

Bilan des émissions de gaz à effet de serre de Lausanne

Préparé par:

Thibault Tribolet (Quantis) • Denis Bochatay (Quantis)

Pour:



Ville de Lausanne

Contact:

Denis Bochatay
Senior Sustainability Consultant
denis.bochatay@quantis-intl.com

Thibault Tribolet
Sustainability Consultant
Thibault.tribolet@quantis-intl.com

Information

Projet Bilan des émissions de gaz à effet de serre de Lausanne

Client Ville de Lausanne

Version 1.2
26.10.2020

Équipe projet Denis Bochatay (denis.bochatay@quantis-intl.com) - Chef de projet
Thibault Tribolet (thibault.tribolet@quantis-intl.com) - Analyste
Sébastien Humbert (sebastien.humbert@quantis-intl.com) - Contrôle qualité

Contact client Anne Roches (anne.roches@lausanne.ch) - Cheffe de projet du plan climat pour le Ville de Lausanne

Table des matières

Définitions	4
Acronymes	5
Résumé exécutif	6
1. Introduction	9
1.1. Contexte.....	9
1.2. Objectif du projet.....	9
1.3. Périmètre du projet.....	9
2. Méthodologie.....	11
2.1. Cadre méthodologique	11
2.2. Gaz à effet de serre.....	12
2.3. Structure des bilans	13
2.4. Bases de données.....	16
3. Réalisation des bilans	18
3.1. Émissions de GES de Lausanne	18
3.2. Émissions de GES de l'administration communale	23
3.3. Qualité et disponibilité des données	26
4. Résultats.....	28
4.1. Émissions de GES de Lausanne	28
4.2. Émissions de gaz à effet de serre de l'administration communale.....	32
5. Conclusion.....	34
5.1. Limites et amélioration de l'étude	34
5.2. Implications de l'étude.....	34
6. Annexes.....	36
6.1. Annexe A : tableau désagrégé des facteurs d'émissions de GES pour les combustibles et carburants 36	
6.2. Annexe B : Émissions de GES de Lausanne – graphiques.....	37
6.3. Annexe C : Émissions de GES de l'administration communale - graphiques.....	38
6.4. Annexe D : GHG Protocol, scopes et catégories.....	39

Définitions

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

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

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

Émissions directes : les émissions directes sont celles produites par un processus émettant des gaz à effet de serre. 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 pour produire l'acier dans l'aciérie. Cette notion est parfois appelée énergie grise.

Énergie stationnaire : l'énergie stationnaire est la quantité d'énergie utilisée pour chauffer ou refroidir des bâtiments, ainsi que l'eau chaude sanitaire. Le chauffage peut être alimenté par différents combustibles. On oppose l'énergie stationnaire et l'énergie provenant de carburants et utilisée dans les différents moyens de transport.

Facteur d'émission : le facteur d'émission est la 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.).

Gaz à effet de serre (GES) : les gaz à effet de serre sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et le redistribuent. 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 hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC) ainsi que l'hexafluorure de soufre (SF₆).

Acronymes

AR5	5e rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2014
CFC	Chlorofluorocarbure
CH ₄	Méthane
CO ₂	Dioxyde de carbone
ecoinvent	Base de données d'inventaire de cycle de vie
DEFRA	UK Department for Environment, Food & Rural Affairs
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HFC	Hydrofluorocarbure
kWh	Kilowattheure
LULUC	Land-use, land-use change : Changement d'utilisation des sols
MRMT	Microrecensement mobilité et transports
MWh	Mégawattheure
NFI	Inventaire national des forêts (National Forest Inventory)
NIR	National Inventory Report (Inventaire suisse des gaz à effet de serre)
N ₂ O	Protoxyde d'azote, oxyde nitreux, 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
SALV	Service des achats de la Ville de Lausanne
SF ₆	Hexafluorure de soufre
SIL	Services industriels de Lausanne
TL	Transports publics lausannois
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WFLDB	World Food LCA Database

Résumé exécutif

Contexte

A l'image du Canton de Vaud et d'autres collectivités en Suisse, la Ville de Lausanne a décidé de développer une stratégie climatique. A cet effet, elle entend élaborer un plan climat communal. L'objectif de cette politique transversale sera de mieux coordonner et de renforcer les actions à mettre en œuvre sur le plan communal, tant en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre que d'adaptation aux changements climatiques.

Le bilan des émissions de GES de Lausanne, objet de la présente étude, a pour objectif d'inventorier les émissions de gaz à effet de serre (GES) de Lausanne pour l'année de référence 2019. Il constitue un élément de base de la future politique climatique lausannoise, en particulier pour définir les objectifs de réduction et suggérer des axes d'action et servira de pierre angulaire pour développer des actions de réduction des émissions.

Méthodologie

Le projet est divisé en deux bilans distincts, couvrant des périmètres différents mais complémentaires :

- Bilan GES de Lausanne (ou commune de Lausanne)
- Bilan GES de l'administration communale (ou Ville de Lausanne)

Pour ces deux entités (commune de Lausanne et administration communale), la Ville de Lausanne a souhaité disposer d'une vision holistique, couvrant l'ensemble des émissions imputables à ces entités, y compris les GES émis en dehors du périmètre géographique lausannois. La structure du bilan GES de Lausanne et celle du bilan GES de l'administration sont issues des cadres méthodologiques retenus (*GHG Protocol Community-Scale* et *GHG Protocol Organisation*). Quelques adaptations sont toutefois apportées à des fins de simplification et par souci d'alignement avec d'autres reporting internes à Lausanne.

Les différentes sources d'émissions ont été réparties par catégorie, sous-catégorie et par scope. Les émissions du bilan de l'administration communale sont identifiées spécifiquement dans le bilan de Lausanne là où cela est possible. Cet effort a permis de limiter au maximum les risques de double-comptage. Par exemple, les émissions de GES liées au chauffage des bâtiments de l'administration sont une sous-catégorie du bilan carbone total de Lausanne.

En Suisse, trois gaz constituent plus de 95% de l'effet de serre d'origine anthropique, à savoir le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Ces trois gaz sont inclus par défaut dans le bilan.

Principaux résultats

Bilan des GES de Lausanne

Les émissions totales pour le bilan des GES de Lausanne atteignent plus de 2 millions de t CO₂-eq, soit 13.9 t CO₂-eq par habitant¹. Les principales catégories sont la consommation (52%), les transports et la mobilité (23%) ainsi que l'énergie stationnaire (16 %).

La répartition par catégorie est disponible sur la **Figure 4** ci-dessous.

