Note sur les émissions de CO2 des déplacements financés par des projets et subventions gérés par l'UQAM

Groupe de recherche sur le CAPITAL HUMAIN ESG UQÀM

Rapport préparé pour
Le Fonds vert de l'UQAM
30 mai 2022

Paquito Bernard, Département des sciences de l'activité physique
Marie Connolly, Département des sciences économiques
Ugo Lachapelle, Département d'études urbaines et touristiques
Julien Martin, Département des sciences économiques
Charles Séguin, Département des sciences économiques
Université du Québec à Montréal

Note sur les émissions de CO2 des déplacements financés par des projets et subventions gérés par l'UQAM

Le 30 mai 2022

Paquito Bernard, Marie Connolly, Ugo Lachapelle, Julien Martin et Charles Séguin
Professeurs à l'UQAM[1]

avec l'assistance de Christiane Lauren Dossou, diplômée du baccalauréat en économique de l'UQAM

Sommaire. La lutte contre les changements climatiques passe par la réduction des déplacements et le transfert modal vers des modes de transport moins polluants. Les universités, génératrices de déplacements, peuvent contribuer à cet objectif. Par la compilation et l'analyse de données issues des rapports de dépenses traités par les Services financiers de l'UQAM, cette note évalue la quantité d'émissions carbone liées à des déplacements pour le compte de l'institution pour l'année 2018. Pour 3 868 déplacements documentés, la quantité totale des émissions s'élève à 1 642 tonnes de CO2, c'est-à-dire près d'une tonne et demie par professeur (1,48 tonne de C02/professeur). L'analyse démontre l'importance des déplacements par avion (86,69 % des émissions) dans le bilan carbone des déplacements, et présente des options pour réduire ce bilan carbone. Nous recommandons *(i)* d'adapter les rapports de dépenses pour mesurer les émissions de CO2 liées aux déplacements de façon systématique, *(ii)* de sensibiliser la communauté aux modes de déplacement les moins émetteurs, *(iii)* d'encourager l'organisation d'évènements en ligne ou hybrides, (*iv)* de permettre l'utilisation des fonds de recherche pour compenser les émissions liées aux déplacements.

Objectif. L'objectif de cette note est d'évaluer la quantité d'émissions carbone liées à des déplacements financés par l'UQAM de manière à envisager des approches de réduction d'émissions, à produire des comptes sur l'impact des activités universitaires, et à évaluer le coût d'un programme de compensation carbone.

Champ d'étude. Cette étude s'appuie sur les informations reportées dans les rapports de dépenses traités par les services financiers de l'UQAM en 2018. Elle comprend donc l'ensemble des déplacements du personnel de l'UQAM financés par des comptes de cette institution (par ex. : participations à des conférences et des déplacements vers des terrains de recherche), notamment financés par des subventions de recherche du FRQ et des trois organismes fédéraux, mais aussi les visites de personnes externes à l'UQAM dont le déplacement est pris en charge par des fonds de l'Université. Ne sont pas pris en compte dans notre étude les déplacements financés par des fonds gérés par d'autres institutions que

1 Paquito est professeur au Département des sciences de l'activité physique; Marie, Charles et Julien sont professeurs au Département des sciences économiques; Ugo est professeur au Département d'études urbaines et touristiques. Les auteurs sont présentés en ordre alphabétique. Personne contact : Marie Connolly, connolly.marie@uqam.ca. Nous remercions le Fonds vert de l'UQAM pour son soutien financier ainsi que Vitri Quach pour le partage des données des Services financiers.

l'UQAM ou par des fonds personnels. Les résultats présentés plus bas ne doivent donc pas être interprétés comme les émissions totales du personnel de l'UQAM dans le cadre de leur déplacement professionnel mais comme les émissions financées par des fonds hébergés à l'UQAM.

