

Bilan des émissions de gaz à effet de serre de la ville de Genève

Impressum

Équipe projet	Thibault Tribolet - Analyse
Quantis	Sébastien Humbert - Contrôle qualité
Coordination	- Service Agenda 21 - Ville durable /
Ville de Genève	Département des finances, de l'environnement et du logement
	- Service de l'urbanisme /
	Département de l'aménagement, des constructions et de la mobilité
Date	Février 2022

Table des matières

Définitions	4
Acronymes	6
1. Introduction	7
1.1. Contexte	7
1.2. Qu'est-ce qu'un bilan carbone ?	7
1.3. Périmètre	8
1.4. Structure du bilan	9
2. Résultats	10
2.1. Résultats généraux	10
2.2. Résultats détaillés par axe et secteur	13
3. Méthodologie	18
3.1. Cadre méthodologique	18
3.2. Gaz à effet de serre inclus dans le bilan	19
3.3. Bases de données et facteurs d'émissions	20
3.4. Source et qualité des données d'entrées	20
3.5. Notes méthodologiques par axe et secteur	22
4. Conclusion	32
4.1. Limites de l'étude et recommandations	32
Annexe A	34

Définitions

Analyse du cycle de vie : méthode d'évaluation permettant de comparer les impacts environnementaux d'un système tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...), en passant par ses phases d'usage, d'entretien et de transport.

Anthropique : résultant des activités humaines, causé par l'humain.

Approche Bottom-Up : approche qui consiste à utiliser des valeurs et des données primaires au niveau local afin de calculer les émissions.

Approche Top-Down : approche qui consiste à utiliser des données d'émission globales (par exemple une moyenne suisse) et à les extrapoler à un niveau local à l'aide d'un ratio, taux de conversion ou autre moyen.

Bilan des gaz à effet de serre ou bilan carbone : quantification de l'ensemble des gaz à effet de serre émis par les activités anthropiques d'un territoire, y compris les gaz émis en dehors du territoire, mais induits par des acteurs du territoire (ex. biens de consommation).

Carbone biogénique : le carbone contenu dans la biomasse d'origine agricole ou forestière, émis lors de sa combustion ou dégradation, ainsi que celui contenu dans la matière organique du sol. Au contraire du carbone d'origine fossile, le carbone biogénique peut se renouveler à l'échelle humaine, avec des cycles plus ou moins longs (cultures annuelles, forêts). Par conséquent, son potentiel de réchauffement global est considéré comme nul.

Chaleur du bâtiment : toutes les consommations d'énergie finale pour la production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire des bâtiments.

Chaleur industrielle : toutes les consommations d'énergie finale nécessaires à la réalisation de procédés industriels (turbines, fours, chaudières, ...).

Émissions directes : les émissions directes sont celles produites par un processus émettant directement des gaz à effet de serre lors de son utilisation. Il s'agit par exemple des émissions au pot d'échappement d'un véhicule brûlant un carburant fossile.

Émissions indirectes : les émissions indirectes sont émises en amont ou en aval de la chaîne de valeur d'un bien ou service consommé. Par exemple, l'achat d'un véhicule en acier n'a pas d'émissions directes, mais ses émissions indirectes sont par exemple celles émises par l'aciérie, en amont de la chaîne de production. Cette notion est parfois appelée énergie grise ou émissions grises.

Empreinte carbone : quantification de l'ensemble des gaz à effet de serre émis par les activités anthropiques d'un territoire, y compris les émissions importées et émises en dehors du territoire pour les biens de consommation notamment. Ce terme équivaut au bilan carbone ou bilan des gaz à effet de serre.

Facteur d'émission : quantité de gaz à effet de serre émise par une activité, un objet, un flux ou une matière, par unité caractéristique de l'objet ou de la matière, mesurée dans l'unité qui la définit le mieux (p.ex. quantité de gaz à effet de serre par kWh pour l'énergie, quantité de gaz à effet de serre par kg pour un aliment, etc.).

Forçage radiatif : changement d'équilibre entre la puissance radiative pénétrant l'atmosphère et celle qui s'en échappe. Un forçage radiatif positif a tendance à réchauffer la surface de la Terre, et un forçage négatif tend en moyenne à en refroidir la surface.

Gaz à effet de serre (GES) : gaz qui contribuent à l'effet de serre en absorbant le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et en le redistribuant. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est le principal facteur à l'origine du réchauffement climatique. Plus d'une quarantaine de gaz à effet de serre ont été recensés par le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) parmi lesquels figurent notamment le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), les hydro/perfluorocarbures (HFC/PFC) ainsi que l'hexafluorure de soufre (SF₆).

Gaz fluorés : Les gaz fluorés font partie de la catégorie des fluorocarbures (FC). Ce sont des gaz à effet de serre ayant un fort potentiel de réchauffement global et/ou dégradant la couche stratosphérique d'ozone. Ils sont communément classés en 5 catégories : les chlorofluorocarbures (CFC), les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆).

Intensité carbone : comme le facteur d'émission, rapport des émissions de GES par rapport à un indicateur donné. Il s'agit par exemple des émissions de GES par kilowattheure d'électricité produite (CO₂eq/kWh).

Patrimoine administratif : Les actifs composant le patrimoine administratif servent à accomplir les tâches publiques. Ce sont des équipements collectifs tels que les lieux d'enseignement (ex. écoles primaires), de culture (ex. bibliothèque municipale, musée) de sport (ex. centre sportif) ou encore les bâtiments de l'administration publique (ex. mairie).

Patrimoine financier : Patrimoine appartenant à l'administration communal ayant pour objectif le rendement financier. Ex : habitations ou bâtiments industriels ou commerciaux.

Potentiel de réchauffement global (PRG) : estimation de la contribution à l'effet de serre de l'émission d'un gaz dans l'atmosphère. Le PRG à 100 ans représente la contribution de chaque gaz à l'effet de serre sur un horizon de 100 ans. Par convention, le PRG₁₀₀ du gaz carbonique est de 1, les autres gaz étant évalué en fonction de ce dernier. Les valeurs de la dernière version du rapport du GIEC sont utilisées dans ce rapport en incluant le forçage radiatif (IPCC 2013)¹.

¹ IPCC (2013). Climate change 2013: The physical science basis. *Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.*

Acronymes

AR5	5e rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2014
CFC	Chlorofluorocarbure
CH ₄	Méthane
CO ₂	Dioxyde de carbone
DEFRA	United Kingdom Department for Environment, Food & Rural Affairs
ecoinvent	Base de données d'inventaire de cycle de vie
EPF	École Polytechnique Fédérale
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GWh	Gigawattheure
kWh	Kilowattheure
MRMT	Microrecensement de la mobilité et des transports
MWh	Mégawattheure
NIR	National inventory report (inventaire suisse des gaz à effet de serre)
N ₂ O	Protoxyde d'azote (ou oxyde nitreux ou gaz hilarant)
OFEN	Office Fédéral de l'Énergie
OFEV	Office Fédéral de l'Environnement
OFS	Office Fédéral de la Statistique
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
PRG ₁₀₀	Potentiel de réchauffement global à 100 ans
SCDD	Service Cantonal du Développement Durable
SF ₆	Hexafluorure de soufre
UGB	Unité de gros bétail
UIOM	Unité d'incinération d'ordures ménagères
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WFLDB	World Food LCA Database

1. Introduction

1.1. Contexte

De nombreuses collectivités publiques cherchent à mesurer les émissions de gaz à effet de serre (GES) générées à l'échelle de leur territoire afin de diriger et prioriser leur politique climatique. C'est notamment le cas des communes du canton de Genève et de la Ville de Genève. Afin de faciliter le travail de ces communes mais également de l'harmoniser, le Service Cantonal du Développement Durable (SCDD) met à disposition des communes un outil simplifié leur permettant de mesurer l'empreinte carbone de leur territoire mais également de l'administration communale.

Ce premier bilan carbone constitue un élément de base de la future stratégie climatique de la Ville de Genève, en particulier pour définir les objectifs de réduction des émissions de GES et suggérer des axes d'action. Le bilan des émissions de GES de la ville de Genève en tant que territoire, objet de la présente étude, a été réalisé sur la base de cet outil, pour l'année de référence 2019. Ce rapport présente les résultats de ce premier bilan et détaille la méthodologie utilisée pour sa réalisation.

1.2. Qu'est-ce qu'un bilan carbone ?

Un bilan carbone est la quantification de l'ensemble des GES émis par les activités anthropiques d'un territoire, y compris les gaz émis en dehors du territoire, mais induits par des acteurs du territoire (ex. les émissions de GES émises lors de la production d'un ordinateur portable acheté à Genève). L'approche du bilan carbone complète l'approche de l'inventaire territorial des émissions, qui ne comprend que les « émissions directes » de GES générées à l'intérieur des limites territoriales. En plus de ces émissions directes, le bilan carbone intègre les émissions de GES causées par les habitant.e.s, acteurs et activités de la Ville de Genève. Ces dernières, émises en dehors des frontières territoriales sont appelées « émissions indirectes ». Les différences principales entre l'approche de l'inventaire territorial et celle du bilan carbone sont présentées dans la [Figure 1](#).

À titre d'information, un pays tel que la Suisse, dont l'économie repose davantage sur des activités de services que sur des activités du secteur primaire ou secondaire, produit une minorité de ses émissions de GES à l'intérieur des frontières nationales. La majorité des émissions proviennent au contraire de matières premières ou de produits manufacturés importés. Pour ces raisons, et afin d'obtenir une vision d'ensemble des émissions produites sur le territoire mais également induites par les activités et les acteurs de ce dernier, l'approche dite du « bilan carbone » a été retenue.

Dans le bilan carbone, les émissions de GES sont séparées entre émissions directes (émises sur le territoire genevois) et indirectes (émises hors du territoire mais liées à des activités ou acteurs du territoire). Il est donc possible de dissocier les objectifs et les plans d’actions pour ces deux types d’émissions.



FIGURE 1: DIFFÉRENCE ENTRE BILAN CARBONE ET INVENTAIRE TERRITORIAL.

Il est important de noter que l'analyse à la base de ce bilan est effectuée sous le seul angle des émissions de GES. D'autres éléments d'analyse et problématiques environnementales liés aux activités du territoire tels que les impacts sur les ressources, la biodiversité, les écosystèmes ou les particules fines ne sont pas considérés et traités dans ce bilan.