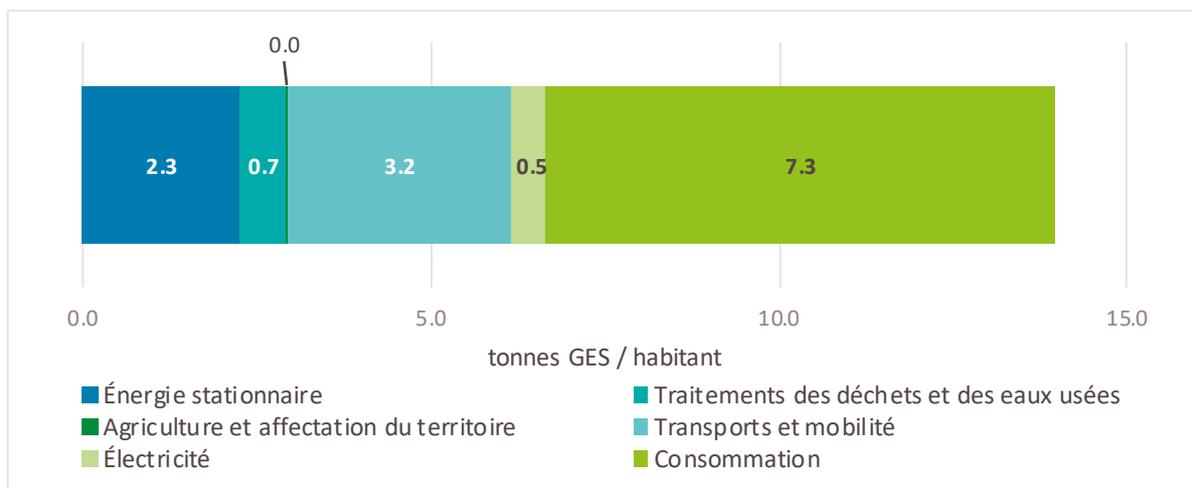


FIGURE 1: ÉMISSIONS DE GES DE LA VILLE DE LAUSANNE EN 2019 PAR HABITANT, TOUS SCOPES CONFONDUS

Les émissions sont réparties de la façon suivante :

- Moins de 25% sont des émissions directes, émises sur le territoire communal ;
- Plus de 75% sont des émissions indirectes, induites par les activités de la commune et de ses habitants mais qui sont produites hors du territoire lausannois.

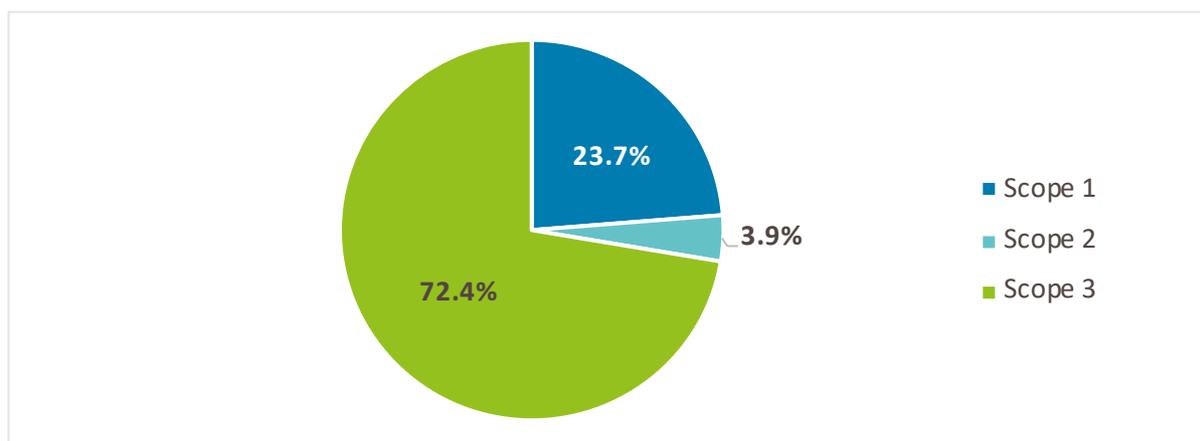


FIGURE 2: POURCENTAGE DES ÉMISSIONS DE GES DE LAUSANNE PAR SCOPE

¹ Attention, une partie des émissions est causée par des acteurs externes, et notamment par les pendulaires travaillant à Lausanne.

Bilan des GES de l'administration communale

Les émissions totales de GES de l'administration et de ses activités atteignent près de 130'000 tonnes de CO₂-eq par année. Cela représente plus de 6% des émissions totales à Lausanne sur l'année 2019 et équivaut à près de 0.9 tonnes de CO₂-eq par année et par habitant. Les émissions de l'administration par scope et catégories sont présentées dans la **Figure 3**.

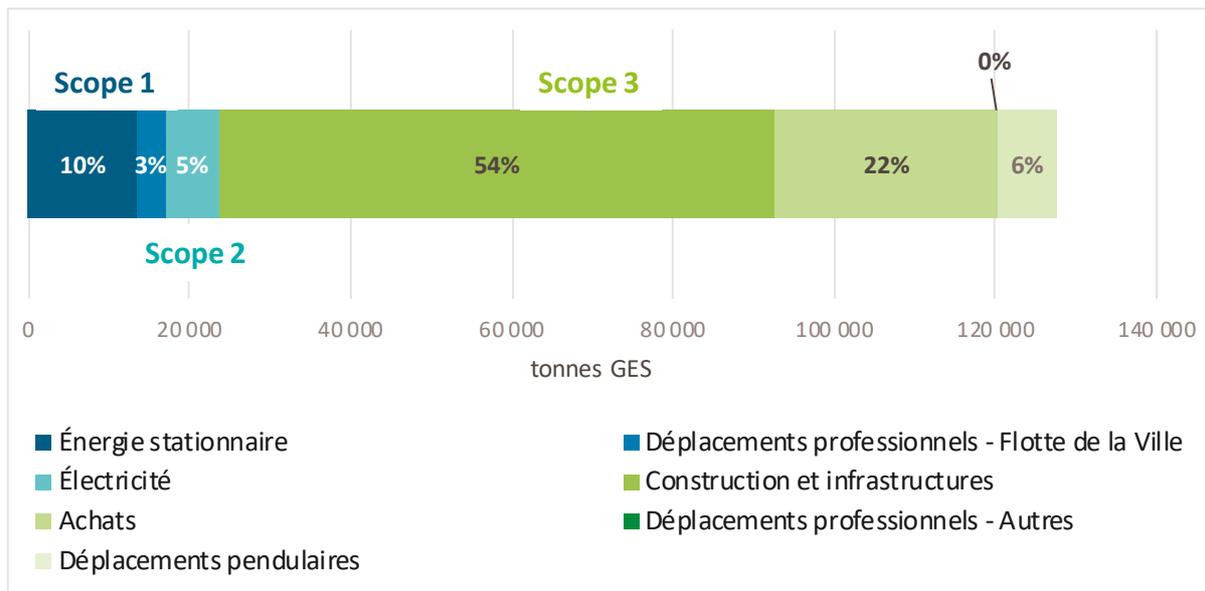


FIGURE 3: ÉMISSIONS DE GES DE L'ADMINISTRATION PAR CATÉGORIE

Conclusion

Les données à disposition ont permis de réaliser les deux bilans de gaz à effet de serre, sur le périmètre de l'administration communale comme sur le périmètre de Lausanne dans son ensemble. Les résultats présentés offrent une excellente base sur laquelle le plan climat lausannois peut être développé. En effet, Ces deux bilans servent de point de départ fiable pour une priorisation des mesures de réduction afin d'atteindre les objectifs locaux et contribuer aux objectifs globaux. En termes de résultats, les émissions de gaz à effet de serre sont conformes aux valeurs publiées par d'autres collectivités publiques, cantonales ou nationales notamment. Avec près de 14 tonnes de CO₂-eq par habitant et par an, dont un peu moins de 3.5 tonnes émises à l'intérieur du périmètre communal, l'effort de réduction à consentir est très important. En effet, une réduction drastique des émissions par habitant est nécessaire si les objectifs de réduction des émissions de GES de la Confédération devaient être atteints. La conformité avec les objectifs des accords de Paris (maintenir le réchauffement global sous les 1.5°C) et l'objectif de neutralité climatique de la Suisse² sur le long terme exigent même de réduire les émissions des Suisses à 1 tonne de GES par habitant et par an.

