automatiquement lorsqu'il n'y a plus personne. De la même façon, les ordinateurs connectés en réseau pourraient être reliés à un système automatisé de fermeture, pour qu'ils ferment de manière synchronisée.

Dans un autre ordre d'idée, il est recommandé que le Service des Approvisionnements se dote d'un plan de remplacement du matériel informatique et électroménager pour des alternatives à haute efficacité énergétique ; ceux-ci consomment moins d'énergie pour une performance supérieure ou équivalente. Le même département pourrait également considérer d'éviter la multiplication du matériel informatique (imprimante, scanner, frigo, etc.), et de favoriser le partage. Qui plus est, des systèmes d'éclairages utilisant des LED pourraient être installés, car ceux-ci réduisent la consommation énergétique de 75% vis-à-vis des sources d'éclairages traditionnelles, et ont une durée de vie de 50,000 heures (Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie, 2017). Il faudrait également considérer étendre le plan des approvisionnements à l'achat du matériel scientifique pour s'assurer qu'ils aient également une empreinte environnementale plus faible.

Afin d'optimiser ou de réduire la consommation d'énergie des bâtiments, l'Université devrait mettre en place un plan pour s'assurer que les nouvelles constructions soient construites en suivant les lignes directrices d'accréditation globalement reconnue, comme LEED, Energy Star

Target Finder, Net Zero Energy Building ou la norme ISO 50 001 (système de gestion de l'énergie). Cela est le cas pour le nouveau bâtiment au campus MIL.

c. Scope 3

Bien que les émissions de sources incluses dans le Scope 3 (émissions de sources indirectes) n'aient pas fait partie de celles étudiées dans la présente recherche, il est tout de même important d'émettre quelques recommandations en vue de réduire celles-ci, car avec plus de 45,000 étudiants et 2,400 employées, l'Université est une organisation majeure au Québec. Puisque les activités de cette institution influencent les déplacements et actions de ses usagers, elle a donc une responsabilité de sensibiliser ceux-ci sur des pratiques écoresponsables. De plus, il a été souligné dans la revue de littérature que les émissions de GES liées à des sources incluses dans le Scope 3, peuvent représenter jusqu'à 79% de toutes les émissions de l'institution.

En premier lieu, puisque la conduite d'une voiture produit annuellement 4.6 TCO<sub>2</sub> (EPA, 2018), si tous les usagers de l'Université conduisaient sa propre voiture pour ses déplacements, les émissions annuelles totaliseraient 218,040 TCO<sub>2</sub>, soit 9 fois le total des émissions de l'Université. Celle-ci devrait donc poursuivre sa campagne de sensibilisation pour inciter les usagers à utiliser des moyens de transport alternatifs, que cela soit le vélo, le covoiturage, le transport en commun ou le travail à distance.

De la même manière, l'Université pourrait encourager ses employés à utiliser la visioconférence comme un outil alternatif au déplacement en avion ; en effet globalement les déplacements en avion émettent 859 M CO<sub>2</sub> par année (Air Transport Action Group, 2018). Donc, lorsque possible, les rencontres se déroulant avec des interlocuteurs localisés à l'étranger devraient se faire par moyen de communication électronique plutôt qu'en personne.

Dans une autre mesure, l'Université pourrait s'assurer que son Service des Approvisionnements ne fait affaire qu'avec des fournisseurs utilisant des procédés et matières premières écoresponsables ; une telle pratique permettrait de réduire les émissions liées à la chaîne de valeurs des produits et services consommés par les usagers de l'Université. Pour cela, un critère d'empreinte environnementale du produit ou service pourrait être inclus dans les appels d'offres

de l'Université, et une analyse du cycle de vie devrait être requis pour les achats les plus importants. Une étape ultérieure pourrait être de faire signer à tous les fournisseurs une charte déclarant un support commun à la réduction individuelle de tous les signataires ; le caractère officiel et communautaire d'un engagement devrait tirer un effort supplémentaire des membres signataires, car une responsabilité morale vis-à-vis des autres signataires seraient établies.

#### d. Stratégies visant la gestion administrative

Dans un autre ordre d'idée, des stratégies visant la gestion administrative de l'Université s'imposent si l'on souhaite atteindre l'objectif fixé de réduction des émissions de GES. En effet, il a été clairement souligné durant la collecte de donnée, que le partage d'information requis pour réaliser des analyses pointues et émettre des recommandations utiles est loin d'être fait de manière optimale.