Construction de la base de données. L'analyse repose sur l'ensemble des 5 309 rapports de dépenses traités par les Services financiers de l'UQAM portant sur des déplacements effectués en 2018. Un défi important de ce travail est d'identifier la destination (ou les destinations) du déplacement et le mode de transport. Ces deux informations sont capitales pour calculer les émissions associées au déplacement comme explicité ci-dessous. Comme ces informations proviennent en partie de champs textuels et que les rapports de dépenses ne sont pas standardisés, le déplacement et le mode de transport ne sont pas toujours indiqués. De plus, lorsque la destination est Montréal, le lieu d'origine et le mode de transport ne sont pas toujours spécifiés. Le total des émissions que nous calculons est donc probablement une sous-estimation, en raison de ces informations manquantes.

Le tableau 1 présente les cas que nous avons rencontrés. La méthode d'extraction de cette information et les choix adoptés face à ces différentes configurations sont détaillés dans l'annexe A. Plusieurs hypothèses ont dû être faites, et de nombreux cas ont dû être traités manuellement pour obtenir l'information la plus précise possible.

Tableau 1 : Information disponible dans les rapports de dépenses

Information identifiée	Fréquence	Pourcentage
Info. sur destination et transport	4 096	77,15 %
Info. sur destination mais pas transport	617	11,62 %
Info. sur transport mais pas destination	223	4,20 %
Aucune info. autre que la dépense couvre un déplacement	373	7,03 %
Total	5 309	100,00 %

Source : Calculs des auteurs à partir des rapports de dépenses de l'UQAM pour l'année 2018.
Note : Parmi les 4 096 déplacements pour lesquels nous avons de l'information sur la destination et le transport, 221 ont Montréal comme destination et les informations sont insuffisantes pour calculer les émissions de CO2, et 6 autres n'ont que de l'information partielle qui rendent aussi le calcul des émissions impossibles. Il reste donc 3 868 déplacements pour lesquels il est possible de calculer les émissions de CO2.

Calcul des émissions. Les calculs d'émissions reposent sur le mode de transport utilisé et la distance parcourue. La destination nous permet de calculer les distances. Pour les déplacements en avion, la distance à vol d'oiseau est utilisée (calculée à partir du site https://fr.distance.to/). Pour les autres modes de transport, il s'agit de la distance parcourue sur route ou sur rails. Nous faisons toujours l'hypothèse qu'un déplacement est un aller-retour. Les émissions liées au déplacement par avion sont calculées en utilisant le calculateur d'émissions de CO2 de l'OACI (OACI, n. d.). Pour les déplacements en voiture, en autobus et en train, nous utilisons des facteurs d'émission par kilomètre parcouru ou par litre de carburant utilisé. Les émissions estimées pour chaque mode de transport ne tiennent compte que de la combustion du carburant utilisé et sont mesurées en équivalent CO2. Le détail des calculs est disponible dans l'annexe B. Pour donner un ordre d'idée sur les émissions relatives des modes de transport, les émissions associées à un déplacement à

Québec (distance d'environ 250 km pour un aller) en auto sont de 103,2 kg; à Ottawa (≈ 200 km) en train on parle de 9,6 kg; à Toronto (≈ 540 km) en avion les émissions sont de 135,8 kg; à Paris (≈ 5 506 km) en avion on compte 622 kg; et finalement à Beijing (≈ 10 465 km) en avion on atteint 703,4 kg.

Ces émissions sont calculées pour des avions, autobus et trains à capacité, et pour des voitures avec un passager, ce qui est plus fréquent. Si les déplacements en autobus et en train sont bien moins émetteurs, la voiture devient seulement moins émettrice lorsque plus d'une personne y prend place. Les données disponibles ne nous permettent pas de tenir compte de la capacité des modes utilisés. La base sur laquelle repose l'analyse contient 3 868 déplacements pour lesquels nous avons pu calculer les émissions de CO2 associés.