² OFEV (2015), *La politique climatique suisse - Mise en œuvre de l'Accord de Paris*

1. Introduction

1.1. Contexte

A l'image du Canton de Vaud et d'autres collectivités en Suisse, la Ville de Lausanne a décidé de développer une stratégie climatique. A cet effet, elle entend élaborer un plan climat communal. L'objectif de cette politique transversale sera de mieux coordonner et de renforcer les actions à mettre en œuvre sur le plan communal, tant en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre que d'adaptation aux changements climatiques.

Le bilan des émissions de GES de Lausanne est un élément de base de la future politique climatique lausannoise, en particulier pour définir les objectifs de réduction et suggérer des axes d'action. Il constitue en outre la pierre angulaire pour développer des actions de réduction des émissions et est l'objet de la présente étude.

1.2. Objectif du projet

L'objectif principal est d'inventorier les émissions de gaz à effet de serre (GES) de Lausanne pour l'année de référence 2019.

L'objectif secondaire consiste en la mise à jour à intervalle régulier et le suivi des émissions de gaz à effet de serre en :

- Documentant les choix méthodologiques ;
- Identifiant et qualifiant les données nécessaires au projet

1.3. Périmètre du projet

Le projet est divisé en deux bilans distincts, couvrant des périmètres différents mais complémentaires :

- **Bilan GES de Lausanne** (ou commune de Lausanne). Il s'agit ici des émissions de l'entité territoriale de la commune de Lausanne, incluant l'autorité publique, les particuliers et les entreprises résidentes. Le contrôle des pouvoirs publics sur ces émissions est variable, dépendant du secteur concerné. Les émissions directes produites sur le territoire communal, les émissions exportées (par l'importation de biens de consommation) ainsi que les émissions produites à l'extérieur du territoire communal mais résultant directement des activités de la commune sont considérées ;

- **Bilan GES de l'administration communale** (ou Ville de Lausanne). Il s'agit ici des émissions de l'administration publique lausannoise, considérée comme une organisation. Le contrôle des pouvoirs publics sur ces émissions est très élevé. De plus, l'exemplarité de l'administration lors de la mise en place d'une politique climatique est cruciale afin d'atteindre les objectifs fixés. A de rares exceptions près décrites ci-après, les émissions de GES de l'administration communale sont incluses dans le bilan GES de Lausanne.

Pour ces deux entités (commune de Lausanne et administration communale), la Ville de Lausanne a souhaité disposer d'une vision holistique, couvrant l'ensemble des émissions imputables à ces entités, y compris les GES émis en dehors du périmètre géographique lausannois. La **Figure 4** ci-dessous présente les périmètres, leur complémentarité ainsi que leurs différences. Elle démontre également la séparation entre les émissions territoriales dites « directes » et les émissions produites à l'extérieur du territoire communal, dites « indirectes ».

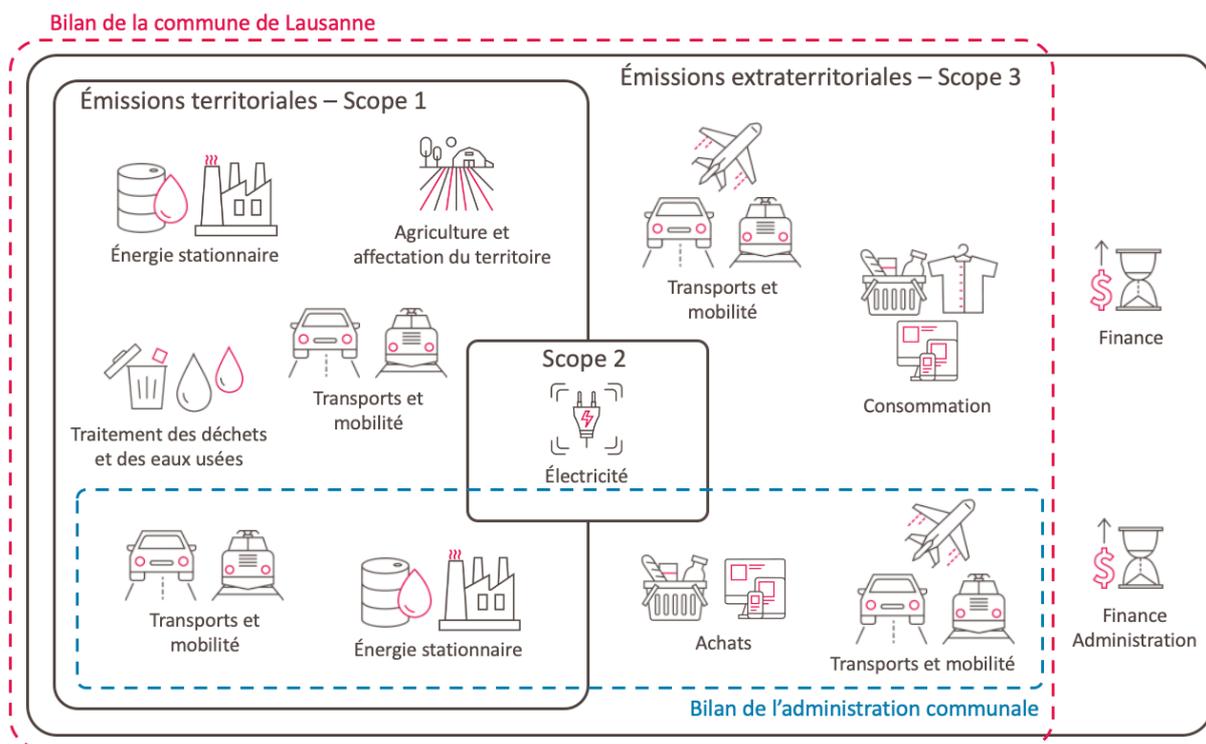


FIGURE 4 : PRÉSENTATION DES DEUX PÉRIMÈTRES DU PROJET AINSI QUE LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES INCLUSES.

2. Méthodologie

2.1. Cadre méthodologique

Le double périmètre du projet (commune de Lausanne + administration communale) ainsi que la volonté de couvrir l'ensemble des émissions imputables aux différentes populations concernées sont à l'origine du choix du cadre méthodologique proposé par le *GHG Protocol*.