Une première recommandation est que la collecte d'information requise pour comptabiliser les émissions de GES soit réalisée de manière méthodique et ponctuelle ; plus précisément est concerné le volume de gaz naturel, mazout léger, carburant, réfrigérant et électricité consommée. Sans cela, il est impossible de tenir un registre à jour des émissions, et de prendre des décisions en conséquence. Les équipes sur le terrain de la Direction des Immeubles, et les membres de l'équipe administrative de la Direction des Finances (responsable de l'achat du carburant et des réfrigérants) devraient mettre à jour à une fréquence mensuelle une base de données regroupant l'information collectée ; celle-ci faciliterait la réalisation d'études sur la consommation énergétique et les émissions qui y sont liées. Une telle pratique permettrait de suivre sur une base régulière l'évolution des émissions de GES par l'Université.

Dans un second temps, des cibles précises en termes de volume d'énergie fossile consommé devraient être émises, avec, si possible, une réduction de celles-ci à travers le temps. Une reddition de compte de chaque unité ou département concerné par ces cibles serait mis en place pour s'assurer que des efforts sont réalisés pour atteindre les objectifs fixés.

Afin d'atteindre ces cibles, un guide des bonnes pratiques en matière de consommation énergétique pourrait être compilé afin d'aider les usagers du campus, et les équipes de travail, à agir adéquatement en vue de soutenir les efforts d'économies d'énergies. L'Unité de

Développement Durable, avec l'aide de stagiaires, pourrait être mise en charge de la production d'un tel ouvrage, et le Rectorat de l'Université pourrait favoriser sa diffusion à travers le corps étudiant, enseignant et professionnel.

Regroupant ces dernières propositions de stratégies, l'Université devrait, à l'instar de son plan d'action 2012-2020 en biodiversité (Université de Montréal, 2019), élaborer un plan d'action spécifique pour combattre les émissions de GES. Celui-ci dresserait des objectifs clairs, guidés par des stratégies concrètes et des pratiques à mettre en place pour les appliquer. À la tête de ce plan, devrait se trouver un objectif ferme de réduction de GES, en adoptant des cibles provenant des engagements internationaux du Canada, du Québec et de Montréal en matière de lutte aux changements climatiques. Des indicateurs de performance clé pourraient être attribués à chaque stratégie/objectif permettant de chiffrer le progrès réalisé.

Un tel plan permettrait que tous les membres de l'administration sachent vers quoi tendre en matière de réduction d'émission, et que ceux-ci diffusent les priorités à travers leurs propres équipes de travail. Sans cela, il serait compliqué de conclure que l'Université avance dans la bonne direction, et comment atteindre les objectifs fixés.

Finalement, il est recommandé qu'un pourcentage fixe du Fonds Vert de l'Université (fonds finançant des projets améliorant la qualité de l'environnement à l'échelle locale (UDEM, 2018)), soit alloué chaque année à des projets visant la réduction des émissions. Cela donnerait des ressources additionnelles à ce combat, et permettrait de planifier des projets s'échelonnant sur plusieurs années, sans craindre de manquer de ressource dans le futur.

#### e. Compensation des émissions

De manière complémentaire à l'application de stratégie visant la réduction des émissions générées par l'Université, cette dernière pourrait mettre à profit certaines de ses ressources (principalement financière dans ce cas-ci), afin d'encourager des initiatives locales et internationales ayant comme objectif de réduire le volume de GES dans l'atmosphère. En effet, ceci fait le pont avec le marché québécois du carbone dont il a été discuté à la section 2)c., puisqu'il existe un mécanisme transactionnel de nature volontaire que les organisations peuvent utiliser pour contrebalancer leurs émissions.

Plus précisément, à travers des investissements financiers ciblés dans des fonds de compensation de carbone (le terme « Carbone Offset » est couramment utilisé dans la littérature scientifique et populaire de langue anglaise), l'Université peut compenser ses émissions en mettant son support derrière des projets spécifiques. L'organisation qui souhaite compenser ses émissions indique le volume à compenser, et ensuite un prix est fixé par l'intermédiaire (le fonds de compensation) pour réaliser cet objectif. Le prix varie selon l'intermédiaire utilisé, le type de projets qui sont financés et la localisation de l'organisme ; l'écart peut aller de US\$ 0.1 à US\$ 44.80 la tonne de CO<sub>2</sub>, avec une moyenne d'environ US\$ 3.30 (energysage, 2019)