Anatomie des déplacements financés par l'UQAM. Nous brossons maintenant un portrait des 3 868 déplacements financés par l'UQAM en 2018 pour lesquels nous avons pu calculer des émissions de CO2. Ces déplacements correspondent à 22 187 034 kilomètres parcourus annuellement, soit 554 fois le tour de la Terre. Le tableau 2 présente la répartition des modes de transport pour les déplacements de 2018 ainsi que la répartition des kilomètres parcourus. Le mode de transport le plus fréquent est l'avion avec 52,8 % des déplacements effectués en avion, suivi de la voiture avec 36,3 % des déplacements. Le covoiturage est difficilement identifiable dans les données, car quelqu'un pourrait utiliser sa voiture et amener quelqu'un d'autre mais sans que cela ne soit spécifié dans la description comprise sur le rapport de dépenses. En termes de kilométrage, l'avion a la part du lion, avec 95,73 % des kilomètres parcourus. L'automobile suit avec 3,16 %. Les autres modes de transport comptent pour moins de 1 % chacun.

Tableau 2 : Mode de transport principal pour les déplacements pour lesquels les émissions sont calculées

Mode de transport principal	Fréquence	Pourcentage	Kilomètres parcourus	Pourcentage des km parcourus
Avion	2 043	52,82 %	21 239 600	95,73 %
Voiture	1 403	36,27 %	700 880	3,16 %
Bus	234	6,05 %	130 394	0,59 %
Train	179	4,63 %	109 561	0,49 %
Covoiturage*	9	0,23 %	6 598	0,03 %
Total	3 868	100,00 %	22 187 034	100,00 %

Source : Calculs des auteurs à partir des rapports de dépenses de l'UQAM pour l'année 2018.
* Les termes « Amigo », une compagnie de covoiturage, et « covoiturage » nous ont permis d'identifier ces cas.

Au tableau 3, nous présentons les 20 principaux pays de destinations des déplacements rapportés, en distinguant le Québec du reste du Canada. Ces 20 destinations correspondent à 82 % des déplacements de 2018. La destination principale est le Québec, avec 43 % des déplacements, suivi du reste du Canada, avec 12 %, de la France avec 10 %, des États-Unis avec 6,5 % et du Royaume-Uni avec 1,2 %. Dans le tableau 4, nous présentons les 20 principales villes de destinations. Ces 20 destinations correspondent à 53 % des déplacements de 2018.

Tableau 3 : Top 20 des destinations, par pays

Position	Pays	Fréquence	Pourcentage (%)	Fréquence (avec émissions)	Pourcentage (avec émissions) (%)
1.	Québec*	2 300	43,32	1 629	42,11
2.	Canada	639	12,04	521	13,47
3.	France	532	10,02	532	13,75
4.	États-Unis	346	6,52	290	7,50
5.	Royaume-Uni	64	1,21	64	1,65
6.	Italie	63	1,19	63	1,63
7.	Chine	52	0,98	52	1,34
8.	Belgique	47	0,89	47	1,22
9.	Suisse	46	0,87	46	1,19
10.	Espagne	45	0,85	45	1,16
11.	Allemagne	28	0,53	28	0,72
12.	Colombie	28	0,53	28	0,72
13.	Australie	28	0,53	28	0,72
14.	République tchèque	26	0,49	26	0,67
15.	Pays-Bas	26	0,49	26	0,67
16.	Japon	25	0,47	25	0,65
17.	Suède	23	0,43	23	0,59
18.	Brésil	20	0,38	20	0,52
19.	Maroc	19	0,36	19	0,49
20.	Mexique	17	0,32	17	0,44

Source : Calculs des auteurs à partir des rapports de dépenses de l'UQAM pour l'année 2018.
* Note : Aux fins de ces calculs, le Canada ne comprend pas le Québec.