En effet, le *GHG Protocol* a l'avantage de proposer deux versions complémentaires et alignées permettant de répondre aux deux périmètres distincts du projet :

- Le *GHG Protocol Organisation*, décrit la structure de l'empreinte carbone d'une organisation privée ou publique. Comme présenté sur la [Figure 4](#) qui résume le périmètre du projet, le *GHG Protocol* a popularisé la notion des 3 *scopes*, à savoir le *scope 1* pour les émissions directes (issues principalement de la combustion d'énergies fossiles dans les bâtiments, machines et véhicules appartenant à l'organisation), le *scope 2* pour la consommation d'électricité, et le *scope 3* pour toutes les émissions indirectes qui ont lieu en amont ou en aval des activités directes de l'organisation, par exemple l'énergie grise contenue dans les achats effectués par l'organisation ;
- Le *GHG Protocol Community-Scale* est quant à lui dédié aux entités territoriales telles que pays, cantons ou villes. Il convient toutefois de noter une différence majeure avec le *reporting* que la Confédération réalise et transmet aux Nations-Unies (*National Inventory Report*, ou NIR³). Si le NIR ne mesure que les GES émis à l'intérieur des frontières nationales, le *GHG Protocol Community-Scale* permet également d'intégrer les émissions causées par l'entité territoriale en question mais produites en dehors des frontières géographiques de cette dernière. Le terme « d'approche causale », par opposition à « l'approche territoriale », est parfois utilisé. A titre d'information, un pays tel que la Suisse, dont l'économie repose essentiellement sur les services et non pas sur le secteur primaire et secondaire, produit une minorité de ses émissions de GES à l'intérieur des frontières nationales, le solde des émissions étant exporté.

Le *GHG Protocol* liste l'ensemble des principes méthodologiques suivants :

- Pertinent : le bilan doit refléter les émissions de GES de façon utile, afin de guider la prise de décision en matière climatique ;
- Complet : le bilan doit couvrir l'ensemble des sources d'émissions liées aux activités considérées. D'éventuelles exceptions doivent être présentées et justifiées ;

³ OFEV (2020), *Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2018, National Inventory Report*

- Cohérent : 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 ;
- Transparent : le bilan doit faire preuve de transparence sur les données utilisées, les hypothèses effectuées et les choix méthodologiques ;
- Précis : 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 de l'impact climatique des personnes et activités du territoire lausannois, respectivement de l'administration communale. Cette approche, de type analyse de cycle de vie, fournit ainsi une empreinte carbone totale de Lausanne et de son administration.

Cette méthodologie nécessite de nombreuses données d'entrée. Certaines sont facilement accessibles, d'autres requièrent un travail de collecte important et d'autres encore ne sont tout simplement pas disponibles. Un certain pragmatisme a donc dû être appliqué pour la récolte de données. L'effort nécessaire pour accroître la précision des résultats par une collecte de données très extensive 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, pour lesquelles une extrapolation des émissions suisses est satisfaisante en première approximation. Le présent rapport liste les hypothèses et la qualité des données utilisées au [chapitre 3.3](#).

2.2. Gaz à effet de serre

2.2.1. Gaz à effet de serre inclus dans le bilan

En Suisse, trois gaz constituent plus de 95% de l'effet de serre d'origine anthropique, à savoir le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Ces gaz sont inclus par défaut dans le bilan.

Toutefois, d'autres familles de gaz fluorés sont incluses 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. A notre connaissance, il n'y a pas d'industrie située à Lausanne utilisant ces gaz dans leurs processus industriels. Il est donc vraisemblable que la contribution de ces gaz soit sensiblement inférieure à Lausanne qu'en Suisse, et donc bien inférieure à 5%.

Les résultats de cette étude sont proposés en CO₂-eq (CO₂-équivalent). Cela signifie que les émissions de chaque gaz, dont le potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG₁₀₀) intrinsèque diffère, sont rapportées en CO₂-eq. Les différents PRG₁₀₀ des gaz inclus dans le bilan sont résumés dans le [Tableau 1](#) ci-dessous.

Gaz à effet de serre	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, digestion
CH ₄ fossile	36	Agriculture (fertilisation), biomasse, déchets, fuites de gaz
CH ₄ biogénique	34	Biogaz, fermentation entérique
N ₂ O	298	Agriculture (fertilisation)
HFCs	Variable	Gaz synthétiques (réfrigération, isolation, autres applications industrielles)
PFCs	Variable	
NF ₃	17'200	
SF ₆	22'800	

TABLEAU 1: PRG 100 DES PRINCIPAUX GAZ À EFFET DE SERRE. 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 PRG₁₀₀ ONT ÉVOLUÉ EN FONCTION DE L'ÉTAT DES CONNAISSANCES DE LA SCIENCE. LES VALEURS DE LA DERNIÈRE VERSION DU RAPPORT DU GIEC SONT UTILISÉES DANS CE RAPPORT EN INCLUANT LE CARBON-CLIMATE FEEDBACK EFFECT (IPCC 2013)⁴.

Les émissions de CO₂ biogéniques, par exemple par la combustion de la biomasse, ne sont par convention pas incluses dans le bilan total. Il s'agit en effet de cycles d'émission-absorption courts du carbone, sans impact climatique à long terme. Le PRG₁₀₀ est considéré comme nul.

En revanche, les changements d'affectation du sol, par exemple la croissance de la forêt ou la diminution de la surface forestière ou agricole, sont susceptibles d'avoir des effets à long terme sur le cycle du carbone. Ces effets sont capturés dans le bilan.

2.3. Structure des bilans

La structure du bilan GES de Lausanne et celle du bilan GES de l'administration sont issues des cadres méthodologiques retenus (*GHG Protocol Community-Scale* et *GHG Protocol Organisation*). Quelques adaptations sont toutefois apportées à des fins de simplification et par souci d'alignement avec d'autres reporting internes à Lausanne.

2.3.1. Bilan GES de Lausanne

Deux catégorisations différentes ont été réalisées :

⁴ 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*, 1535.

1. **Par catégorie d'émissions** : le bilan est séparé en différentes catégories représentant les principaux postes d'émissions de la commune de Lausanne. Ces catégories sont résumées dans le **Tableau 1** ci-dessous ;
2. **Par scope** : les émissions de GES sont réparties dans les trois *scopes* du *GHG Protocol Community-Scale*. Le *scope 1* représente les émissions directes ou territoriales ; le *scope 2* représente les émissions liées à la consommation d'électricité ; le *scope 3* capture les émissions indirectes (GES émis en dehors du territoire lausannois). Cela permet de différencier les émissions produites sur le territoire lausannois des émissions exportées, émises en dehors du périmètre de la commune, mais qui sont une conséquence directe des activités et modes de vie de cette dernière. La répartition des catégories par scope est présentée dans le **Tableau 3** ci-dessous.

Les émissions du bilan de l'administration communale sont identifiées spécifiquement dans le bilan de Lausanne là où cela est possible. Cet effort a permis de limiter au maximum les risques de double-comptage. Par exemple, les émissions de GES liées au chauffage des bâtiments de l'administration sont une sous-catégorie du bilan carbone total de Lausanne.