Ces fonds, souvent présents sur l'intra web sous forme de plateforme, collectent de l'argent à travers des dons de multiples acteurs (organisations, individus, états), qu'ils réinvestissent par la suite dans des initiatives présélectionnées. L'exemple souvent cité de compensation carbone est l'investissement dans de telles initiatives par des usagers de transport aérien après l'achat d'un billet d'avion pour compenser le CO<sub>2</sub> émis par la consommation d'essence. Certaines des initiatives vers lesquelles les investissements transigent incluent la plantation d'arbres, l'achat de cuisinières écoénergétiques dans des pays en développement ou l'encouragement de projets dans le domaine des énergies renouvelables (Greenfish, 2019).

Le projet de Bourse Carbone créé par l'École Polytechnique en 2016, se situe entre le mécanisme obligatoire du marché du carbone institué par le gouvernement, et les initiatives volontaires décrits plus hauts ; concrètement, chaque action réalisée par des membres de cette École ayant pour but de réduire l'empreinte carbone de l'institution, génère des crédits (Polytechnique Montréal, 2016). Ces crédits sont par la suite disponibles pour achat par d'autres organisations qui souhaitent compenser leurs émissions de GES. L'Université pourrait se joindre à ce projet, en générant des crédits par des actions bénéfiques pour la lutte contre les émissions de GES, et en achetant à d'autres des crédits pour réduire son propre bilan carbone.

Étant donné la nature des émissions de GES, il est impossible d'identifier précisément les acteurs affectés par celles dont l'Université est responsable, car les conséquences sont diffuses géographiquement. De plus, ce ne sont pas seulement les humains qui sont affectés par ceux-ci, mais toutes les espèces vivantes qui parsèment la terre. Par conséquent, il n'est pas possible de dédommager un acteur en particulier, comme cela serait le cas dans des victimes de crimes

financiers ou un accident de la route. Des programmes de compensation de carbone comme décrit ici haut sont donc une solution alternative pour prévenir d'empirer la situation.

Un sommaire des recommandations émises se trouve dans le tableau ici-bas :

Secteur d'application	Stratégies	Indicateurs Clés de Performance	
<p><b>Scope 1</b></p> 	<p>a) Gestion des immeubles</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de la déperdition de chaleur;</li> <li>• Utiliser les services d'un consultant en consommation énergétique</li> <li>• Installation de système intelligent et intégré de chauffage/réfrigération</li> <li>• Retrait progressif d'utilisation du mazout</li> <li>• Augmenter le % du total d'énergie consommée provenant de sources d'énergies renouvelables</li> <li>• Installation de toits verts</li> <li>• Étendre l'espace de verdure sur le campus</li> <li>• Prioriser la réduction de consommation du Campus Montagne (2/3 des émissions)</li> <li>• Rester à l'affût des nouvelles technologies/procédés dans domaine du contrôle des GES.</li> <li>• Utilisation de sources d'énergies alternatives au gaz naturel pour le campus à Saint-Hyacinthe (proportion importante des émissions)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation de gaz naturel m<sup>3</sup>/pied<sup>2</sup></li> </ul>
	<p>b) Consommation de carburant</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioriser achat de véhicule hybride ou électrique</li> <li>• Prioriser achat de carburant avec % d'éthanol pour la flotte de l'UdeM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation de carburant (L)/100km</li> </ul>
<p><b>Scope 2</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inciter les usagers de l'UdeM à fermer les appareils électriques avant de quitter les lieux</li> <li>• Inciter les agents de sécurité/maintenance de fermer les lumières avant de quitter une salle</li> <li>• Installation de détecteur de mouvements liés au système d'éclairage</li> <li>• Système de fermeture automatisé pour les ordinateurs en réseaux</li> <li>• Éviter la multiplication du système informatique et électronique</li> <li>• Prioriser l'achat d'appareils électriques à haute efficacité énergétique</li> <li>• Installation d'éclairage DEL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation de gaz naturel m<sup>3</sup>/pied<sup>2</sup></li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nouvelle construction qui suit les lignes directrices LEED ou ISO 50 001</li> </ul>	
<p><b>Scope 3</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibiliser les usagers de l'UdeM à utiliser d'autres moyens de transport que la voiture</li> <li>• Inciter les employés de l'UdeM à utiliser la visioconférence plutôt que prendre l'avion</li> <li>• N'utiliser que des fournisseurs n'ayant qu'une faible empreinte carbone</li> <li>• Mettre en place un pacte de carbone neutre avec les fournisseurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de réduction de TCO<sub>2</sub> émis dans Scope 3/Total d'émission</li> </ul>
<p><b>Gestion Administrative</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collecte d'information sur consommation énergétique méthodique et ponctuelle</li> <li>• Tenir une base donnée en ligne intra-UdeM sur la consommation énergétique</li> <li>• Cible précise de volume d'énergie fossile consommé, et objectif de réduction</li> <li>• Reddition de compte des unités responsable</li> <li>• Mise en place d'un guide de bonne pratique en matière de consommation énergétique</li> <li>• Plan d'action sur 5 ans pour lutter contre les émissions de GES</li> <li>• Objectif ferme de réduction de GES</li> <li>• % du Fonds Vert pour financer projet visant à réduire les GES</li> <li>• Identifier un responsables de la comptabilité GES et de l'adoption aux changements climatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCO<sub>2</sub> émis / émission de l'année précédente</li> </ul>
<p><b>Compensation des Émissions</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investissements financiers ciblés dans des fonds de compensation de carbone</li> <li>• Participer dans la Bourse Carbone avec Polytechnique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$ investit /TCO<sub>2</sub> émis</li> </ul>