Il est important de noter qu'afin d'obtenir l'empreinte carbone des Genevois.e.s sous la perspective de la consommation, les émissions produites sur le territoire liées aux exportations devraient être soustraites du bilan. Si cela est fait au niveau national, cela n'est malheureusement pas encore possible au niveau communal, faute de données disponibles.

1.3. Périmètre

Le bilan des GES est établi pour l'année de référence 2019. Cette année a été choisie, d'une part, pour une raison de disponibilité accrue de données consolidées, et d'autre part, dû à la crise du COVID en 2020, qui a affecté grandement les activités sur le territoire communal et fournirait donc des résultats tronqués. Dans la mesure du possible et en fonction de leur disponibilité, les données ont par conséquent été récoltées pour l'exercice 2019. Néanmoins, d'autres années peuvent être utilisées si ces dernières restent représentatives des activités communales, ou faute de données plus récentes. Le bilan inclut toutes les émissions directes et indirectes liées aux différents acteurs et activités du territoire. Les contributeurs principaux inclus dans le bilan sont présentés dans la [Figure 2](#) ci-dessous.

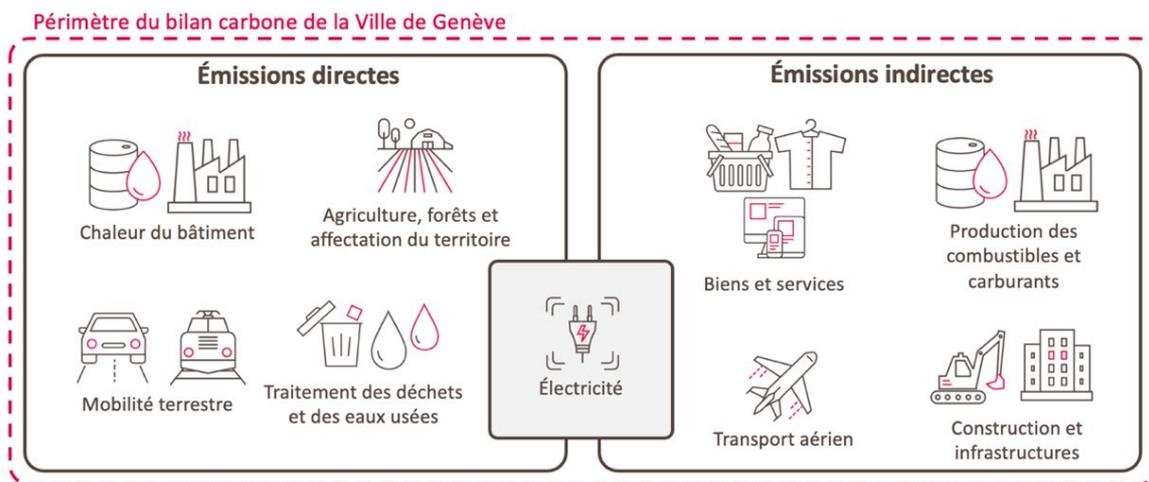


FIGURE 2: PÉRIMÈTRE DU BILAN CARBONE DE LA VILLE DE GENÈVE

1.4. Structure du bilan

Le bilan des émissions de GES de la ville de Genève est séparé en trois axes principaux, composés chacun de différents secteurs représentant les principaux postes d'émissions de la Ville, de ses habitant.e.s, de ses acteurs et de ses activités (Figure 2). Ces axes et leurs secteurs respectifs sont résumés dans le [Tableau 1](#) ci-dessous. Ces différents axes et secteurs intégrés dans le bilan ont été choisis et développés afin de capturer les principales sources d'émissions de la ville de Genève.

Axe	Secteur
Axe 1 : Consommation de biens et de services	Habits et chaussures
	Santé
	Loisirs et culture
	Biens et services divers
	Restaurants et hôtels
	Alimentation et boissons
	Numérique
	Déchets et eaux usées
Axe 2 : Énergie et bâtiments	Exploitation des bâtiments privés
	Exploitation des bâtiments publics (y compris logements)
	Éclairage public
	Construction et infrastructures
Axe 3 : Mobilité	Mobilité terrestre des habitant.e.s
	Mobilité terrestre des pendulaires
	Mobilité aérienne des habitant.e.s

TABEAU 1 : AXES ET SECTEURS INCLUS DANS LE BILAN DES GES DE LA VILLE DE GENÈVE.

2. Résultats

2.1. Résultats généraux

Les émissions totales de la ville de Genève atteignent en 2019 plus de 2.6 millions de tonnes de CO₂eq, soit plus de 12.9 tonnes de GES par habitant.e et par an. Une attention particulière doit être portée à la lecture de cette valeur. Ce résultat ne signifie pas que les Genevois.es sont responsables de ces 12.9 tonnes, car une partie des émissions sont par exemple générées par l'industrie d'exportation présente à Genève, ou encore par les activités du secteur touristique ainsi que par des acteurs externes du territoire. Ces 12.9 tonnes représentent un indicateur courant divisant les émissions « genevoises » par la population résidente de la ville. Les émissions totales par axe ainsi que leur contribution au bilan sont détaillées dans le **Tableau 2** ci-dessous. La contribution de chaque axe est présentée dans la **Figure 3**.

Axes et secteurs	Émissions totales [t CO ₂ eq]	Émissions directes [t CO ₂ eq]	Émissions indirectes [t CO ₂ eq]	Par habitant.e [t CO ₂ eq]	Contribution [%]
Consommation de biens et de services	1 150 692	21 644	1 129 048	5.6	43.3%
Alimentation et boissons	431 281	-	431 281	2.1	16.3%
Biens et services divers	167 527	-	167 527	0.8	6.3%
Loisirs et culture	139 166	-	139 166	0.7	5.2%
Santé	127 869	-	127 869	0.6	4.8%
Restaurants et hôtels	115 851	-	115 851	0.6	4.4%
Habits et chaussures	106 477	-	106 477	0.5	4.0%
Numérique (ICT)	40 877	-	40 877	0.2	1.5%
Déchets et eaux usées	21 644	21 644	-	0.1	0.8%
Énergie et bâtiments	781 935	404 102	377 832	3.8	29.5%
Exploitation des bâtiments privés	543 131	374 311	168 820	2.6	20.5%
Construction et infrastructures	193 542	-	193 542	0.9	7.3%
Exploitation des bâtiments publics	44 386	29 791	14 594	0.2	1.7%
Éclairage public	877	-	877	0.0	0.0%
Mobilité	721 489	200 012	521 684	3.5	27.2%
Mobilité aérienne des habitant.e.s	467 680	-	467 680	2.3	17.6%
Mobilité terrestre des habitant.e.s	171 578	134 186	37 393	0.8	6.5%
Mobilité terrestre des pendulaires	82 231	65 826	16 612	0.4	3.1%
Total	2 654 116	625 758	2 028 564	12.9	100%

TABLEAU 2 : BILAN CARBONE DE LA VILLE DE GENÈVE PAR AXE ET PAR SECTEUR.

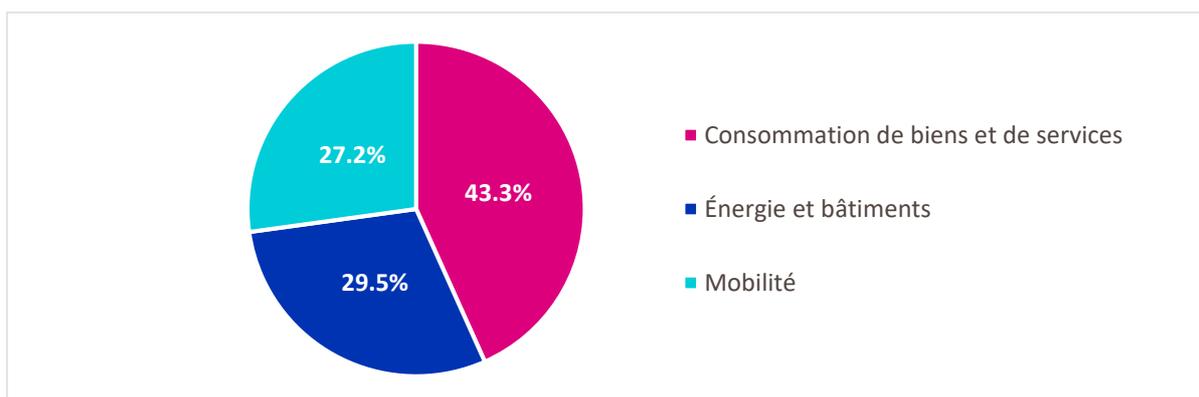


FIGURE 3 : CONTRIBUTION DES TROIS AXES PRINCIPAUX AUX ÉMISSIONS DE GES DE LA VILLE DE GENÈVE.

Comme le démontrent les chiffres présentés ci-dessus, la *consommation de biens et services* représente l'axe le plus émetteur du bilan de la ville de Genève. En effet, cet axe représente plus de 43% des émissions totales. Il s'agit principalement d'émissions indirectes, avec des leviers d'action et de réduction relativement faibles pour les autorités publiques. Toutefois, au vu de leur importante contribution au bilan, ces émissions doivent être adressées et réduites. Il est important de noter que les émissions liées à la consommation sont basées sur des données fédérales et ne reflètent pas exactement les habitudes de consommation des Genevois.es. La méthodologie complète et la composition de cet axe sont présentées au [Chapitre 3.1](#).

Le deuxième contributeur principal du bilan est l'axe *Énergie et bâtiments*, avec plus de 29% des émissions totales. Cet axe est dominé par la consommation d'énergie pour la chaleur du bâtiment, la consommation d'électricité ainsi que les impacts liés à la construction des bâtiments. Une majorité de ces émissions sont des émissions directes liées à la combustion de combustibles pour la chaleur du bâtiment. Le potentiel de réduction ainsi que les leviers d'actions de l'administration sont nombreux sur ces émissions.

La *mobilité* quant à elle représente plus de 27% des émissions de la ville de Genève. Cet axe est largement dominé par les déplacements aériens (tourisme et affaires) des habitant.e.s. La consommation de carburant et les émissions indirectes (infrastructures routières, véhicules, production des carburants) liées la mobilité terrestre (route et rail) des habitant.e.s et des pendulaires est également un contributeur important (6%).