Catégorie	Sous-catégorie
Énergie stationnaire	Ménages et commerces
	Industrie et grands consommateurs
	Administration
	Fuites de méthane
Électricité	Ménages et commerces
	Industrie et grands consommateurs
	Administration
Transports et mobilité	Transport terrestre - transports individuels motorisés (TIM)
	Transport terrestre - transports publics (TP)
	Transport lacustre
	Transport aérien
	Transport offroad - chantiers et agriculture
Déchets et eaux usées	Administration
	Incinération des déchets
Agriculture et affectation du territoire	Traitement des eaux usées
	Affectation du sol et du territoire
Consommation	Agriculture, bétail et pratiques agricoles
	Biens et services
	Alimentation et boissons
	Numérique (ICT)
	Construction et infrastructure - privé
	Construction et infrastructure - administration
	Achats - administration
<i>Investissements de la population</i>	

TABLEAU 2: CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES INCLUSES DANS LE BILAN DES GES DE LAUSANNE. LES IMPACTS LIÉS AUX INVESTISSEMENTS (EN ITALIQUE) ONT ÉTÉ ESTIMÉS À TITRE INDICATIF MAIS NE SONT PAS INTÉGRÉS DANS LE BILAN DES GES

Scope	Catégorie
Scope 1	Énergie stationnaire - combustion
	Transports et mobilité - intra-lausannoise
	Transports et mobilité - administration
	Traitements des déchets et des eaux usées
	Agriculture et affectation du territoire
Scope 2	Électricité
	Transports et mobilité – électrique
Scope 3	Énergie stationnaire - production
	Transports et mobilité - extra-lausannoise
	Transports et mobilité - administration
	Consommation des habitants
	Construction et infrastructure - privé
	Construction et infrastructure - administration
	Achats - administration

TABLEAU 3 : RÉPARTITION DES POSTES DU BILAN PAR SCOPES SELON LE GHG PROTOCOL COMMUNITY-SCALE

2.3.2. Bilan GES de l'administration communale

Les GES émis par l'activité de l'administration communale sont inspirés des catégories et des scopes proposés par le *GHG Protocol Organisation*.

Scope	Catégorie
Scope 1	Chauffage des bâtiments communaux (émissions directes + indirectes)
	Flotte de véhicules municipaux (émissions directes + indirectes)
Scope 2	Électricité consommée dans les bâtiments communaux
	Électricité consommée par l'éclairage public
	Autres installations et équipements communaux
Scope 3	Achats de biens et de services (Catégorie 1)
	Construction et infrastructures (Catégorie 2)
	Déplacements professionnels - hors flotte municipale (Catégorie 6)
	Déplacements pendulaires (Catégorie 7)
	<i>Investissements CPCL (Catégories 15)</i>

TABLEAU 4: SCOPES ET CATÉGORIES DU BILAN DES GES DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE DE LAUSANNE. LES NUMÉROS DE CATÉGORIES FONT RÉFÉRENCE AUX 15 CATÉGORIES DU SCOPE 3 PROPOSÉES PAR LE *GHG PROTOCOL*. LES IMPACTS LIÉS AUX INVESTISSEMENTS (EN ITALIQUE) ONT ÉTÉ ESTIMÉS À TITRE INDICATIF MAIS NE SONT PAS INTÉGRÉS DANS LE BILAN DES GES

Toutes les catégories et scopes du *GHG Protocol Organisation* sont disponibles en [Annexe D](#). L'absence de certaines catégories du *scope 3* du *GHG Protocol Organisation* du [Tableau 4](#) s'explique pour les raisons suivantes :

- Cat. 3 : émissions indirectes de la consommation d'énergie. Pour des raisons de simplification, cette catégorie est directement intégrée dans les catégories *ad hoc* du *scope 1* et du *scope 2* pour le bilan des GES de l'administration communale ;

- Cat. 4 et 9 : transport de fret pour les marchandises achetées ou vendues par l'administration. Catégorie exclue en raison de l'absence de données. À noter qu'une partie des émissions liées au transport des marchandises est intégrée dans la catégorie « Achats de biens et de services » ;
- Cat. 5 : génération de déchets par l'administration. Catégorie exclue, en raison de leur faible impact. À noter que ces émissions sont incluses dans le bilan de Lausanne ;
- Cat. 8 et 13 : consommation d'énergie des bâtiments loués à des tiers. Par soucis de simplification, ces émissions sont intégrées aux catégories *ad hoc* des *scopes* 1 et 2 ;
- Cat. 11 : utilisation de produits vendus. L'administration communale est grande exportatrice de gaz naturel pour plusieurs autres communes de la région et l'impact de ces exports est conséquent. Toutefois, les émissions liées à la combustion de ces exports de gaz ne sont pas incluses dans le bilan de l'administration et devraient apparaître au scope 1 des communes consommatrices. La Ville de Lausanne exporte annuellement plus de 1382 GWh de gaz naturel, représentant près de 400'000 tonnes de GES ;
- Cat. 12 : fin de vie des produits vendus. Exclu, la Ville de Lausanne ne vendant que peu de produits générant des impacts en fin de vie.

2.4. Bases de données

Différentes bases de données ont été utilisées pour réunir l'ensemble des facteurs d'émission nécessaires au projet.

La base de données principale est ecoinvent v3.6⁵, base de données de référence dans le domaine des analyses de cycle de vie, développée principalement par les institutions suisses du domaine des EPF.

La base de données du DEFRA⁶ a été utilisée pour les facteurs d'émission du transport aérien. Ils sont en effet plus précis, car 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 ces facteurs d'émission prennent en compte le *radiative forcing*, à savoir les effets climatiques supplémentaires pour les gaz à effet de serre émis à haute altitude.

Pour certaines catégories, les facteurs d'émission du NIR 2020 ont été utilisés et adaptés pour la commune de Lausanne. Les émissions lausannoises ont alors été déduites des émissions totales suisses à l'aide de ratios (par habitant, par surface, ...).

⁵ Plus d'info sous : www.ecoinvent.org

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

2.4.1. Carburants et combustibles

Le tableau ci-dessous présente les facteurs d'émission des combustibles et des carburants, de façon agrégée. Un tableau désagrégé est fourni dans l'**Annexe A**, présentant la distinction entre les émissions directes (combustion) et les émissions indirectes (production et transport).

Les facteurs d'émission pour la combustion proviennent de l'OFEN (2019)⁷ et sont ceux utilisés notamment dans le NIR. Les facteurs d'émission pour les émissions indirectes sont issus de la base de données ecoinvent 3.6.

Le facteur d'émission pour le chauffage à distance (CàD) est calculé en fonction de sa composition. La composition du CàD pour 2019 a été fournie par les SIL. L'impact de la production de chaleur fournie par l'incinération des déchets sur le site de TRIDEL est alloué à l'incinération des déchets. Par conséquent, le facteur d'émission de la chaleur fournie par TRIDEL est considéré comme nul lors du calcul du facteur d'émission du réseau de CàD.

Carburants et combustibles	PCI (GJ/t)	Densité [t/m3]	Total [kg CO ₂ -eq/GJ]			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GES
Essence	42.6	0.737	91.2	1.8	0.2	93.2
Diesel	43	0.83	80.9	1.3	0.2	82.4
Gaz naturel	43	0.001	69.8	10.9	0.1	80.8
Kérosène	43.2	0.799	82.9	1.4	0.2	84.5
Mazout	43	0.839	83.7	1.4	0.2	85.4
Bois			9.3	1	1.1	10.4
CàD			19.6	3	0	19.9
Solaire			2.8	0	0.4	3.2

TABLEAU 5: POUVOIR CALORIFIQUE INFÉRIEUR, DENSITÉ ET FACTEURS D'ÉMISSIONS DE LA COMBUSTION ET DE LA PRODUCTION DES DIFFÉRENTS COMBUSTIBLES ET CARBURANTS.

2.4.2. Électricité

Deux sources différentes sont considérées pour la modélisation de l'électricité consommée à Lausanne. D'une part, l'électricité produite à partir de centrales dans lesquelles la Ville de Lausanne a une participation est modélisée à l'aide des facteurs d'émissions spécifiques correspondant aux technologies concernées. Il s'agit de l'usine hydro-électrique de Lavey, d'installations photovoltaïques, d'installations de micro-hydrauliques et de participations dans des éoliennes. Le solde, environ 50%, est acheté auprès d'autres centrales électriques. Pour celles-ci, le facteur d'émission considéré est celui du mix suisse de consommation publié par l'OFEV⁸. Le facteur d'émission résultant est de 112 g CO₂-eq/kWh.