## 9. Perspectives de suivi à venir

Grâce à la présente étude, les décideurs de l'Université possèdent en main un estimé du volume d'émissions de CO<sub>2</sub> pour certaines des sources les plus émettrices de l'Université de Montréal. Qui plus est, ces décideurs disposeront de recommandations afin de réduire l'impact futur des activités de l'Université sur l'environnement. Bâtissant sur cela, il est crucial pour la

pérennité des conclusions tirées que des suggestions de suivi soient faites, afin de poursuivre la comptabilité des émissions de GES et l'avancée d'initiatives pour réduire ces dites émissions.

Dans un premier temps, il est recommandé qu'une collecte des données du volume consommé par l'Université de gaz naturel, de mazout et d'électricité pour l'année 2018 soit réalisée ; en effet, comme indiqué dans cette présente recherche, les données de 2017 furent utilisées pour la comptabilité des émissions. Au courant de l'année 2019, les données réelles de 2018 pour les catégories ici hautes seront publiées par le gouvernement québécois. Un suivi sur la disponibilité de celles-là serait donc justifié, puisqu'elles permettraient de faire une première révision des résultats obtenus des émissions de CO<sub>2</sub> par l'Université, et d'augmenter leur précision.

Dans un même ordre d'idée, et dans l'optique de pouvoir faire un suivi des émissions de CO<sub>2</sub> dans le futur, une comptabilité comme celle réalisée dans cette étude devrait être faite annuellement. Avec 2018 comme année de référence, une analyse de l'évolution des émissions pourra indiquer aux personnes responsables de l'Université si les mesures prises portent fruit. L'implantation des suggestions décrites dans la précédente section serait nécessaire pour que la collecte et l'analyse des résultats soient continuellement raffinées, ainsi que plus efficacement réalisées par les équipes qui en ont la responsabilité.

Par la suite, il faudra surveiller les variations annuelles du volume total d'émission de CO<sub>2</sub> émis par l'Université, puisque si celui-ci dépasse le montant de 25,000 tonnes, l'Université sera soumise à d'autres réglementations de juridiction provinciale. En effet, passé ce seuil, il est possible que cette institution soit obligée d'acheter des allocations sur le marché du carbone, en particulier si le seuil fixé par le gouvernement québécois est abaissé. Cela entraînerait sans aucun doute des coûts supplémentaires pour être en règle avec ces réglementations.

Dans un autre ordre d'idée, en vue de s'assurer que les solutions choisies par l'Université en vue de réduire ses émissions soit ce qu'il y a de plus optimale, une mise à jour des avancées technologies et structurelles devraient être fait annuellement. Par exemple, il faudrait se tenir à jour sur les avancés du Code du Bâtiment du Québec, en matière de l'isolation et étanchéité des immeubles, sur les caractéristiques des sources d'énergie (coût, capacités, durabilité) et sur les

nouveaux types de véhicules moins énergivores. Il est bien possible que certaines des avancées futures réduisent les émissions de manières plus efficaces et à moindres coûts.