Étant donné la forte densité et urbanisation du territoire de la ville de Genève, les émissions de GES liées aux pratiques agricoles et à l'élevage sont quasi nulles et n'ont, par conséquent, pas été considérées dans ce bilan.

Comme expliqué précédemment, le bilan carbone de la ville de Genève intègre les émissions directes et indirectes. Globalement, les émissions directes représentent 24% des émissions totales de GES. Les émissions indirectes représentent, elles, plus de 76% des émissions. Même si les leviers d'action sont plus nombreux pour réduire les émissions directes, il est important de noter que les émissions indirectes représentent une vaste majorité des émissions totales. Il est donc crucial de mettre en place un plan d'action afin de réduire ces émissions également. La répartition des émissions directes et indirectes par axe est disponible dans le [Tableau 2](#) ci-dessus et est présentée dans la [Figure 4](#).

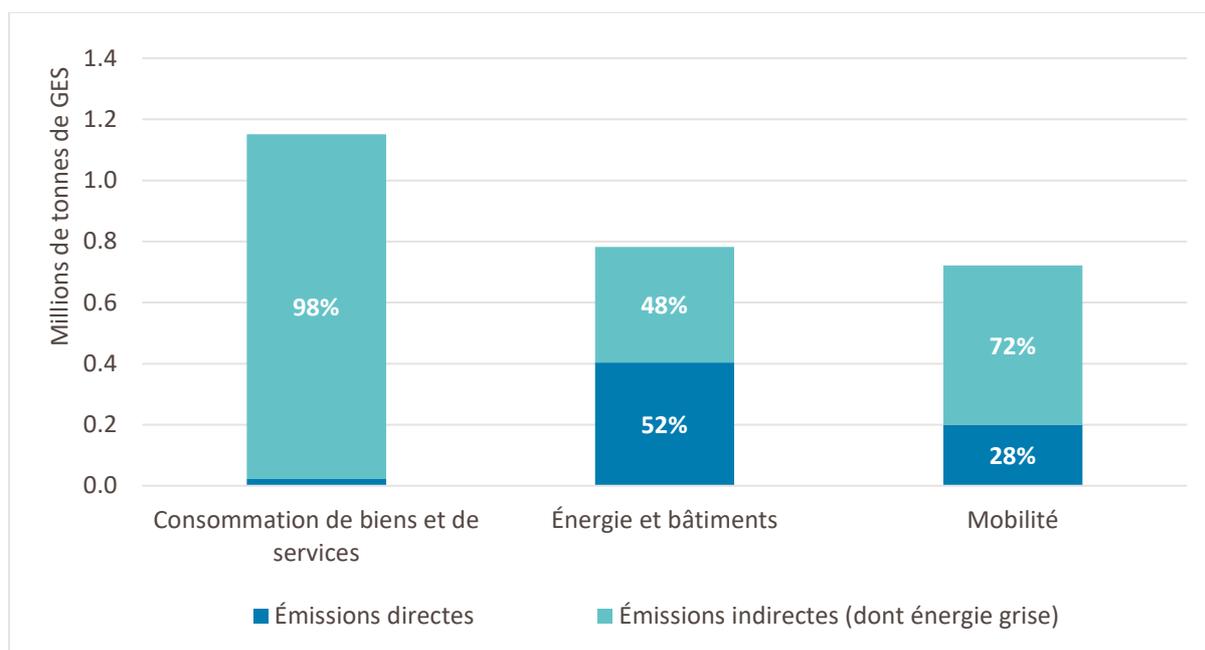


FIGURE 4 : RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DIRECTES ET INDIRECTES PAR AXE.

2.2. Résultats détaillés par axe et secteur

Ce chapitre détaille les résultats de chaque axe par secteur. Seuls les résultats sont présentés dans ce chapitre. La méthodologie appliquée ainsi que la composition de chaque axe et secteur est détaillée au [Chapitre 3.5](#).

2.2.1. Axe 1 : Consommation de biens et de services

La consommation de biens et de services est le contributeur principal des émissions de GES de la ville de Genève avec plus de 43% des émissions totales. Les résultats détaillés de cet axe sont présentés dans le [Tableau 3](#) ci-dessous. Cet axe est composé presque exclusivement d'émissions indirectes (98%) liées à la production et à l'acheminement de ces différents biens de consommation.

Secteurs	Émissions totales [t CO ₂ eq]	Émissions directes [t CO ₂ eq]	Émissions indirectes [t CO ₂ eq]	Par habitant.e [t CO ₂ eq]	Contribution [%]
Alimentation et boissons	431 281	-	431 281	2.1	16.3%
Biens et services divers	167 527	-	167 527	0.8	6.3%
Loisirs et culture	139 166	-	139 166	0.7	5.2%
Santé	127 869	-	127 869	0.6	4.8%
Restaurants et hôtels	115 851	-	115 851	0.6	4.4%
Habits et chaussures	106 477	-	106 477	0.5	4.0%
Numérique (ICT)	40 877	-	40 877	0.2	1.5%
Traitement des déchets	20 537	20 537	-	0.1	0.8%
Traitement des eaux usées	1 107	1 107	-	0.0	0.0%
Total	1 150 692	21 644	1 129 048	5.6	43.3%

TABLEAU 3 : ÉMISSIONS DE GES PAR SECTEUR POUR L'AXE CONSOMMATION DE BIENS ET DE SERVICES.

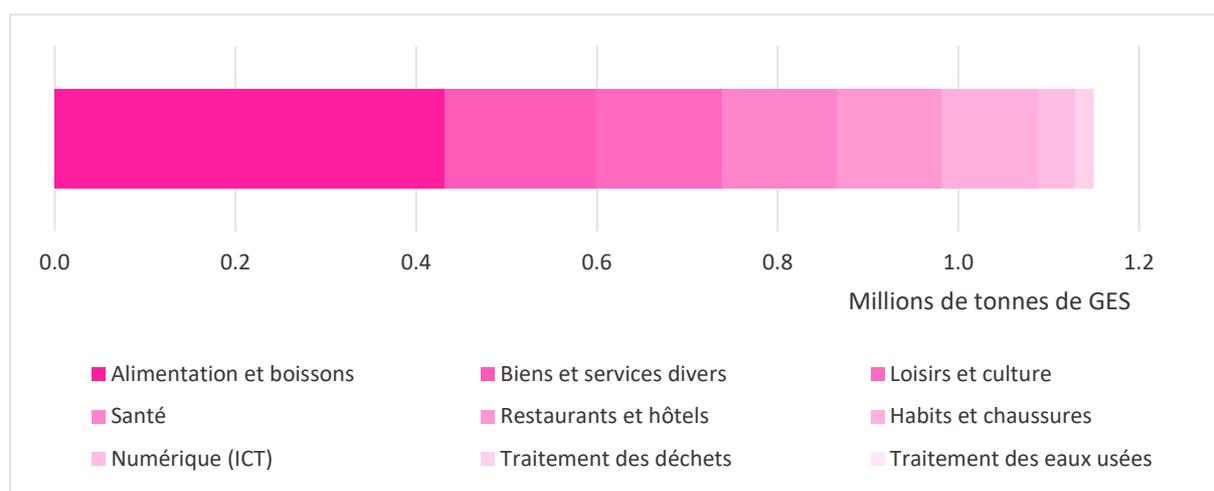


FIGURE 5: ÉMISSIONS DE GES PAR SECTEUR POUR L'AXE CONSOMMATION DE BIENS ET DE SERVICES.

2.2.2. Axe 2 : Énergie et bâtiments

Le patrimoine bâti contribue à plus de 29% au bilan carbone genevois. Cet axe comprend : la construction des infrastructures et des bâtiments publics et privés, les consommations d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire ainsi que la consommation d'électricité du parc bâti public et privé. Les résultats sont détaillés par secteur et par typologie de bâtiment dans le [Tableau 4](#).

Secteurs et typologies de bâtiments	Émissions totales [t CO ₂ eq]	Émissions directes [t CO ₂ eq]	Émissions indirectes [t CO ₂ eq]	Par habitant.e [t CO ₂ eq]	Contribution [%]
Exploitation des bâtiments privés	543 131	374 311	168 820	2.6	20.5%
Mixte	249 733	159 568	90 165	1.2	9.4%
Habitations à plusieurs logements	168 202	118 023	50 179	0.8	6.3%
Activités	87 621	70 559	17 063	0.4	3.3%
Équipements collectifs	17 290	13 823	3 467	0.1	0.7%
Habitations individuelles	14 228	10 049	4 178	0.1	0.6%
Autres bâtiments	6 057	2 289	3 767	0.0	0.2%
Construction et infrastructures	193 542	-	193 542	0.9	7.3%
Construction privée	162 082	-	162 082	0.8	6.1%
Construction publique	31 460	-	31 460	0.2	1.2%
Exploitation des bâtiments publics	44 386	29 791	14 594	0.2	1.7%
Éclairage public	877	-	877	0.0	0.0%
Total	781 935	404 102	377 832	3.8	29.5%

TABLEAU 4 : ÉMISSIONS DE GES PAR SECTEUR POUR L'AXE ÉNERGIE ET BÂTIMENTS.

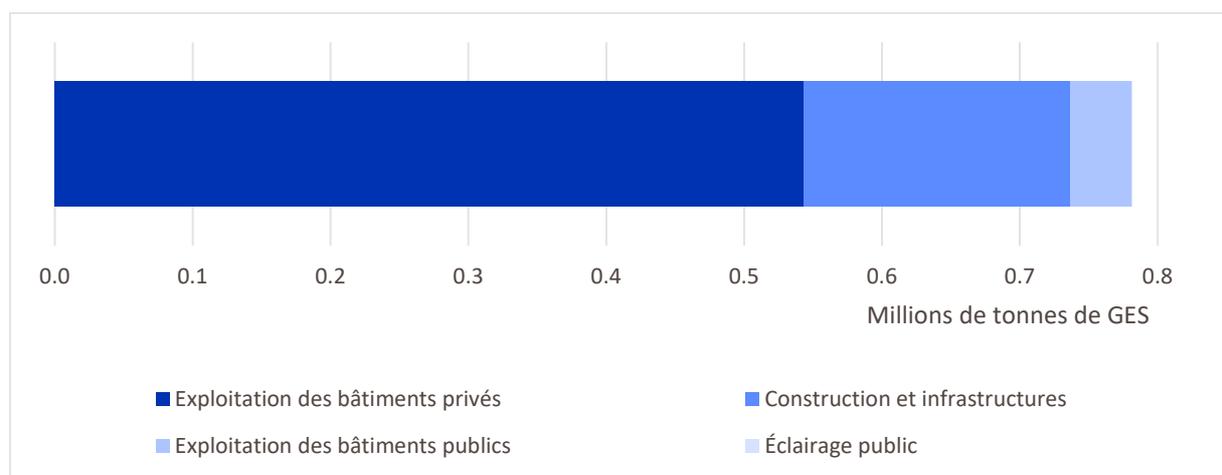


FIGURE 6 : ÉMISSIONS DE GES PAR SECTEUR POUR L'AXE ÉNERGIE ET BÂTIMENTS.