⁷ OFEN 2019, fiche d'information. Facteurs d'émission de CO₂ selon l'inventaire des GES de la Suisse

⁸ Messmer et Frischknecht (2016), Umweltbilanz Strommix Schweiz 2014.

3. Réalisation des bilans

3.1. Émissions de GES de Lausanne

3.1.1. Énergie stationnaire

L'énergie stationnaire consiste en l'énergie utilisée pour le chauffage sur tout le territoire de la commune de Lausanne. Les systèmes de chauffage considérés sont les chaudières à mazout, les chaudières à gaz naturel, le réseau de chauffage à distance, les chauffages à bois ainsi que le chauffage par le biais de panneaux solaires thermiques. Les données de consommation pour l'année 2019 (en MWh) pour ces différents types de chauffage ont été fournies par les SIL. Les facteurs d'émissions utilisés sont détaillés au [chapitre 2.4.1](#). Les émissions de GES sont subdivisées en plusieurs sous-catégories afin de mieux comprendre et localiser les sources importantes d'émissions par acteur et ainsi prioriser des actions de réduction. Les sous-catégories sont les suivantes :

- Ménages et commerces : tous les bâtiments situés sur le territoire communal et n'appartenant ni à l'administration communale, ni à l'industrie ou aux grands consommateurs ;
- Industrie et grands consommateurs : tous les bâtiments répertoriés comme tel dans le monitoring effectué par les SIL dans le cadre de la Convention des Maires. Des différences avec les valeurs des grands consommateurs reportées au Canton peuvent être observées. L'affinage de cette donnée pour de futures itérations du bilan des GES serait nécessaire afin de s'assurer de la cohérence avec les données cantonales ;
- Administration : la consommation d'énergie pour les bâtiments appartenant à l'administration communale, telle qu'évaluée par les SIL dans le monitoring effectué pour la Convention des Maires ;
- Fuites de gaz : les fuites de gaz naturel (méthane) sur le réseau de gaz lausannois. Ces données sont approximées à partir du taux moyen suisse de perte par kilomètre de conduites.

3.1.2. Électricité

Cette catégorie comprend toutes les émissions liées à la consommation d'électricité sur le territoire lausannois. Les données de consommation électrique pour l'année 2019 (en MWh) ont été fournies par les SIL (monitoring de la Convention des Maires). La même déclinaison en sous-catégorie que pour l'énergie stationnaire est utilisée, à savoir :

- Ménages et commerces
- Industrie et grands consommateurs
- Administration

L'électricité consommée sur le territoire lausannois par les TL est allouée à la mobilité et n'est pas considérée dans cette catégorie.

3.1.3. Transports

Cette catégorie regroupe toute la mobilité induite par la commune de Lausanne, soit les habitants, les pendulaires et les visiteurs. La méthodologie dite de l'activité induite proposée par le *GHG Protocol - Community-scale* a été retenue. Cette méthode d'allocation est appliquée comme suit :

- 100% des trajets intra-lausannois sont alloués à la commune de Lausanne, à l'image des lignes de transports publics intégralement situées sur le territoire lausannois ;
- 50% de la distance des trajets ayant pour origine ou destination la commune de Lausanne sont alloués à Lausanne. Les trajets des pendulaires sont un exemple de ce cas de figure. La **Figure 5** résume cette allocation en fonction des trajets effectués.

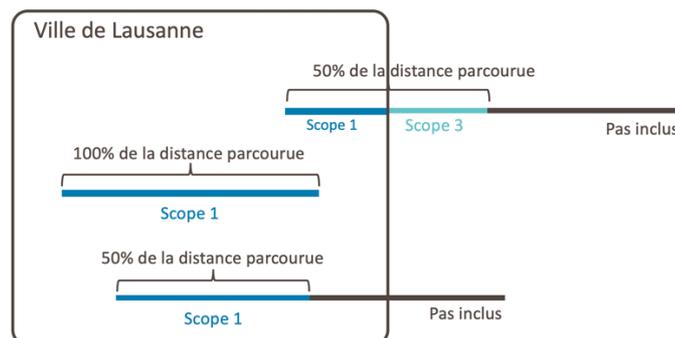


FIGURE 5: ALLOCATION DES ÉMISSIONS EN SUIVANT LA MÉTHODE DE L'ACTIVITÉ INDUITE (GHG PROTOCOL – COMMUNITY-SCALE)

La catégorie transports est divisée en sous-catégories comme suit :

- Transport terrestre – transports individuels motorisés (TIM)
- Transport terrestre – transports publics (CFF + TL)
- Transport lacustre
- Transport aérien
- Transport *offroad* – machines de chantiers et véhicules agricoles

Pour les transports individuels motorisés, plusieurs sources de données ont été utilisées afin de modéliser la mobilité lausannoise au plus proche de la réalité. La part modale ainsi que les distances moyennes effectuées par jour et par Lausannois pour le loisir et le tourisme sont issues de l'*Analyse du microrecensement mobilité et transports 2015* mandatée par l'État de Vaud. Les distances moyennes parcourues par les pendulaires suisses ont été calculées sur la base du relevé des pendulaires entrants et sortants de la commune, réalisés par l'OFS en 2014.

Les chiffres pour les pendulaires frontaliers proviennent de Statistique Vaud pour l'année 2019. Les relevés d'immatriculations suisses de l'OFS ont ensuite permis de décliner les kilomètres totaux parcourus par type de motorisation.

Pour les transports publics, deux sources de données principales ont été utilisées. Les TL disposent des données de consommation ainsi que du kilométrage de chaque ligne (intra et extra-lausannoise) pour l'année 2019. Les émissions liées à l'utilisation du train (CFF) ont été calculées sur la base du kilométrage total parcouru par les Lausannois et pour les pendulaires, rapportés à la part modale du train (OFS et Microrecensement Vaudois 2015).

Le transport lacustre regroupe les émissions liées aux activités de la CGN au départ et à destination de Lausanne. Les lignes N1 et N2 reliant Lausanne à la France ainsi que la part des lignes touristiques (montées et descentes) passant par le port d'Ouchy sont considérées. 50% des émissions provenant de ces lignes sont allouées à la commune de Lausanne, conformément à la recommandation méthodologique du *GHG Protocol*. Les données de consommation, de kilométrage et de fréquentation ont directement été fournies par la CGN.

Le transport aérien inclut l'aéroport et l'héliport de la Blécherette d'une part, ainsi que les trajets annuels des Lausannois à des fins touristiques et professionnelles au départ d'aéroports internationaux. Pour la Blécherette, les données sont transmises par Statistique Vaud. Concernant les vols touristiques des Lausannois, la moyenne nationale de près de 9000 kilomètres par année et par habitant fournie par le microrecensement national a été retenue.

Finalement, le transport *offroad* recense les émissions liées aux machines de chantiers, aux tracteurs et autres véhicules dits *offroad*. Une approche top-down des valeurs suisses du NIR 2020 a été appliquée pour cette catégorie.