Tableau 4 : Top 20 des destinations, par ville

Position	Ville	Fréquence	Pourcentage (%)	Fréquence (avec émissions)	Pourcentage (avec émissions) (%)
1.	Québec	528	11,81	423	11,65
2.	Montréal	381	8,52	14	0,39
3.	Paris	329	7,36	329	9,06
4.	Ottawa	148	3,31	128	3,53
5.	Saguenay	139	3,11	107	2,95
6.	Toronto	112	2,51	89	2,45
7.	Trois-Rivières	95	2,13	86	2,37
8.	Laval	89	1,99	75	2,07
9.	Terrebonne	69	1,54	68	1,87
10.	Vancouver	66	1,48	54	1,49
11.	Sherbrooke	61	1,36	53	1,46
12.	Gatineau	53	1,19	44	1,21
13.	New York	45	1,01	41	1,13
14.	Orford	43	0,96	30	0,83
15.	Bruxelles	38	0,85	38	1,05
16.	Edmonton	37	0,83	26	0,72
17.	Shanghai	34	0,76	34	0,94
18.	Drummondville	32	0,72	24	0,66
19.	Val-d'Or	32	0,72	25	0,69
20.	Washington D.C.	31	0,69	24	0,66

Source : Calculs des auteurs à partir des rapports de dépenses de l'UQAM pour l'année 2018.
Note : Le congrès de l'ACFAS avait lieu à Chicoutimi (Saguenay) en 2018, ce qui explique la grande quantité de déplacements vers cette ville.

Émissions carbone liés aux déplacements. Nous discutons maintenant des émissions générées par ces déplacements. En utilisant la méthodologie décrite plus haut et détaillée en annexe B, nous sommes capables d'estimer les émissions liées aux différents déplacements financés par l'UQAM en 2018. Le montant total des émissions s'élève à 1 642 167 kg de CO2, soit 1 642 tonnes. Rapporté au nombre de professeurs de l'UQAM (1 109 en 2019[2]), cela revient à près d'une tonne et demie par professeur (1,481 tonne de C02/professeur).[3] Dans une étude portant sur les déplacements des professeurs de l'Université de Montréal basée sur une enquête, Arsenault et al. (2019) estiment des émissions liées au transport de 11 tonnes de CO2 par professeur. Notons cependant que les différences méthodologiques liées à la nature des données utilisées entre nos deux études rendent la comparaison entre leurs estimés et les nôtres difficiles.[4] De plus, les émissions annuelles moyennes au Québec en 2018 étaient de 9,8 tonnes par habitant, dont 2,35 tonnes par habitant pour l'ensemble du secteur du transport des passagers (ECCC, 2022).

Le tableau 5 présente les émissions selon le mode de déplacement. Sans surprise, les déplacements par avion sont les plus gros émetteurs de CO2 – ils représentent à eux seuls 87 % des émissions pour 96 % des kilomètres parcourus, mais seulement 53 % des déplacements.

Tableau 5 : Émissions de CO2 par mode de transport principal

Mode de transport principal	Fréquence	Émissions de CO2 (total)	Part des émissions de CO2 (pourcentage)	Émissions de CO2 moyennes par déplacement
Avion	2 043	1 423 537 kg	86,69 %	696,8 kg
Voiture	1 403	209 566 kg	12,76 %	149,4 kg
Bus	234	4 694 kg	0,29 %	20,1 kg
Train	179	3 011 kg	0,18 %	16,8 kg
Covoiturage	9	1 359 kg	0,08 %	151,0 kg
Total	3 868	1 642 167 kg	100,00 %	424,6 kg

Source : Calculs des auteurs à partir des rapports de dépenses de l'UQAM pour l'année 2018.

Possibilité de substitution modale et de compensation carbone. Nous discutons maintenant des possibilités de réduire ou compenser les émissions de CO2 des déplacements de l'UQAM.