Pour l'exploitation des bâtiments du domaine privé, les graphiques ci-dessous mettent en lumière les sources principales d'émissions par typologie de bâtiment (Figure 7) ainsi que par type d'agent énergétique (Figure 8). Les émissions directes (combustion dans les chaudières) sont responsables de 69% des émissions, alors que les émissions indirectes (production, transport, électricité et chauffage à distance) représentent 31% des émissions.

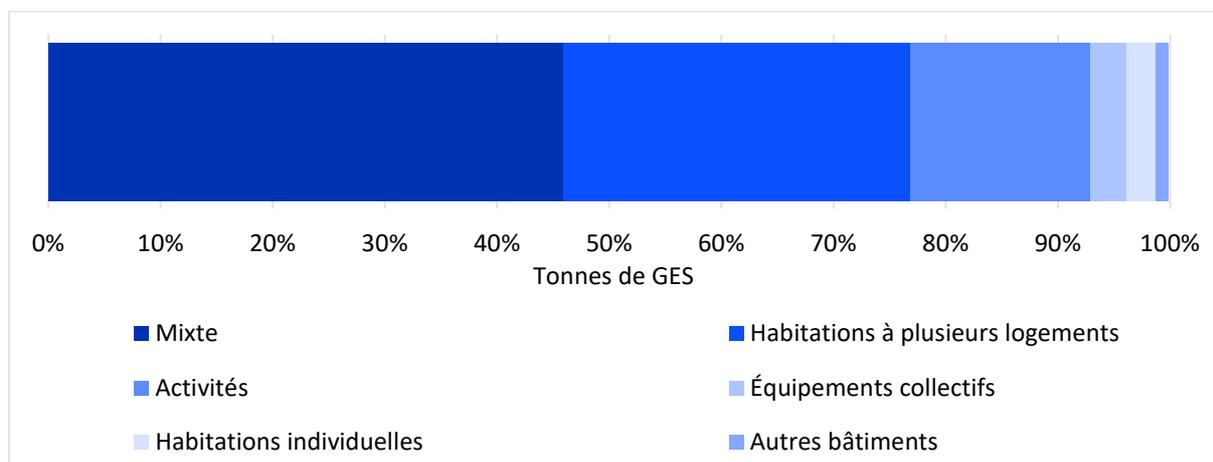


FIGURE 7: CONTRIBUTION AUX ÉMISSIONS DE GES DE L'ÉNERGIE DES BÂTIMENTS PRIVÉS, PAR TYPOLOGIE.

Quatre agents énergétiques principaux dominent les émissions de GES liées à l'exploitation des bâtiments privés (chaleur du bâtiment, eau chaude sanitaire et électricité). En effet, le gaz naturel (55%), le mazout (29%), le chauffage à distance (2%) et l'électricité (13%) sont responsables de la quasi-totalité des émissions de GES de ce secteur. Les autres agents énergétiques, tels que les pellets de bois ou les panneaux solaires thermiques, ne représentent quant à eux bien moins d'un pourcent des émissions. La contribution de ces différents agents énergétiques est détaillée dans la Figure 8.

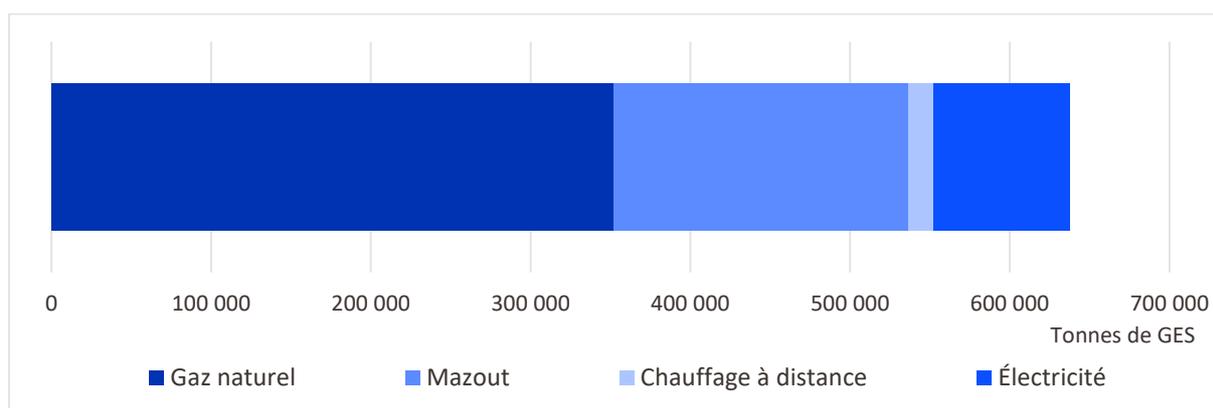


FIGURE 8 : CONTRIBUTION AUX ÉMISSIONS DE GES DE L'ÉNERGIE DES BÂTIMENTS PRIVÉS, PAR AGENT ÉNERGÉTIQUE

2.2.3. Axe 3 : Mobilité

Finalement, les résultats de l'axe mobilité sont détaillés ci-dessous. La mobilité est divisée entre mobilité terrestre (route et rail) et mobilité aérienne (déplacements en avion des habitant.e.s de la ville de Genève). Cet axe représente plus de 27% des émissions totales.

Ces émissions sont dominées par la mobilité aérienne (65% des émissions liées à la mobilité), suivi par la mobilité terrestre des habitant.e.s (24%) et par la mobilité des travailleurs pendulaires (11%).

Secteurs	Émissions totales [t CO ₂ eq]	Émissions directes [t CO ₂ eq]	Émissions indirectes [t CO ₂ eq]	Par habitant.e [t CO ₂ eq]	Contribution [%]
Mobilité aérienne des habitant.e.s	467 680	-	467 680	2.3	17.6%
Mobilité terrestre des habitant.e.s	171 578	134 186	37 393	0.8	6.5%
Travail et formation	37 747	29 521	8 226	0.2	1.5%
Loisirs, achats et autres motifs	133 831	104 665	29 166	0.7	5.0%
Mobilité terrestre des pendulaires*	82 231	65 826	16 612	0.4	3.1%
Total	721 489	200 012	521 684	3.5	27.2%

TABLEAU 5 : ÉMISSIONS DE GES PAR SECTEUR POUR L'AXE MOBILITÉ. *N'INCLUT QUE LES DÉPLACEMENTS PROFESSIONNELS DES PENDULAIRES EXTERNES TRAVAILLANT SUR LE TERRITOIRE DE LA VILLE DE GENÈVE.

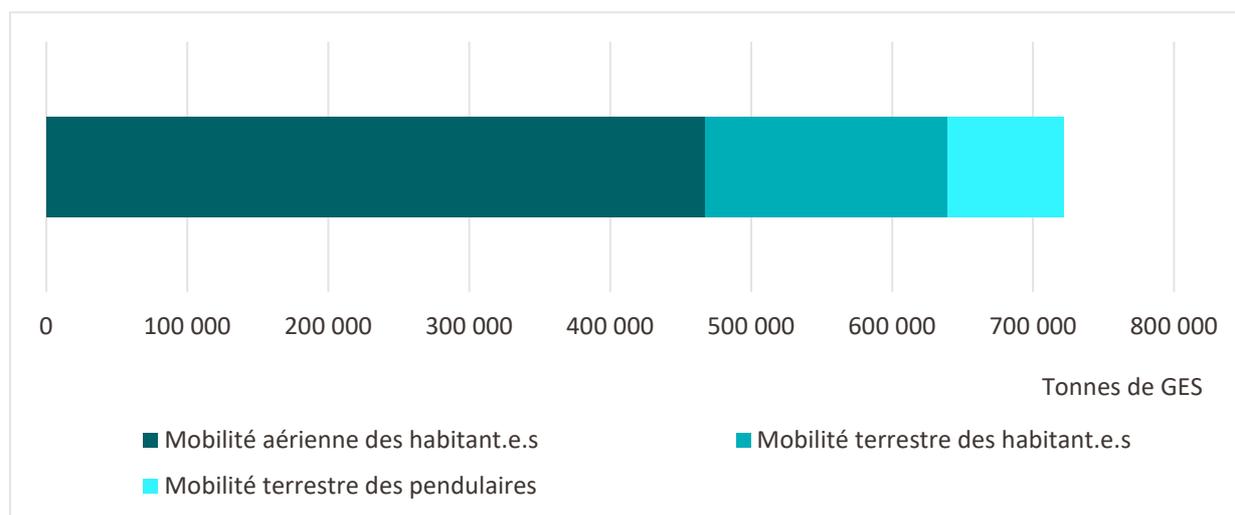


FIGURE 9 : ÉMISSIONS DE GES PAR SECTEUR POUR L'AXE MOBILITÉ.

Pour ce qui est de la mobilité terrestre des habitant.e.s et des pendulaires, le détail par mode de transport a été mesuré également. Les résultats des émissions de GES par mode de transport sont détaillés dans les Figures 9 et 10. Les transports individuels motorisés (dominés par les voitures à essence et diesel) sont sans surprise le contributeur principal des émissions de GES liées à la mobilité terrestre.