3.1.4. Déchets et eaux usées

Cette catégorie regroupe les émissions de GES liées à l'incinération des déchets à l'usine TRIDEL ainsi qu'au traitement des eaux usées lausannoises à la station d'épuration EPURA.

Pour l'incinération des déchets, le poids des déchets incinérés (en tonnes) a été fourni par le rapport d'activité de l'année 2019 de TRIDEL. La totalité des déchets incinérés à TRIDEL ont été alloués à la commune de Lausanne, y compris les déchets provenant d'autres communes alentours. Ce choix se justifie de la façon suivante : d'une part, les émissions sont situées sur le territoire lausannois ; d'autre part, la valorisation sous forme de chaleur de l'incinération des déchets alimente le réseau de chauffage à distance exclusivement lausannois. Pour rappel, les émissions de l'incinération sont considérées dans le secteur déchets et non pas dans le secteur énergie. Le facteur d'émission par tonne de déchets incinérés a été fourni par l'OFEV⁹ et correspond à celui utilisé dans le NIR 2020.

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

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 ont été fournis par le rapport d'activité 2019 d'EPURA. Les facteurs d'émission pour les différentes étapes de traitement des eaux sont également issus du NIR 2020. Comme pour TRIDEL, l'entier des émissions liées aux activités de la station d'épuration ont été allouées à la Ville de Lausanne sur la base du volume d'eau total traité mécaniquement, biologiquement et chimiquement. Par conséquent, les émissions liées aux eaux traitées d'autres communes ont également été prises en compte dans le calcul, comme suggéré par le *GHG Protocol*, les émissions ayant effectivement lieu sur le territoire communal.

3.1.5. Agriculture et affectation du territoire

Les émissions territoriales de GES liées à l'agriculture comprennent celles liées aux pratiques agricoles (application de fertilisants, etc...) ainsi que les émissions liées au bétail (fermentation entérique, fumier et lisier). Les émissions lausannoises ont été extrapolées à partir des émissions totales nationales du NIR et allouées à la commune proportionnellement à la surface agricole lausannoise et au cheptel lausannois respectivement.

La capture de carbone par les surfaces forestières et agricoles sises sur le territoire communal a également été considérée. Les terrains forestiers et agricoles appartenant à la Ville de Lausanne mais situés hors du périmètre de la commune n'ont pas été considérés. Les données nationales du NIR 2020 ont été régionalisées à la commune de Lausanne par le biais du ratio de la surface forestière et agricole lausannoise par rapport à la surface forestière et agricole suisse. À noter que la capture de CO₂ est considérée après une période de stockage de 100 ans. En dessous de cette durée, le cycle est trop court pour être considéré comme stockage effectif. Par conséquent, les valeurs de stockage par hectare ont été réparties sur une durée de 100 ans avec une valeur représentant 1% de la valeur utilisée par le NIR pour 2019.

3.1.6. Consommation

Finalement, la consommation de biens et de services importés par les habitants et les entreprises a également été considérée. Il s'agit d'émissions que les Lausannois « exportent ». Cette catégorie est divisée en quatre sous-catégories :

- Biens et services
- Alimentation et boissons
- Numérique (ICT)
- Construction et infrastructure
- *Investissements et finance*

Les données sur la consommation de biens et de services ont été extrapolées à partir des données nationales fournies par l’OFEV¹⁰. Ce rapport met à disposition les émissions de GES liées à la consommation de biens et de services en Suisse. Des valeurs nationales par catégorie (habits et chaussures, santé, loisirs et culture, biens et services divers ainsi que restaurants et hôtels) sont disponibles. Les émissions totales par habitant ont ensuite été rapportées à la population résidente lausannoise. L’incertitude relative aux données de consommation est importante. En effet, les données nationales sont issues d’études macro-économiques dont l’utilisation pour cet usage est imprécise et pour lesquelles des différences avec les habitudes de consommation à Lausanne peuvent exister. Par ailleurs, un risque de double-comptage avec d’autres catégories du bilan ne peut pas être exclu.

Concernant l’alimentation, les émissions de GES ont été estimées sur la base du nombre de repas consommés annuellement sur le territoire lausannois. Pour ce faire, il a été considéré que les habitants lausannois mangent deux repas par jour à Lausanne (matin et soir). Pour le nombre de repas consommés à midi, les habitants restant sur sol lausannois, les pendulaires et les étudiants entrants ont été considérés. La part végétarienne/non-végétarienne ainsi que le type de repas (repas complet, déjeuner ou sandwich) ont été estimés par Quantis, faute de données disponibles. Les facteurs d’émissions pour les repas végétariens et non-végétariens proviennent de *World Food LCA Database*¹¹ (WFLDB). Pour les boissons, la moyenne suisse de 0.4 tonnes par habitant et par année a été rapporté à la population lausannoise journalière (habitants, pendulaires et étudiants) selon une récente étude sur les impacts de la consommation de nourriture et de boisson en Suisse (Ernststoff et al, 2020)¹².

Pour les émissions de GES liées au numérique, le transfert de données mobiles et *wifi* ainsi que la consommation énergétique et électrique des *data centres* ont été approximés. Les facteurs d’émission pour le transfert de données et les *data centres* ainsi que la moyenne de consommation de données par habitant proviennent d’un projet interne à Quantis sur les impacts du numérique en Suisse. Cette catégorie présente un risque de double comptage si les *data centres* ou les antennes relais sont situées sur le territoire lausannois. En effet, la consommation électrique des antennes et des centres potentiellement situés sur sol lausannois sont déjà intégrées dans la catégorie *Électricité*.

Finalement, les émissions liées à la construction et aux infrastructures ont été basées sur des données de la Ville de Lausanne sur les investissements dans la construction sur l’année 2019 dans les domaines public et privé. Le facteur d’émission par million de CHF investi est indirectement dérivé de la base de données suisse *input/output* fournie par l’OFS. Les valeurs utilisées sont celles de 2005, corrigée des taux d’inflation moyen jusqu’en 2019.

¹⁰ OFEV (2020), *Indicateurs de l’évolution des émissions de gaz à effet de serre en Suisse, 1990–2018*.

¹¹ <https://quantis-intl.com/metrics/databases/wflldb-food/>

¹² Ernststoff, 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.

Même si les émissions liées aux investissements des Lausannois ont été considérées à part, elles restent néanmoins cruciales. La fortune moyenne suisse investie est tirée d'une étude de l'OFS¹³ et se monte à 250'000 CHF par habitant actif ou à la retraite. Les facteurs d'émission par million de CHF investis proviennent d'une étude mandatée par l'OFEV (2015)¹⁴. Deux types d'investissements ont été retenus : des investissements moyens dans l'économie mondiale ainsi qu'une part d'investissements « durables » ayant une plus faible empreinte carbone associée. La part exacte et la destination exacte des investissements de chaque Lausannois étant inconnue, des hypothèses ont été réalisées afin de quantifier les investissements classiques et les investissements dits durables. L'estimation d'un ratio de 90% d'investissements dans des fonds traditionnels et de 10% d'investissements dans des fonds durables a été retenue. Les émissions liées aux investissements ont été considérées à part du bilan des GES de Lausanne. En effet, la très forte incertitude qui y est liée ainsi que le fort risque de double comptage (lorsque l'argent est investi dans des biens ou des services déjà comptabilisés dans le bilan comme l'énergie, la construction, les biens de consommation, ...) justifient ce choix.