La première possibilité de réduction est bien sûr de ne pas effectuer ces déplacements, option peu envisageable lorsque nous avons commencé ce travail mais que le confinement

2 Selon le Rapport annuel 2017-18 : https://rapports-annuels.uqam.ca/2017-2018-personnel-ressources-materielles-et-financieres.html

3 Rappelons quand même que les déplacements comprennent ceux d'autres membres du personnel et d'étudiants.

4 L'estimation d'Arsenault et al. (2019) est issue d'une enquête et peut donc être biaisée envers les professeurs qui voyagent le plus. Par ailleurs, l'estimation ne se concentre pas que sur les déplacements financés par l'Université de Montréal et les fonds de recherche gérés par l'Université de Montréal, mais sur l'ensemble des déplacements des professeurs interrogés.

que nous avons vécu rend plausible pour certains types de déplacements, notamment ceux liés aux congrès et réunions internationales (Milić et al. 2020).

La seconde possibilité est de changer de mode de transport vers certaines destinations. Au tableau 6, nous présentons par exemple la diversité des modes de transports vers trois destinations courantes et les émissions associées : Québec, Ottawa et Toronto. Si la moitié des déplacements en voiture vers Québec étaient remplacés par des déplacements en train, les émissions seraient réduites de 10 676 kg (241/2 x (103,2-14,6)), ou 10,6 tonnes. De même, si tous les déplacements en voiture vers Ottawa étaient effectués en covoiturage à deux, nous pourrions voir une réduction des émissions de 2 225 kg (54 x 82,4 / 2), ou 2,2 tonnes. Finalement, si les trajets en voiture vers Toronto étaient redirigés vers le train, on parlerait d'une réduction de 2 352 kg (12 x (224,9-28,9)), soit 2,4 tonnes.

Tableau 6 : Déplacements vers Québec, Ottawa et Toronto et émissions de CO2 par mode de transport

	Québec		Ottawa		Toronto	
Mode de transport principal	Fréquence	Émissions de CO2 par trajet (kg)	Fréquence	Émissions de CO2 par trajet (kg)	Fréquence	Émissions de CO2 par trajet (kg)
Train	68	14,6	43	9,6	36	28,9
Bus	107	18,0	24	14,4	3	39,3
Voiture	241	103,2	54	82,4	12	224,9
Avion	3	83,9	7	57,4	38	135,8

Source : Calculs des auteurs à partir des rapports de dépenses de l'UQAM pour l'année 2018.
Note : Le covoiturage (N = 4 pour Québec, 0 pour Ottawa et Toronto) est omis des calculs.

La dernière possibilité est de compenser les émissions de CO2[5]. Notons que les voyages par train ou par voiture et autobus au Canada sont sujets à une tarification de leurs émissions de GES soit par le Système de plafonnement et d'échange de droits d'émissions au Québec, la redevance fédérale sur les combustibles fossiles d'autres provinces canadiennes, ou encore certaines autres mesures provinciales. Pour ces moyens de transports, la compensation des émissions équivaut à un paiement en double.

Il reste la possibilité de compenser les émissions de CO2 liées aux déplacements par avion. Dans notre base de données, 1 424 tonnes de CO2 sont liées à des déplacements par avion. Les programmes de compensation carbone sont notoires pour la variabilité de leur efficacité et du coût de leurs crédits (Conte et Kotchen, 2010). Socialement parlant, on pourrait évaluer la valeur de ces émissions au coût de les réduire dans une juridiction donnée. On pourrait ainsi utiliser le prix de l'enchère québécoise de droits d'émissions la plus récente (MELCC, 2022). À 37,14 $/tonne, les émetteurs québécois nous indiquent qu'il leur en coûterait un peu moins de 53 000 $ pour éviter de produire l'équivalent de 1 424 tonnes de CO2.

5 Il est à noter que le recours à la compensation des émissions peut engendrer un effet rebond indésirable (Reimers *et al*., 2021 ; Kerner et Brudermann, 2021).