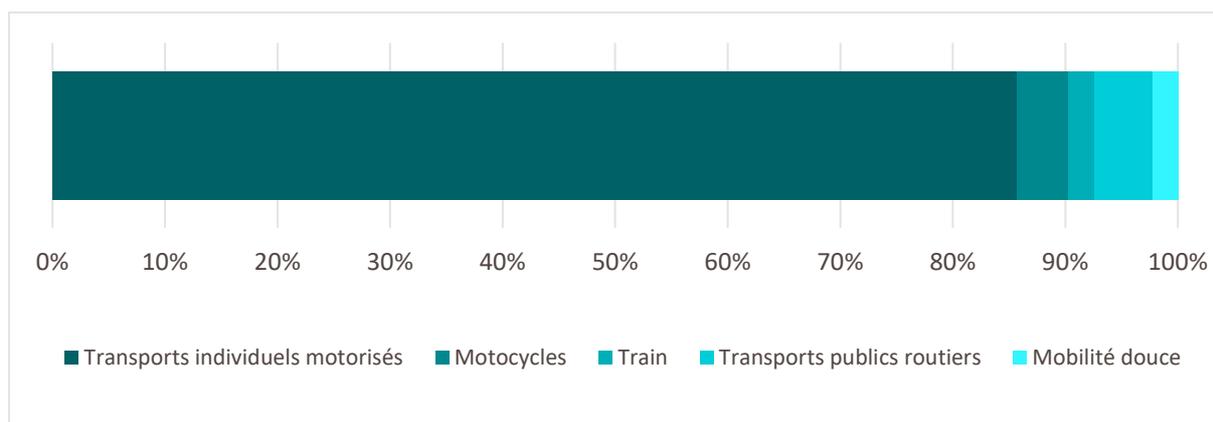


FIGURE 10 : ÉMISSIONS DE GES PAR MODE DE TRANSPORT POUR LES DÉPLACEMENTS DES HABITANT.E.S POUR MOTIFS DE TRAVAIL/FORMATION ET DE LOISIRS.

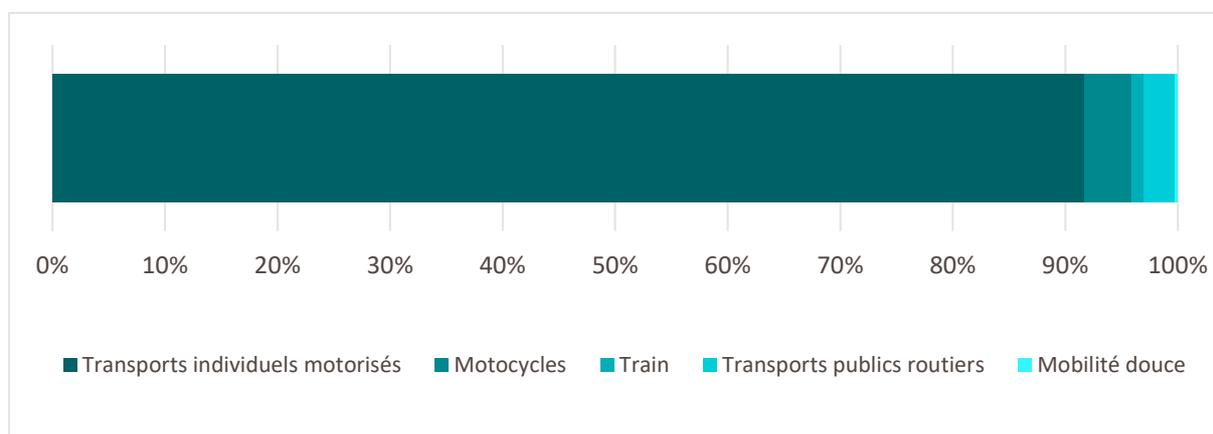


FIGURE 11 : ÉMISSIONS DE GES PAR MODE DE TRANSPORT POUR LES DÉPLACEMENTS DES PENDULAIRES EXTERNES.

3. Méthodologie

3.1. Cadre méthodologique

Le [*GHG Protocol Community-Scale*](#)², dédié aux entités territoriales telles que pays, cantons ou villes, a été utilisé comme base pour le développement du bilan carbone de la ville de Genève. Le *GHG Protocol* liste l'ensemble des principes méthodologiques suivants :

- Pertinence : le bilan doit refléter les émissions de GES de façon utile, afin de guider la prise de décision en matière climatique ;
- Exhaustivité : le bilan doit couvrir l'ensemble des sources d'émissions liées aux activités considérées. D'éventuelles exceptions doivent être présentées et justifiées (exemple de l'agriculture, non considérée à cause de son faible impact) ;
- Cohérence : le bilan, et notamment ses mises à jour successives, doivent être alignés sur des méthodes à jour qui permettent suivis et comparaisons dans le temps ;
- Transparence : le bilan doit faire preuve de transparence sur les données utilisées, les hypothèses effectuées et les choix méthodologiques ;
- Précision : les données utilisées et les hypothèses réalisées doivent permettre une évaluation correcte, réduisant l'incertitude, en évitant des sous-estimations ou surestimations systématiques.

Ce protocole a l'avantage de fournir une vision globale des émissions de GES des personnes et activités de la ville. En effet, cette approche, qui inclut les émissions directes et indirectes, fournit ainsi un bilan carbone communal complet.

Cette méthodologie nécessite de nombreuses données d'entrée. Certaines sont facilement accessibles, d'autres requièrent un travail de collecte important alors que d'autres encore ne sont pas disponibles. Un certain pragmatisme a donc dû être appliqué pour la récolte de données. L'effort nécessaire pour accroître la précision des résultats doit être proportionné à l'intérêt et aux quantités d'émissions en jeu. C'est la raison pour laquelle une approche *top-down* a été retenue pour certaines catégories d'émissions, à partir notamment de données nationales.

Les données des différents secteurs collectées lors de la réalisation du projet permettent une première quantification réaliste des émissions de GES pour la Ville de Genève. Toutefois, la qualité des données utilisées varie d'un secteur d'émissions à l'autre : certaines données communales très précises sont utilisées pour certains secteurs (ex. énergie des bâtiments), alors que des données de moyennes fédérales sont appliquées pour d'autres (ex. consommation de biens et de services).

² Développé par le World Resource Institute (WRI) et le World World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

3.2. Gaz à effet de serre inclus dans le bilan

Trois gaz (CO₂, CH₄ et N₂O) représentent plus de 95% des émissions de GES générées en Suisse. Ces gaz sont inclus par défaut dans le bilan. Toutefois, d'autres familles de gaz fluorés sont intégrées dans les protocoles en vigueur. Pour des raisons de pragmatisme, ces gaz sont inclus au cas par cas, en fonction de la disponibilité des données et de leur inclusion ou pas dans les différentes bases de données utilisées.

Les résultats de cette étude sont proposés en CO₂-équivalent (CO₂eq). Cela signifie que les émissions de chaque gaz, dont le potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG₁₀₀) intrinsèque diffère, sont rapportées en CO₂eq. Les différents PRG₁₀₀ des gaz inclus dans le bilan sont résumés dans le [Tableau 6](#) ci-dessous.

GES	PRG ₁₀₀	Principales sources d'émissions
CO ₂ fossile	1	Combustion des énergies fossiles
CO ₂ biogénique	0	Combustion de biomasse, dégradation de la matière organique
CH ₄ fossile	36	Agriculture (fertilisation), déchets, fuites de gaz
CH ₄ biogénique	34	Biogaz, fermentation entérique
N ₂ O	298	Agriculture (fertilisation)
HFCs, PFCs	Variable	Gaz synthétiques (réfrigération, isolation, autres applications industrielles)
SF ₆	23'500	Isolant (réseau haute-tension)

TABLEAU 6: PRG 100 DES PRINCIPAUX GES. LE POTENTIEL DE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL PRG À 100 ANS REPRÉSENTE LA CONTRIBUTION DE CHAQUE GAZ À L'EFFET DE SERRE SUR UN HORIZON DE 100 ANS. PAR CONVENTION, LE PRG₁₀₀ DU GAZ CARBONIQUE EST DE 1, LES AUTRES GAZ ÉTANT ÉVALUÉ EN FONCTION DE CE DERNIER. LES VALEURS DE LA DERNIÈRE VERSION DU RAPPORT DU GIEC SONT UTILISÉES DANS CE RAPPORT EN INCLUANT LE FORÇAGE RADIATIF (IPCC 2013)³.

Par convention, les émissions de CO₂ biogénique ne sont pas incluses dans le bilan total (ex. combustion de biomasse comme des pellets de bois). Il s'agit en effet de cycles courts d'émission-absorption du carbone, qui n'ont pas d'impact climatique à long terme. Leur PRG₁₀₀ est considéré comme nul.

³ IPCC (2013). Climate change 2013: The physical science basis. *Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.*

3.3. Bases de données et facteurs d'émissions

Différentes bases de données ont été utilisées pour réunir l'ensemble des facteurs d'émission nécessaires au projet. La séparation entre émissions directes et indirectes pour les processus et activités analysés est précisée malgré les incertitudes inhérentes à cette distinction.

La base de données principale est ecoinvent v3.6⁴, base de données de référence dans le domaine des analyses de cycle de vie, développée principalement par les Ecoles Polytechniques Fédérales (EPF) en Suisse.

Pour les émissions liées à l'utilisation de carburants et de combustibles, les facteurs d'émissions sont extraits de la fiche d'information de l'OFEV : *facteurs d'émissions de CO₂ selon l'inventaire des GES de la Suisse*.⁵

La base de données du Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA)⁶ au Royaume-Uni a été utilisée pour les facteurs d'émission du transport aérien. Ces facteurs sont mis à jour annuellement en tenant compte de l'évolution de paramètres importants comme la composition des flottes d'avions des compagnies aériennes et des taux d'occupation. A noter que le *forçage radiatif* est inclus, à savoir les effets climatiques supplémentaires pour les émissions de hautes altitudes. Il est important de noter que d'autres entités territoriales ne considèrent pas automatiquement ce phénomène dans l'estimation de leur impact carbone. Les valeurs présentées dans ce rapport ne sont donc pas comparables à celles publiées par ces autres entités.

Pour certains secteurs, les émissions genevoises ont été extrapolées des émissions suisses à l'aide de ratio (par habitant.e) en reprenant des facteurs d'émissions ou des valeurs mesurées au niveau national. C'est l'exemple notamment pour l'alimentation ou la consommation de biens et de services.

3.4. Source et qualité des données d'entrées

Pour la réalisation de ce bilan carbone, l'outil développé par Quantis pour le SCDD a été utilisé. Cet outil a été développé afin de permettre aux communes du canton de réaliser leur bilan carbone de la manière la plus simplifiée possible, en réduisant les ressources nécessaires à la collecte des données notamment. Pour ce faire, toutes les données disponibles au niveau cantonal ou fédéral ont déjà été pré-remplies dans l'outil (ex. données de consommation d'électricité et de chauffage fournies par les SIG, données relatives à la mobilité fournies par le microrecensement cantonal de la mobilité, données relatives à la consommation des ménages fournies par l'Office Fédéral de l'Environnement, ...).