## 10. Conclusion

Dans le cadre de cette recherche, les objectifs donnés furent de comptabiliser le volume de CO<sub>2</sub> émis par l'Université de Montréal dans une année, d'établir quelles sont les mesures existantes pour limiter l'impact des activités de l'Université sur l'Environnement, et à la lumière des résultats de l'analyse des émissions, de recommander des mesures pour réduire ou compenser celles-ci.

Par suite de la collecte de données sur la consommation de gaz naturel, de mazout, d'électricité, de carburant, et à l'élevage d'animaux à la ferme de Saint-Hyacinthe, à l'Université de Montréal entre 2011-2018 (selon la source d'émission), une analyse des données fut réalisée afin de trouver les émissions par source, et le total combiné. L'année 2018 fut sélectionnée comme année de référence.

L'application de cette méthodologie permit de constater que pour l'année 2018, l'université émit 23,111.97 tonnes de CO<sub>2</sub>eq ; de plus, il fut établi que la consommation de gaz naturel est de loin la source la plus émettrice de CO<sub>2</sub>, avec 98.1% du total émis. Afin de mettre ces résultats en perspective, une comparaison avec l'Université McGill fut réalisée; celle-ci nous a permis de constater que l'Université de Montréal émet moins de GES que l'Université McGill en ce qui concerne le volume d'émission tonne de CO<sub>2</sub> émis par étudiant, ainsi que par hectares.

Cette analyse, et les résultats obtenus, sont une première pour l'Université, et prépare le terrain pour qu'un tel travail soit réalisé de manière régulière dans les années qui suivent, avec 2018 comme période de référence ; cela permettrait de comprendre la direction dans laquelle cette institution tend vis-à-vis de ces émissions.

Avec le détail des résultats des émissions en main, il fut possible d'émettre des recommandations pour réduire celles-ci, ou du moins les compenser. D'après les informations obtenues, l'Université n'a pas de plan d'action pour lutter contre les émissions de GES dont il est responsable ; cela peut être expliqué par le manque de clarté que l'Université a sur les sources d'émissions et les quantités qui sont émises. En raison de la place prépondérante que prend la consommation de gaz naturel dans les émissions totales de GES, il a été recommandé que l'Université améliorer son efficacité énergétique, par exemple en amélioration l'isolation de ses

bâtiments, l'installation de toit vert et de thermostats intelligents et l'utilisation de source alternative d'énergie. En parallèle, un meilleur partage de l'information entre les différents départements de l'Université qui ont un rôle à jouer dans la lutte contre les émissions de GES est souhaitable, afin d'être mieux informé sur l'évolution des émissions, et pouvoir émettre des recommandations adaptées au contexte. Finalement, en vue de compenser ses émissions, l'Université pourrait allouer une partie de son budget pour investir dans des projets de compensation de carbone afin de contrebalancer l'impact négatif de ses activités.

Pour conclure, bien que l'Université, en raison de sa taille et de l'importance de ses activités, émette un volume substantiel de CO<sub>2</sub>, il existe des moyens concrets et relativement simples à implanter pour qu'elle réduise dès maintenant ses émissions. En raison de l'impact majeur que de telles émissions ont sur nos écosystèmes, et des réglementations qui risquent de devenir de plus en plus contraignantes pour contrôler le volume de GES dans l'atmosphère, l'Université devrait accélérer et accroître les initiatives pour être un joueur de premier plan au Québec dans la protection de l'environnement.

## Références

(s.d.).

Abacus Data. (2018). *2019 RACE MAY FEATURE MANY ISSUES: FROM CLIMATE CHANGE, DEBT & HOUSING, TO BORDERS AND GUN VIOLENCE AND, ALWAYS, TRUMP.*

Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie. (2017). *Avis LED.* Paris.

Air Transport Action Group. (2018). *Facts & Figures.* Récupéré sur Air Transport Action Group: <https://www.atag.org/facts-figures.html>

Bolduc, L. P. (2016, Mars 15). *AVANTAGES ET DÉSAVANTAGES DES TOITS VÉGÉTALISÉS.* Récupéré sur Éco-Habitation: <https://www.ecohabitation.com/guides/2465/avantages-et-desavantages-des-toits-vegetalises/>

Carbon Brief. (2012, January 01). *How long do greenhouse gases stay in the air?* Récupéré sur The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2012/jan/16/greenhouse-gases-remain-air>

Climate Change Connection. (s.d.). *CO2 EQUIVALENTS.* Récupéré sur Climate Change Connection: <https://climatechangeconnection.org/emissions/co2-equivalents/>

Cynthia Klein-Banai, T. L. (2010). Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions. *Journal of Cleaner Production*, 29-38.