Planetair était le seul fournisseur de crédits carbone au Québec recommandé par le magazine *Protégez-Vous* en 2020 (Leroux et Tanguay, 2020). L'entreprise propose des crédits compensatoires à des prix variants entre 25 $ et 30 $ par tonne de CO2 (Planetair, n. d.). Ainsi, il coûterait entre 35 000 $ et 43 000 $ pour compenser l'ensemble des émissions de CO2 liées aux déplacements par avion financés par l'UQAM. Ce montant est relativement faible en comparaison au montant total des remboursements effectués par l'UQAM en 2018 dans notre base de données.

Conclusions et limites. Cette note montre que les activités de recherche sur le terrain, de participation à des colloques et de rencontres liées aux tâches des membres de l'UQAM et requérant des déplacements génèrent des quantités considérables de CO2. Les voyages par avion comptent pour une grande part de ces émissions.

Il s'agit d'estimations et notre méthode présente bien sûr des limites liées à des données parfois incomplètes. Nous pensons donc que la quantité d'émissions estimée ici est une valeur plancher.

Les défis que nous avons rencontrés dans l'extraction des données et les calculs produits ici mettent de l'avant des améliorations simples qui permettraient à l'UQAM de mesurer plus efficacement les émissions de CO2 liées aux déplacements de façon systématique par le biais des rapports de dépenses. Si le kilométrage doit actuellement être inscrit dans un champ séparé pour le remboursement de l'essence d'un déplacement en voiture, des démarches similaires pourraient permettre de spécifier la présence de covoitureurs en voiture, les destinations spécifiques ainsi que le mode de transport utilisé.

Nous avons également montré que les coûts associés aux compensations carbone sont raisonnables. L'UQAM pourrait adapter sa politique pour permettre aux chercheurs de financer ces compensations à partir de leurs fonds comme l'autorisent les organismes subventionnaires. Cette démarche est d'ailleurs déjà permise par les trois grands conseils de recherche du Canada (Canada, n. d.).

Recommandations

- Systématiser la collecte d'informations dans des champs spécifiques dans les rapports de dépenses au lieu de dépendre des énoncés descriptifs sous forme textuelles (par exemple lieu/mode/si avion). Ceci permettrait à l'Université de faire des suivis sur une base régulière pour mieux estimer son empreinte carbone liée aux déplacements des membres de sa communauté ;
- Réviser les politiques d'administration des fonds de manière à favoriser les déplacements les moins polluants et une réduction générale des déplacements ;
    - Soutenir l'organisation d'évènements en ligne ou hybrides;
    - Valoriser les laboratoires ou départements qui réduisent leurs déplacements en avion liés à des activités de recherche;
    - Favoriser et faciliter l'usage de mode de transport collectif (autobus et train) et de covoiturage pour les déplacements de plus courte distance (ex. Montréal - Québec);

- Inciter l'usage de vols directs et la sélection du type d'avion en fonction de sa consommation. Par exemple, selon Google Flights, un vol aller simple entre Montréal et Paris génèrerait des émissions de CO2 entre 436 kg et 593 kg pour un vol direct, et entre 522 kg et 1277 kg pour un vol avec escale(s) ;
- Permettre l'achat de compensation carbone pour tous les types de fonds.

Références

Addo, A., & Hatzopoulou, M. (2017). Harnessing the Potential of Automated Data to Simulate Emissions of an Interregional Bus Route in Toronto, Canada. *Transportation Research Record*, *2627*(1), 36-45.

AIE (2019), *Fuel Economy in Major Car Markets*, Agence internationale de l'énergie, Paris https://www.iea.org/reports/fuel-economy-in-major-car-markets

Arsenault, J., Talbot, J., Boustani, L., Gonzalès, R., & Manaugh, K. (2019). The environmental footprint of academic and student mobility in a large research-oriented university. *Environmental Research Letters*, *14*(9), 095001.