⁴ Plus d'info sous : www.ecoinvent.org

⁵ OFEV 2019, fiche d'information. Facteurs d'émission de CO₂ selon l'inventaire des GES de la Suisse

⁶ <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2019>

Le **Tableau 7** ci-dessous résume les différentes sources de données utilisées pour le bilan de GES de la ville de Genève ainsi que la qualité de ces données.

Axe	Secteur	Source principale	Qualité de la méthode	Niveau des données
Consommation de biens et services	Biens et services divers	OFEV, 2020	+	Fédéral
	Loisirs et culture	OFEV, 2020	+	Fédéral
	Santé	OFEV, 2020	+	Fédéral
	Restaurants et hôtels	OFEV, 2020	+	Fédéral
	Biens et services	OFEV, 2020	+	Fédéral
	Alimentation et boissons	Ernststoff et al., 2020	++	Fédéral
	Numérique (ICT)	Quantis, 2020	+	Fédéral
	Déchets et eaux usées	GESDEC, 2019	+++	Fédéral
Énergie et bâtiments	Exploitation des bâtiments privés	SIG, 2019	+++	Communal
	Exploitation du patrimoine administratif	Service de l'énergie, 2019	+++	Communal
	Exploitation du patrimoine financier	Service de l'énergie, 2019	+++	Communal
	Éclairage public	Service de l'énergie, 2019	+++	Communal
	Construction et infrastructures	OCSTAT, 2019 Direction financière, 2019	++	Communal
Mobilité	Mobilité des habitant.e.s	MRMT, 2015	++	Typologie cantonale
	Mobilité des pendulaires	MRMT, 2015 OFS, 2019	++	Communal et typologie cantonale
	Transport aérien	MRMT, 2015	++	Typologie cantonale

TABLEAU 7 : ÉVALUATION DE LA DISPONIBILITÉ ET DE LA QUALITÉ DES DONNÉES AINSI QUE DE LA MÉTHODE DE CALCUL APPLIQUÉE POUR CHAQUE AXE ET SECTEUR DU BILAN DES GES DE LA VILLE DE GENÈVE.

Comme détaillé dans le tableau ci-dessus, la qualité de la méthode appliquée varie fortement d'un axe ou secteur à l'autre, notamment selon le niveau d'agrégation des données d'entrées.

Il est important de noter que les données du microrecensement de la mobilité sont agrégées par typologie cantonale. Ces typologies sont les suivantes : Ville de Genève, première couronne, deuxième couronne et périurbain. Chaque commune est répartie dans une de ces typologies.

3.5. Notes méthodologiques par axe et secteur

3.5.1. Axe 1 : Consommation de biens et de services

Cet axe regroupe la consommation de biens et de services par les habitant.e.s de la ville de Genève ainsi que la gestion et le traitement des déchets et des eaux usées. La consommation de biens et de services des entreprises ou organisations présentes sur le territoire n'est pas prise en compte.

Cet axe présente un risque de double comptage des émissions qui seraient potentiellement déjà comptabilisées en partie dans d'autres axes du bilan. En effet, la part de production de biens et de services directement consommée sur le territoire de la ville de Genève n'est pas soustraits des données nationales utilisées, faute de données précises à disposition. C'est le cas par exemple d'une montre qui serait produite à Genève et achetée par un.e habitant.e de la ville. Par conséquent, les résultats de cet axe ont une grande marge d'erreur et doivent donc être traités prudemment.

La méthodologie pour chaque secteur est décrite ci-dessous.

Biens et services

Les données sur la consommation de biens et de services ont été extrapolées à partir des données nationales fournies par l'OFEV⁷. Des valeurs totales nationales par type de biens et de services consommés sont disponibles. Pour chaque type de biens, les émissions de GES sont mesurées sur la base des impacts produits lors de leur production, de leur transport, de leur utilisation, de leur traitement en fin de vie et également liés à la consommation d'énergie par les points de ventes, lieux de loisirs, restaurants ou hôtels. Ces types de biens sont :

- Habits et chaussures : achats de vêtements divers ;
- Santé : dépenses dans le secteur médical, achats de médicaments, visites médicales et hospitalisations ;
- Loisirs et culture : activités de loisirs et culturelles en Suisse et à l'étranger. Les musées, centres de loisirs et de sports ou encore les impacts à l'étranger lors des vacances sont comptabilisés (nuits d'hôtels, activités de loisirs). Un risque de double comptage peut être observé pour cette catégorie car elle inclut les impacts liés à l'exploitation de ces lieux de loisirs et de culture. Si ces lieux sont situés sur le territoire de la ville, ils seront également comptés dans l'axe *Énergie et bâtiments* ;

⁷ OFEV (2020), *Indicateurs de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre en Suisse, 1990–2018*.

- Biens et services divers : tous les biens et services consommés n'entrant pas dans les autres types de biens. C'est le cas des meubles, des articles de ménage et entretien courant du foyer, appareils électroniques, ... ;
- Restaurants et hôtels : impacts liés à la consommation de nourriture et à l'exploitation des restaurants et des hôtels, en Suisse et à l'étranger. À nouveau, si ces établissements sont situés sur le territoire genevois, un risque de double comptage de l'énergie d'exploitation de ces bâtiments existe avec l'axe *Énergie et bâtiment*. Un faible risque de double comptage existe également avec les données du secteur *Alimentation et boissons*.

Les émissions de chaque type de biens et de services listés ci-dessus ont été rapportées à la Ville de Genève à l'aide du ratio de population. Les émissions per capita au niveau suisse sont donc extrapolées par rapport à la population de la ville de Genève.

Le **Tableau 8** ci-dessous résume les émissions par habitant.e de chaque secteurs de biens et de services.

Biens et services	Émissions totales suisses [t CO ₂ eq/p/a]	Émissions par habitant.e. [t CO ₂ eq/p/a]
Biens et services divers	6 970 000	0.816
Loisirs et culture	5 790 000	0.678
Santé	5 320 000	0.623
Restaurants et hôtels	4 820 000	0.564
Habits et chaussures	4 430 000	0.518

TABLEAU 8 : ÉMISSIONS SUISSES DE LA CONSOMMATION DE BIENS ET DE SERVICES, ISSUES DE LA PUBLICATION DE L'OFEV (2020).

L'incertitude relative aux données de consommation est importante. En effet, les données nationales sont issues d'études macro-économiques dont l'utilisation pour un bilan carbone communal est très imprécise. De plus, ces données étant extraites de valeurs nationales de consommation, elles peuvent présenter de grandes différences avec les habitudes de consommation des habitant.e.s de la ville de Genève. Celles-ci peuvent varier fortement d'un canton à l'autre, et d'un type de commune à l'autre (communes citadines par rapport à des communes rurales). Aussi, un risque de double-comptage avec d'autres secteurs du bilan ne peut pas être exclu. En effet, certaines émissions liées à la production d'un bien ou d'un service peuvent être produites sur le territoire communal et ainsi être comptabilisées dans d'autres postes du bilan. C'est le cas par exemple d'une montre produite à Genève et achetée par un.e Genevois.e.

Alimentation et boissons

Concernant l'alimentation, les émissions de GES ont été estimées sur la base de l'impact moyen d'un régime alimentaire suisse. La moyenne suisse de 2.1 tonnes par habitant.e et par année a été rapportée à la population genevoise. Les chiffres sur les impacts des différents régimes alimentaires (standard, végétarien, végétane) en Suisse sont basés sur une récente étude sur les impacts de la consommation de nourriture et de boisson en Suisse (Ernstoff et al, 2020)⁸. Cette étude a modélisé de manière précise différents régimes alimentaires en Suisse et leurs émissions de GES respectifs. L'impact carbone de ces différents régimes alimentaires est détaillé dans le [Tableau 9](#).

Type de régime alimentaire	Émissions totales [t CO ₂ eq/p/a]	Alimentation [t CO ₂ eq/p/a]	Boissons [t CO ₂ eq/p/a]
Moyen	2.1	1.7	0.4
Végétarien	1.4	1.1	0.3
Végane	1.3	1.0	0.3

TABLEAU 9 : ÉMISSIONS DE GES DES DIFFÉRENTS RÉGIMES ALIMENTAIRES SELON ERNSTOFF ET AL. (2020).

Par manque de données disponibles à l'échelle de la ville, cette méthodologie a été choisie afin de fournir une première estimation des impacts liés aux régimes alimentaires des individus. Pour des résultats plus détaillés, séparant la part de produits locaux consommés notamment, une étude complémentaire serait nécessaire. Un facteur de correction prenant en compte la part d'auto-provisionnement genevoise permettrait d'affiner ces résultats et ainsi réduire le double comptage des émissions liées aux pratiques agricoles.

Numérique

Pour les émissions de GES liées au numérique, l'énergie utilisée au transfert de données mobiles ainsi que la consommation énergétique et électrique des *data centres* ont fait l'objet d'une approximation. Ce secteur n'inclut pas les équipements informatiques et appareils électroniques des Genevois.s. Ces derniers sont comptabilisés dans le secteur *Biens et services*.

Les facteurs d'émission pour le transfert de données et les *data centres* ainsi que la moyenne de consommation de données par habitant.e proviennent d'un projet interne à Quantis sur les impacts du numérique en Suisse. Ce secteur présente un risque de double comptage si les *data centres* ou les antennes relais sont situées sur le territoire genevois. En effet, la consommation électrique des antennes et des *data centres* situés sur sol genevois sont déjà intégrées dans l'axe *Énergie et bâtiments*.

⁸ Ernstoff, A., Stylianou, K. S., Sahakian, M., Godin, L., Dauriat, A., Humbert, S., ... & Jolliet, O. (2020). Towards Win-Win Policies for Healthy and Sustainable Diets in Switzerland. *Nutrients*, 12(9), 2745.