Département des approvisionnements. (2019). *Achats de carburants - 2018.* Université de Montréal - Département des approvisionnements.

Énergir. (2018). *Thermostat Intelligent.* Récupéré sur Énergir: <https://www.energir.com/fr/residentiel/espace-client/reduire-ma-consommation/subventions-efficacite-energetique/thermostat-intelligent/>

energysage. (2019, Février 01). *Costs and benefits of carbon offsets.* Récupéré sur energysage: <https://www.energysage.com/alternative-energy-solutions/carbon-offsets/costs-and-benefits-carbon-offsets/>

Environmental and Climate Change Canada. (2019). *Montreal Historical Temperature.* Récupéré sur Montreal Weatherstat: <https://montreal.weatherstats.ca/metrics/temperature.html>

Environmental Protection Agency. (2019). *Using Green Roofs to Reduce Heat Islands.* Récupéré sur Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/heat-islands/using-green-roofs-reduce-heat-islands>

EPA. (2018). *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle.* Récupéré sur EPA: <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>

- Futura Planète. (s.d.). *Quel carburant émet le plus de CO2, l'essence ou le gasoil ?* Récupéré sur Futura Planète: <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/automobile-carburant-emet-plus-co2-essence-gasoil-947/>
- gouvernement du Canada. (2017). *National Inventory Report 1990-2016*. Ottawa.
- Gouvernement du Canada. (2019). *Changements Climatiques*. Récupéré sur Environnement et Changement Climatique: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/foire-questions.html>
- Gouvernement du Canada. (2019). *Potentiels de réchauffement planétaire*. Récupéré sur canada.ca: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/orientation-quantification/potentiels-rechauffement-planetaire.html>
- Greenfish. (2019, Février 12). *MEANINGFUL CARBON COMPENSATION: FROM OFF- TO IN-SETTING EMISSIONS*. Récupéré sur Greenfish: <https://www.greenfish.eu/meaningful-carbon-compensation-from-off-to-in-setting-emissions/>
- Gwendolyn Bailey, T. L. (2015). Comparing Greenhouse Gas Emissions across. *Comparing Greenhouse Gas Emissions across Texas Universities*, 1-24.
- Hogne N. Larsen, J. P. (2013). Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of. *Journal of Cleaner Production*, 2.
- Hydro-Québec. (2017). *CO2 Emissions and Hydro-Québec Electricity, 1990-2017*. Montréal.
- Hydro-Québec. (2017). *Electricity supply and air emissions*. Montréal.
- Hydro-Québec. (2018). *GHG emissions and Hydro-Québec electricity*. Récupéré sur Hydro-Québec - Sustainable Development: <http://www.hydroquebec.com/sustainable-development/documentation-center/ghg-emissions.html>
- International Organization for Standardization. (2018, 12). *ISO 14014*. Récupéré sur ISO: <https://www.iso.org/standard/66453.html>
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C*. Switzerland.
- Jr Matthew Moerschbaecher, J. W. (2010). The Greenhouse Gas Inventory of Louisiana State University: A Case Study of the Energy Requirements of Public Higher Education in the United States. *Sustainability*, 3.
- Kandanand, K. (2017). The Greenhouse gas accounting of a public organization : the case of a public university in Thailand. *Scientific committee of the 4th International conference on power and energy systems engineering*, 672-676.