Canada (n. d.). *Guide d'administration financière des trois organismes*. Gouvernement du Canada. https://www.nserc-crsng.gc.ca/interagency-interorganismes/TAFA-AFTO/guide-guide_fra.asp

Conte, M. N., & Kotchen, M. J. (2010). Explaining the price of voluntary carbon offsets. *Climate Change Economics*, 1(02), 93-111.

Davis, S., & Boundy, R. G. (2021). *Transportation Energy Data Book: Edition 39* (No. ORNL/TM-2020/1770). Oak Ridge National Lab.(ORNL), Oak Ridge, TN (United States).

ECCC (2022). *Inventaire officiel des gaz à effet de serre du Canada*, Tableau A12-6 : Émissions de GES pour le Québec par secteurs économiques canadiens, certaines années. Environnement et Changement climatique Canada.

EIA (2021). *Monthly Energy Review*, April 2021, U.S. Energy Information Administration.
Milic et al 2020 https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsenergylett.0c0107

Kerner, C., & Brudermann, T. (2021). I Believe I Can Fly—Conceptual Foundations for Behavioral Rebound Effects Related to Voluntary Carbon Offsetting of Air Travel. *Sustainability*, *13*(9), 4774.

MELCC (2022). *Vente aux enchères conjointe n° 30 de février 2022, Rapport sommaire sur les résultats*, 24 février 2022, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec.

OACI (2018). *ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology*, Version 11, Juin 2018, Organisation de l'aviation civile internationale.

OACI (n. d.). *ICAO Carbon Emissions Calculator*, site web : https://www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx

Leroux R. & Tanguay M. (2020). Enquête : la vérité sur les « crédits » carbone, *Protégez-Vous*, Mai 2020, https://www.protegez-vous.ca/magazine-numerique-mai.

Planetair (n. d.). Les portefeuilles et projets, site web : https://planetair.ca/nos-projets-de-compensation-carbone/

Ressources naturelles Canada (2014). *Le bon sens au volant, Les faits : Consommation de carburant et CO_2*.

Reimers, H., Jacksohn, A., Appenfeller, D., Lasarov, W., Hüttel, A., Rehdanz, K., Balderjahn, I., & Hoffmann, S. (2021). Indirect rebound effects on the consumer level: A state-of-the-art literature review. *Cleaner and Responsible Consumption*, *3*, 100032.

Via Rail (n. d.). *Outil de comparaison*, site web : https://www.viarail.ca/fr/pourquoi-via/comparez-le-train-a-lauto

Annexe A. Construction de la base de données.

La base de données a été nettoyée et traitée pour être prête pour les analyses. Les doublons (par exemple avance de fond et rapport final) ont été retirés. Chaque rapport de dépenses contient un champ qui donne une courte description textuelle du remboursement. Ces champs sont plus ou moins précis; le processus n'étant pas standardisé. Il n'est pas toujours évident d'identifier la destination (parfois on connait le pays, mais pas la ville exacte), ni le mode de transport principal. Nous avons donc extrait de la description, dans la mesure du possible, l'information sur la destination (ville et pays) et sur le mode de transport. Si un pays était mentionné mais pas une ville, nous avons attribué comme destination la capitale du pays ou la métropole.

Dans plusieurs cas, la destination est Montréal, par exemple lorsque l'UQAM reçoit un invité d'ailleurs; cependant, le lieu d'origine n'est pas toujours mentionné. S'il l'était, il est devenu notre « destination », bien que le voyage se soit fait en sens inverse. Dans certains cas, mais relativement peu, il y avait plusieurs destinations dans une chaîne de déplacements. Dans la mesure du possible, nous avons alors attribué comme destination unique la destination la plus lointaine.