Gestion des eaux usées et des déchets

Concernant le traitement des eaux usées, les émissions liées au traitement biologique, à la dénitrification ainsi qu'au prétraitement des boues ont été considérées. Les volumes d'eaux usées traitées annuellement et les boues d'épuration produites dans les différentes STEP du canton sont issues du bilan annuel des STEP genevoises fourni par le GESDEC. Les facteurs d'émission pour les différentes étapes de traitement des eaux sont issus de la base de données ecoinvent 3.6 et considèrent les impacts du traitement des eaux dans les STEP en Suisse. L'entier des émissions liées aux activités des stations d'épuration ont été allouées à la Ville sur la base du volume d'eau total traité mécaniquement, biologiquement et chimiquement.

Concernant le traitement des déchets, le tonnage annuel de déchets incinérés a été utilisé comme donnée d'entrée. Ces chiffres pour la Ville de Genève ont été fournis par le GESDEC. Le facteur d'émission par tonne de déchets incinérés a été fourni par l'OFEV⁹. Il est utilisé notamment dans l'inventaire national et modélise les émissions moyennes de la combustion d'une tonne de déchets ménagers dans les différentes usines d'incinération. Les données 2019 utilisées pour ce secteur sont détaillées dans le [Tableau 10](#) ci-dessous.

Donnée	Valeur 2019	Unité
Volume d'eaux usées traitées	25'031'196	Mètres cubes
Tonnes de déchets incinérés	39'312	Tonnes

TABLEAU 10 : VALEURS 2019 UTILISÉES DANS LE BILAN CARBONE POUR LA GESTION DES DÉCHETS ET DES EAUX USÉES.

⁹ OFEV (2018), *Fiche d'information : Facteurs d'émission de CO2 pour l'établissement de rapports par les cantons*

3.5.2. Axe 2 : Énergie et bâtiments

Exploitation des bâtiments privés

Les données de consommation des bâtiments privés par agent énergétique et pour l'année 2019 ont été extraites par les SIG pour chaque typologie de bâtiment. La typologie de bâtiments définie par les SIG est la suivante :

- Habitations individuelles : habitations à un seul logement (maisons individuelles) ;
- Habitations à plusieurs logements : habitation de deux (ou plus) logements (immeubles locatifs) ;
- Équipements collectifs : infrastructures à vocation collective appartenant à des privés (établissements culturels comme les cinémas, salles de sport et centre sportifs ou de loisirs) ;
- Activités : bâtiments hébergeant des activités économiques tels que les bâtiments agricoles, les bâtiments industriels, les bâtiments commerciaux ou encore les hôtels et restaurants ;
- Mixtes : bâtiments dont la fonction est partagée entre les typologies listées ci-dessus ;
- Autres bâtiments : bâtiments non classés dans l'une des autres catégories, ou bâtiments plus petits que 20m² (exemple d'un garage privé ou d'une véranda).

La consommation totale par agent énergétique est résumée dans le [Tableau 11](#). Les données de consommation par agent énergétique et par typologie de bâtiment sont disponibles en [Annexe A](#).

Agent énergétique	Consommation 2019 [MWh]
Gaz naturel	951 812
Mazout	557 920
Électricité	453 711
Chauffage à distance	73 080
Renouvelables	1 924
Bois - Pellets	1 046
Autres combustibles	1 886

TABLEAU 11 : CONSOMMATION TOTALES PAR AGENT ÉNERGÉTIQUE, SIG 2019.

Un facteur d'émission par type d'agent énergétique permet de calculer les émissions de GES liées à la consommation d'énergie finale. Ils sont présentés dans le [Tableau 12](#). Les facteurs d'émission pour la combustion proviennent de l'OFEN (2019)¹⁰ et sont ceux utilisés dans le NIR. Les facteurs d'émission pour les émissions indirectes sont issus de la base de données ecoinvent 3.6. Pour les consommations d'énergie finale provenant d'agents énergétiques inconnus, le facteur d'émission du mazout a été appliqué par simplification.

¹⁰ OFEN 2019, fiche d'information. Facteurs d'émission de CO₂ selon l'inventaire des GES de la Suisse

Agent énergétique	Émissions totales [kg CO ₂ eq/MWh]
Mazout et autres combustibles	308
Gaz naturel	291
Chauffage à distance	112
Pompes à chaleur	102
Bois - Pellets	39
Renouvelables	12

TABLEAU 12 : FACTEURS D'ÉMISSIONS DES DIFFÉRENTS AGENTS ÉNERGÉTIQUES, OFEV 2019 ET ECOINVENT 3.6

Les données de consommation finale d'électricité par typologie de bâtiments sont également issues des données des SIG pour l'année 2019. Ces chiffres contiennent toutes les consommations électriques des différentes typologies de bâtiments. Les consommations d'électricité par typologie de bâtiment sont résumées en Annexe A.

Pour ce qui est de la définition de l'intensité carbone de l'électricité du mix électrique de consommation, dans sa fiche d'information pour l'établissement des rapports CO₂ par les cantons, l'OFEV¹¹ recommande l'utilisation d'un facteur correspondant au mix électrique suisse de consommation finale incluant les importations, soit 181 g CO₂eq/kWh (OFEV 2018)¹². C'est ce facteur d'émission qui est utilisé pour la réalisation du bilan carbone de la ville de Genève.

¹¹ OFEV (2018), *Fiche d'information : Facteurs d'émission de CO₂ pour l'établissement de rapports par les cantons*

¹² A noter que ce facteur, élevé par rapport au mix de production suisse, s'explique par les imports et exports tout au long de l'année, dans un marché électrique européen fortement interconnecté et en moyenne plus carboné que le mix électrique suisse. Le mix présenté par l'OFEV ne prend en compte que les émissions de CO₂ (169 g CO₂/kWh). En intégrant les émissions des autres GES liés à la production d'électricité on obtient la valeur de 181 g CO₂eq/kWh.

Exploitation des bâtiments publics (y compris logements)

Les bâtiments publics sont répartis entre le patrimoine administratif et le patrimoine financier.

Les données de consommation d'énergie des bâtiments du patrimoine administratif par agent énergétique et pour l'année 2019 ont été fournies par le Service de l'énergie de la Ville de Genève. La même méthodologie et les mêmes facteurs d'émissions que pour les bâtiments privés sont utilisés.

Les consommations par agent énergétique sont résumées dans le [Tableau 13](#).

Agent énergétique	Consommation 2019 [MWh]
Gaz naturel	49 783
Électricité	28 224
Mazout	13 860
Bois	2 453
Chauffage à distance	1 098
Renouvelables	873
PAC	859
Autres combustibles	-

TABLEAU 13 : CONSOMMATION TOTALES PAR AGENT ÉNERGÉTIQUE, SEN 2019.

Les données de consommation d'énergie des bâtiments du patrimoine financier par agent énergétique et pour l'année 2019 ont été fournies par le Service de l'énergie de la Ville de Genève. La même méthodologie et les mêmes facteurs d'émissions que pour les bâtiments privés sont utilisés.

Les consommations par agent énergétiques sont résumées dans le [Tableau 14](#).

Agent énergétique	Consommation 2019 [MWh]
Gaz naturel	53 363
Mazout	8 495
Électricité	7 484
Chauffage à distance	3 223
PAC	1 330
Renouvelables	844
Autres combustibles	-
Bois	-

TABLEAU 14 : CONSOMMATION TOTALES PAR AGENT ÉNERGÉTIQUE, SEN 2019.

Éclairage public

Les données de consommation de l'éclairage public ont également été fournies par le Service de l'énergie de la Ville de Genève pour l'année 2019. La consommation de l'éclairage public en 2019 était de 4'845 MWh. Le mix électrique appliqué est le mix de consommation moyen suisse à 181 g CO₂eq/kWh.

Construction et infrastructures

Les impacts liés à la construction sont estimés sur la base des investissements annuels en CHF dans la construction sur le territoire de la Ville de Genève. Les données financières sont issues de l'OCSTAT pour les dépenses dans la construction d'habitation par des maîtres d'ouvrage privés. Les investissements dans la construction sont séparés entre les habitations et les autres bâtiments.

Pour les investissements publics, ce sont les données de la Direction Financière de la Ville de Genève qui ont été utilisées. Les investissements dans la construction publique sont déclinés entre les routes, les travaux de génie civil, les habitations et les autres bâtiments.

Le facteur d'émission par million de CHF investi est indirectement dérivé de la base de données suisse *input/output* fournie par l'OFS¹³. Il est important de noter que ce facteur d'émissions ne fournit pas une information précise sur les émissions GES de chaque type de construction et de chaque bâtiment. Pour cela, des données détaillées sur les différents types constructions (tels que les matériaux utilisés) seraient nécessaires.

¹³ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/economie-nationale/input-output.html>

3.5.3. Axe 3 : mobilité

Mobilité terrestre des habitant.e.s

La mobilité des habitant.e.s de la Ville de Genève est modélisée selon les données présentes dans le microrecensement genevois 2015. Les parts modales, les motifs de déplacement et les distances journalières sont extraites du microrecensement selon la typologie cantonale utilisée dans le MRMT 2015. La Ville de Genève dispose d'une typologie « Ville de Genève » à elle seule. Les kilométrages totaux annuels des habitant.e.s sont ainsi calculés par mode de transport (transports individuels motorisés (TIM), transports publics routiers, train et mobilité douce). Ces distances sont ensuite divisées entre les motifs *travail/formation* et les autres motifs.

Les distances journalières moyennes parcourues par habitant.e et par mode de transport sont résumées dans le [Tableau 15](#) ci-dessous.

Mode de transport	Distance journalière par habitant.e pour les motifs « Travail et formation » [Kilomètres]	Distance journalière par habitant.e pour les motifs « Achats, loisirs et autres motifs » [Kilomètres]
Transports individuels motorisés	2.11	7.49
Transports publics routiers	1.23	4.37
Train	0.55	1.95
Mobilité douce	0.79	2.81
Total	4.69	16.61

TABLEAU 15 : PARTS MODALES ET DISTANCES JOURNALIÈRES PAR MODE DE TRANSPORT SELON LE MRMT 2015.

22% de ces distances sont parcourues pour des motifs de travail ou de formation. 78% de ces distances sont parcourues pour des motifs de loisirs, achats ou d'autres motifs.

Les facteurs d'émissions utilisés sont extraits d'ecoinvent 3.6 pour ces différents types de transports. Les facteurs d'émission pour les TIM sont agrégés selon la moyenne des immatriculations de véhicules en Suisse. 100% des déplacements sont alloués aux habitant.e.s de la commune.

Les facteurs d'émissions utilisés sont décrits dans le [Tableau 16](#).