- Karl Letten, L. O.-M. (2011). *De Montfort University Carbon Management Plan*. Leicester.
- Kitzes, J. (2013). *An Introduction to Environmentally-Extended*. Berkeley: Energy and Resources Group, University of California, Berkeley.
- Kuldip Singh Sangwana, c. B. (2018). Measuring carbon footprint of an Indian university using life cycle. *scientific committee of the 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference*, 477.
- Leonardo Vasquez, A. I. (2014). Evaluation of greenhouse gas emissions and proposals for their reduction at a university campus in Chile. *Journal of Cleaner Production*, 924-930.
- Leticia Ozawa-Meida, P. B. (2011). Measuring carbon performance in a UK University through a. *Journal of Cleaner Production*, 185-198.
- LÉVESQUE, K. (2019, Mai 6). *Exit le mazout à Montréal en 2030*. Récupéré sur La Presse: <https://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/201905/06/01-5224884-exit-le-mazout-a-montreal-en-2030.php>
- Mainstreet Research. (2018). *Canadians Support Liberal Carbon Tax And Want Action On Climate Change*. Montreal.
- Matthew Thurston, M. J. (2011). Assessing greenhouse gas. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 225-235.
- McGill University - Utilities & Energy Management. (2015). *Greenhouse Gas Inventory - 2014 Reporting Year*. Montreal.
- McGill University. (2019). *Financial Statements McGill University*. Montreal.
- McGill Utilities & Energy Management. (2018). *Greenhouse Gas Inventory - 2017 Reporting Year*. Montreal.
- MEELC. (2018). *Les gaz à effet de serre*. Récupéré sur Changement Climatiques: <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/questce-ges.htm>
- MELCC. (2013). *Plan D'action 2013-2020 sur les changements climatiques*. Montréal.
- MELCC. (2018). *Registre des émissions de gaz à effet de serre*. Récupéré sur MELCC: <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/registre/index.htm>
- Ministère de la Transition Énergétique. (2017). *Rapport de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre - Secteur institutionnel*. Montréal.
- Ministère de l'Éducation et Enseignement Supérieur. (2018). *Relevés énergétiques des bâtiments universitaires 2016-2017*. Montréal.

- Ministère des Ressources Naturelles du Canada. (2018). *Éthanol*. Récupéré sur Ressources Naturelles Canada: <https://www.rncan.gc.ca/energie/carburants-remplacement/carburants-faits/3494>
- Monteny, G. G. (2011). Interaction and coupling between emission of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 123-132.
- Nancy, D. (2019, Avril 24). *Les toits de ma ville: gris, blancs, verts... C'est parti!* Récupéré sur UDEMNOUVELLE: <https://nouvelles.umontreal.ca/article/2019/04/24/les-toits-de-ma-ville-gris-blancs-verts-c-est-parti/>
- NASA. (2019). *Causes*. Récupéré sur Global Climate Change: <https://climate.nasa.gov/causes/>
- NASA. (2019). *World of Change: Global Temperature*. Récupéré sur Nasa Earth Observatory: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/DecadalTemp>
- NASA Goddard Institute for Space Studies. (1998). *1998 Global Surface Temperature Smashes Record*.
- National Centers for Environmental Information. (2019). *Anomalies vs Temperature*. Récupéré sur National Centers for Environmental Information: <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/dyk/anomalies-vs-temperature>
- Natura-Science. (2017, 02 22). <http://www.natura-sciences.com/energie/domestiquer-leffet-de-serre.html>. Récupéré sur Natura-Science: <http://www.natura-sciences.com/energie/domestiquer-leffet-de-serre.html>
- Nuria Gomez, M.-A. C. (2015). Carbon footprint of a university in a multiregional model: the case of. *Journal of Cleaner Production*, 120.
- Oliver Robinson, S. K. (2014). Carbon management at universities : a reality check. *Journal of Cleaner Production*, 109-118.
- Parikhit Sinha, W. A. (2010). Greenhouse Gas Emissions from U.S. Institutions of Higher Education. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 568-573.
- Paul J. Crutzen, I. A. (1986). Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 271-284.
- Polytechnique Montréal. (2016). *PROJET LAURÉAT FID 2016 : BOURSE POLYCARBONE*. Récupéré sur Polytechnique Montreal: <https://www.polymtl.ca/durable/projet-laureat-fid-2016-bourse-polycarbone>
- ProjetVert. (2012). *Comment évaluer la déperdition de chaleur d'une maison ?* Récupéré sur ProjetVert: <http://www.projetvert.fr/comment-evaluer-la-deperdition-chaleur/>



Wikipedia. (2019). *McGill University*. Récupéré sur Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/McGill\\_University](https://en.wikipedia.org/wiki/McGill_University)

Wikipedia. (2019). *Université de Montréal*. Récupéré sur Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Universit%C3%A9\\_de\\_Montr%C3%A9al](https://en.wikipedia.org/wiki/Universit%C3%A9_de_Montr%C3%A9al)

World Economic Forum. (2017). *Global Shapers Survey*. World Economic Forum.

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol : A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Genève.

Xiwang Li, H. T. (2014). Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. *Journal of Cleaner Production*, 1-12.