Dans d'autres cas, il y a clairement eu un déplacement, mais aucun mode de transport n'est mentionné. Il pourrait par exemple être mentionné hôtel et congrès à Paris, mais sans billet d'avion. Dans les cas où la destination est connue et est hors Québec, Canada ou États-Unis, nous avons attribué comme mode de transport l'avion, l'idée étant qu'il faut s'y rendre, même si le billet n'est pas remboursé par un compte de l'UQAM. Dans les cas où la destination est au Québec, ailleurs au Canada ou aux États-Unis, mais que le mode de transport n'est pas mentionné, nous le gardons comme manquant, étant donné la pluralité de modes disponibles.

Enfin, nous avons hiérarchisé les modes de transport pour identifier les modes de transport « principaux », selon le mode le plus polluant. En effet, plusieurs rapports déplacements énumèrent plusieurs modes, comme avion et train ou avion et voiture de location. Dans ces cas-là, le mode principal est attribué selon la hiérarchie suivante : voiture, avion, covoiturage, autobus, train. Notons en terminant que nous avons tenté d'automatiser le plus possible notre façon d'identifier les destinations et modes de transport à partir de la description. On a dû, dans de nombreux cas, faire des vérifications individuelles et en fonction des données disponibles et d'hypothèses plausibles.

Annexe B. Méthode d'estimation des émissions de CO2.

Les émissions de CO2 sont attribuées sur la base du mode de transport principal.

- Pour les déplacements en avion, le calculateur d'émissions de l'OACI a été utilisé (OACI, n. d. ; OACI, 2018) en utilisant l'aéroport le plus proche de la destination. À noter que nous avons fait l'hypothèse qu'un vol direct avait été utilisé lorsque disponible. Sinon, l'escale la plus courante a été privilégiée. Pour chaque destination, les émissions aller-retour ont été consignées.
- Pour les déplacements en voiture, trois situations se sont présentées : soit un kilométrage a été rapporté dans le rapport de dépenses; soit une consommation d'essence en litres; soit ni kilométrage ni consommation, mais une destination.
    - Si un kilométrage a été rapporté, on a utilisé une émission de CO2 de 0,206 kg par km (AIE, 2019).
    - Si une consommation en litres a été rapportée, on a utilisé une émission de CO2 de 2,3 kg par L (AIE, 2019).
    - Si on n'a ni kilométrage ni consommation, alors on a utilisé la destination. La distance routière entre Montréal et la destination (ou entre l'origine et Montréal) a été calculée au moyen de Google Maps. Cette distance est ensuite utilisée pour calculer les émissions (aller-retour) en utilisant une émission de 0,206 kg par km.
- Pour les déplacements en covoiturage, nous avons utilisé la même méthode que pour les déplacements en voiture lorsque la destination est connue (en utilisant la distance). Aucun facteur de réduction prenant en compte le nombre de passagers n'a été apposé à ce calcul, faute d'information sur ce nombre.
- Pour les déplacements en autobus, nous avons utilisé la destination et la distance routière. En nous basant sur des émissions moyennes des autobus interurbains de 1,8 kg de CO_2 par km (Addo et Hatzopoulou, 2017) et en supposant 50 sièges par autobus, avons utilisé une émission de 0,036 kg par km (sur la distance aller-retour).
- Pour les déplacements en train, nous avons distingué les trains au Canada (Via Rail) de ceux aux États-Unis (Amtrak), et utilisé la distance de la destination avec un facteur 0,027 kg de CO2 par km au Canada et de 0,07 kg de CO2 par km aux États-Unis. Le facteur canadien correspond aux émissions par kilomètre pour un voyage en train typique entre Montréal et Toronto selon le calculateur proposé par Via Rail (Via Rail, n. d.). Le facteur américain est basé sur la consommation d'énergie rapportée par Amtrak qui est de 1535 BTU par passager-mile (Davis et Boundy 2021). On convertit ensuite les BTU en litres de diesel selon le facteur 137 381 BTU/gallon de diesel (EIA, 2021). On passe ensuite du volume de diesel aux émissions de CO_2 selon le facteur 2,65 kg de CO_2/litre de diesel (Ressources naturelles Canada, 2014).