Mode de transport	Émissions totales de GES par passager-kilomètre [g CO ₂ eq/pkm]
Transport individuel motorisé	240
Transports publics routiers	55
Train	10
Avion, classe économique	217

TABLEAU 16 : FACTEURS D'ÉMISSIONS PAR PASSAGER-KILOMÈTRE ISSUS D'ECOINVENT 3.6 ET DE LA DEFRA.

Mobilité terrestre des pendulaires

La mobilité des pendulaires externes travaillant sur le territoire communal est modélisée grâce aux données extraites de l'enquête des déplacements du bassin genevois 2015-2016. Les déplacements pour des motifs de loisirs ou d'achats (par exemple un Lausannois qui se rend au théâtre à Genève) ne sont pas pris en compte, uniquement les déplacements professionnels. Les distances moyennes parcourues ainsi que les parts modales en sont extraites. Les statistiques du nombre de pendulaires frontaliers et suisses sont respectivement issues des statistiques fédérales des pendulaires par communes pour l'année 2019. Les kilométrages totaux annuels des pendulaires sont ainsi calculés par mode de transport (TIM, TP routiers, train, mobilité douce).

Les distances journalières moyennes parcourues par pendulaire et par mode de transport sont résumées dans le [Tableau 17](#) ci-dessous.

Mode de transport	Distance journalière des pendulaires [Kilomètres]
Transports individuels motorisés	15.8
Transports publics routiers	5.7
Train	1.4
Mobilité douce	0.7
Total	23.6

TABLEAU 17 : PARTS MODALES ET DISTANCES JOURNALIÈRES PAR MODE DE TRANSPORT SELON LE MRMT 2015.

Comme pour le secteur précédent, les facteurs d'émissions utilisés sont extraits d'ecoinvent 3.6 pour ces différents types de transports. Les facteurs d'émission pour les TIM sont agrégés selon la moyenne des immatriculations de véhicules en Suisse. 50% des déplacements sont alloués à la commune du lieu de travail et 50% sont alloués à la commune de domicile. Une moyenne de 220 jours de travail annuels est utilisée. Ce secteur ne prend pas en compte le trafic de transit qui traverse le territoire communal.

Mobilité aérienne des habitant.e.s

Les distances annuelles parcourues en avion par habitant.e et par année sont utilisées. Ces distances sont issues du microrecensement genevois 2015 et incluent les trajets de loisir ainsi que les trajets d'affaires. La distance moyenne parcourue en avion annuellement par un.e Genevois.e est de 10'350 kilomètres.

Les facteurs d'émissions des transports aériens sont issus de la base de données de la DEFRA qui prend en compte le taux d'occupation moyen des avions, le type d'avion ainsi que les effets liés au "forçage radiatif" des émissions en haute altitude (facteur de multiplication des émissions en haute altitude de 1.9 utilisé). Ce facteur est mentionné dans le [Tableau 16](#). 100% de la distance parcourue annuellement par les Genevois.es est imputée à la ville de Genève. L'entier des émissions liées à l'aviation sont imputées en émissions indirectes.

4. Conclusion

Tout d'abord, les émissions de gaz à effet de serre de la ville de Genève sont légèrement en dessous des valeurs moyennes nationales. Avec 12.9 tonnes de GES par habitant.e et par année, cela représente une tonne de moins que la moyenne suisse. Pour rappel, en 2018, le bilan des GES au niveau fédéral faisait état de 13.8 tonnes de GES par habitant.e¹⁴. Ces résultats sont attendus d'une ville, où la densité de population engendre une plus faible consommation d'énergie par habitant.e, pour le chauffage notamment, et où les impacts liés à la mobilité terrestre sont plus faibles que la moyenne. Toutefois, même si ces chiffres sont inférieurs à la moyenne suisse, une réduction drastique des émissions par habitant.e est tout de même nécessaire pour atteindre les objectifs de la Confédération (50% d'émissions de GES en moins d'ici à 2030, 90% de réduction en 2050) visant à respecter les objectifs de l'accord de Paris afin de maintenir le réchauffement global sous les 1.5°C. L'objectif de réduire les émissions à près de 1 tonne de CO₂eq par habitant.e et par an d'ici 2050 peut être considéré¹⁵. En effet, une réduction de 90% d'ici à 2050, réduirait les émissions de GES par Genevois.e à moins de 1.3 tonnes de CO₂eq par an.

Les résultats présentés offrent une excellente base sur laquelle développer et prioriser des mesures de réduction. Tout en prenant en considération l'incertitude de certaines données et hypothèses faites, les postes et sources principales d'émissions de la ville de Genève sont identifiés. Il est important de noter qu'un bilan de l'administration communale de la Ville de Genève a été réalisé en parallèle et ces résultats sont détaillés dans un autre rapport.

4.1. Limites de l'étude et recommandations

Les données des différents secteurs collectées lors de la réalisation du projet permettent une première quantification réaliste des émissions de GES pour la ville de Genève. Toutefois, la qualité des données utilisées varie d'un poste d'émissions à l'autre : certaines données communales très précises sont utilisées pour certains postes (exemple de la consommation énergétique des bâtiments), alors que des données de moyennes fédérales sont appliquées pour d'autres, notamment la consommation. Il est par conséquent très important de bien comprendre les enjeux et les implications de la qualité des données, mais également de la méthode de calcul dans l'interprétation des résultats du bilan carbone de la ville de Genève.

Il est important de noter que les impacts carbonés liés au secteur financier et aux investissements des Genevois.es n'ont pas été considérés dans ce bilan. En effet, les modèles actuels pour estimer les émissions liées au secteur financier et à la fortune des Genevois.es sont très incertains. Le problème principal réside dans les risques de comptages multiples, à

¹⁴ OFS (2018), Indicateur d'environnement – Émissions de gaz à effet de serre

¹⁵ Conseil Fédéral (2021), Stratégie climatique à long terme de la Suisse.

l'image d'un fonds de pension investissant dans l'immobilier local alors que les impacts de la construction ont déjà été modélisés. Par ailleurs, les données détaillées sur l'allocation de la fortune des Genevois.es et de la qualité de leurs investissements sont inconnues. C'est pour ces raisons que ces impacts n'ont pas été intégrés dans ce bilan. Il est toutefois critique de les traiter dans le futur car ceux-ci représentent une part non-négligeable d'un bilan carbone d'un.e citoyen.e.

Aussi, la qualité et la précision des données est un point crucial dans le suivi à long terme des émissions et des mesures de réduction. En effet, des données primaires récoltées au niveau communal permettront, lors de la prochaine itération du bilan, de mesurer les effets des mesures et politiques publiques mises en place. Des données moyennes fédérales, comme pour la consommation de biens et de services, et extrapolées pour la ville ne permettront pas ce suivi.

Quantis recommande une mise à jour tous les 3 à 5 ans. Des intervalles plus courts ne permettent pas nécessairement d'observer l'effet de politiques publiques notamment. Il est important de garder en tête le niveau d'agrégation des données lors de l'analyse et de l'interprétation des résultats. En effet, lors de la prochaine itération, des conclusions pourront être tirées sur les données de niveau communal, alors que les données au niveau fédéral ne reflèteront que des changements au niveau Suisse et pas l'effet de politiques publiques locales. Cela souligne également le besoin d'utiliser des données plus détaillées pour certains secteurs (notamment pour la consommation) afin de faire ressortir les caractéristiques spécifiques de la ville de Genève.

Finalement, la réalisation d'un bilan tel que celui-ci permet de mettre en lumière la qualité et la disponibilité des données nécessaires. En effet, cet exercice permet de mettre en avant les domaines où les données sont précises et facilement accessibles de ceux où elles sont moins accessibles et moins détaillées. Le cas échéant, cet exercice permet de mettre en place un meilleur monitoring de certaines données sur le long terme, ou alors tout simplement d'intégrer et de collecter de nouvelles données au sein de l'administration communale. Cette amélioration continue dans le suivi et la récolte des données permettront d'affiner l'analyse et les résultats lors de futures itérations du bilan carbone.

Annexe A

Exploitation des bâtiments privés : Consommation d'énergie par agent énergétique et par typologie de bâtiments (SIG, 2019)

Catégorie	Quantité	Unité
Énergie d'exploitation des bâtiments privés		
Consommation totale		
Chaleur		
Gaz naturel	951 812	MWh
Mazout	557 920	MWh
Renouvelables	1 924	MWh
Bois	1 046	MWh
PAC	-	MWh
Chauffage à distance	73 080	MWh
Autres combustibles	1 886	MWh
Electricité	453 711	MWh
Habitations individuelles		
Chaleur		
Gaz naturel	25 084	MWh
Mazout	15 797	MWh
Renouvelables	859	MWh
Bois	26	MWh
PAC	-	MWh
Chauffage à distance	-	MWh
Autres combustibles	759	MWh
Electricité	10 156	MWh
Logements collectifs		
Chaleur		
Gaz naturel	254 833	MWh
Mazout	205 456	MWh
Renouvelables	475	MWh
Bois	766	MWh
PAC	-	MWh
Chauffage à distance	38 084	MWh
Autres combustibles	5	MWh
Electricité	135 906	MWh
Équipements collectifs		
Chaleur		
Gaz naturel	41 154	MWh
Mazout	17 291	MWh
Renouvelables	364	MWh
Bois	87	MWh
PAC	-	MWh
Chauffage à distance	-	MWh
Autres combustibles	-	MWh
Electricité	-	MWh
Artisanat, industrie et gros consommateurs		
Chaleur		
Gaz naturel	214 022	MWh
Mazout	67 706	MWh
Renouvelables	100	MWh
Bois	-	MWh
PAC	-	MWh
Chauffage à distance	27 664	MWh
Autres combustibles	-	MWh
Electricité	-	MWh
Mixte		
Chaleur		
Gaz naturel	413 526	MWh
Mazout	250 954	MWh
Renouvelables	2	MWh
Bois	167	MWh
PAC	-	MWh
Chauffage à distance	822	MWh
Autres combustibles	99	MWh
Electricité	288 180	MWh
Autres bâtiments		
Chaleur		
Gaz naturel	3 193	MWh
Mazout	716	MWh
Renouvelables	124	MWh
Bois	-	MWh
PAC	-	MWh
Chauffage à distance	6 510	MWh
Autres combustibles	1 023	MWh
Electricité	19 469	MWh