3.2. Émissions de GES de l'administration communale

3.2.1. Scope 1 : émissions directes

Les émissions liées à la consommation d'énergie pour les bâtiments appartenant à l'administration communale ont été calculées de la même manière que pour le bilan des GES de Lausanne. Les données de consommation pour l'année 2019 (en MWh) pour ces différents types de chauffage ont été fournies par les SIL (monitoring de la Convention des Maires).

Concernant les émissions liées à la flotte municipale de véhicules utilisée pour les déplacements professionnels, les émissions de GES ont été extrapolées à partir des données de consommations totales de diesel, biodiesel et essence par les véhicules de l'administration. Ces données ne prennent pas en compte les potentiels pleins effectués par des employés lors de déplacements et facturés sous forme de notes de frais. Cette catégorie est par conséquent légèrement sous-estimée.

¹³ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/themes-transversaux/mesure-bien-etre/tous-indicateurs/economie/fortune-menages.assetdetail.10487105.html>

¹⁴ OFEV (2015), *Risque carbone pour la place financière suisse - résumé*

3.2.2. Scope 2 : consommation d'électricité

Cette catégorie comprend toutes les émissions liées à la consommation d'électricité de l'administration communale. L'électricité consommée est répartie de la façon suivante :

- Bâtiments communaux
- Éclairage public
- Autres installations et équipement communaux

Les données de consommation électrique pour l'année 2019 (en MWh) ont été fournies par les SIL (monitoring de la Convention des Maires).

3.2.3. Scope 3 : émissions indirectes

Les achats de l'administration ont été modélisés à l'aide d'une approche financière. Cette approche s'impose dès que la quantité et surtout la diversité de biens achetés est importante, ce qui est le cas de l'administration lausannoise. Les biens et services achetés par la Ville sont catégorisés de façon à pouvoir utiliser la base de données financière suisse, dite *input/output*¹⁵. L'utilisation de base de données *input/output* permet d'allouer indirectement des émissions de GES par millions de francs de biens (ou de services) achetés en fonction de la nature du bien (ou du service) fourni. Les achats d'une valeur supérieure à 100'000 CHF par fournisseur ont été agrégés et catégorisés selon la base de données *input/output*. Cette méthode a permis de capturer plus de 60% des achats annuels de la Ville (hors construction et investissements qui sont capturés séparément), soit un montant total de près de 100 millions de CHF. Un facteur d'émission moyen par million de CHF dépensé a été appliqué aux 40% restants afin d'obtenir une bonne estimation des émissions totales liées aux achats de l'administration, soit pour un montant total de près de 180 millions de francs.

Les investissements réalisés par la Ville de Lausanne dans le domaine de la construction et des infrastructures sont également modélisés sur la base de données financières et de la base de données *input/output* fournie par l'OFS.

Pour les déplacements professionnels effectués avec des véhicules n'appartenant pas à la Ville de Lausanne, les données nécessaires ont été mises à disposition par le service du personnel. Les kilomètres parcourus en voiture Mobility ou en voiture de location ont été extrapolés sur la base de factures du prestataire. Pour les TP, les kilomètres parcourus ont été approximés sur la base du nombre de cartes Mobilis distribuées et utilisées par les collaborateurs de la Ville. Finalement, les dépenses totales pour des déplacements en train ont été utilisées afin de déterminer le nombre de kilomètres total parcourus, grâce au coût moyen du kilomètre.

¹⁵ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/economie-nationale/input-output.html>. À noter que les données de cette base de données, datant de 2005, sont adaptées et corrigées de l'inflation pour refléter plus précisément la valeur du franc 2019. La modélisation sur la base des données *input/output* est plus incertaine que la modélisation classique basée sur des données physiques (kg, L, km, etc.).

Concernant les déplacements pendulaires, les données fournies dans le Plan de Mobilité de la Ville de Lausanne ont été utilisées. Pour les collaborateurs dont le mode de transport n'était pas connu, la part modale ainsi que la distance moyenne journalière parcourue du microrecensement 2015 ont été utilisées afin d'estimer les distances annuelles parcourues par type de véhicule.

Finalement, les émissions de GES liées aux investissements de la CPCL ont été estimées à titre indicatif à l'aide des montants investis par type d'investissement. Seuls les investissements en actions suisses, en actions étrangères, en hedge funds et en placements privés ont été pris en compte. Les impacts des investissements dans l'immobilier sont en effet déjà capturés dans la catégorie « construction » du bilan de Lausanne et de l'administration. Finalement, les obligations n'ont pas été prises en compte par manque d'information sur l'impact de ce type d'investissement. Les facteurs d'émissions proviennent de la même source que pour la modélisation de la fortune investie par les Lausannois pour le bilan GES de Lausanne (OFEV, 2015)¹⁶.

¹⁶ OFEV (2015), *Risque carbone pour la place financière suisse - résumé*

3.3. Qualité et disponibilité des données

Le **Tableau 6** ci-dessous résume les différentes sources de données utilisées pour le bilan de GES de Lausanne ainsi que la qualité de ces données.

Scope	Catégorie	Source principale	Type de données	Qualité des données	Qualité de la méthode	Approche
Énergie stationnaire	Combustibles	Ville de Lausanne	Données primaires	++	+++	Bottom-Up
Électricité	Consommation d'électricité	Ville de Lausanne	Données primaires	++	+++	Bottom-Up
	Transport lacustre	CGN	Données primaires	+++	+++	Bottom-Up
	Transport terrestre - TP	TL – MRMT Vaud	Données primaires	+++	++	Bottom-Up
Mobilité	Transport terrestre - TIM	MRMT Vaud	Données primaires et secondaires	++	++	Bottom-Up
	Transport aérien	OFS	Données primaires et secondaires	++	++	Bottom-Up
	Transport offroad	NIR 2020	Données secondaires	++	++	Top-Down
Déchets	Incinération des déchets	TRIDEL	Données primaires	+++	++	Bottom-Up
	Traitement des eaux usées	STEP	Données primaires	+++	++	Bottom-Up
Agriculture et LULUC	Affectation du territoire	OFS Statistique Vaud	Données primaires	+++	++	Top-Down
	Agriculture, bétail et pratiques agricoles	NIR 2020 Union Suisse des Paysans	Données primaires et secondaires	++	+	Top-Down
Consommation	Biens et services	OFEV	Données secondaires	++	+	Top-Down
	Alimentation	WFLDB, Ernststoff et al. (2020)	Données secondaires	+	++	Bottom up/ Top-Down
	Numérique	Quantis, OFEN	Données secondaires	+	+	Top-Down
	Construction	Ville de Lausanne	Données secondaires	+	+	Bottom-Up

TABLEAU 6: ÉVALUATION DE LA DISPONIBILITÉ ET DE LA QUALITÉ DES DONNÉES ET DE LA MÉTHODE DE CALCUL APPLIQUÉE POUR CHAQUE CATÉGORIE ET SOUS-CATÉGORIE DU BILAN DES GES DE LAUSANNE.

Le **Tableau 7** ci-dessous résume les différentes sources de données utilisées pour le bilan des GES de l'administration communale ainsi que la qualité de ces données.

Catégorie	Sous-catégorie	Source principale	Type de données	Qualité des données	Qualité de la méthode	Approche
Scope 1	Combustibles	Ville de Lausanne	Données primaires	++	+++	Bottom-Up
	Flotte de véhicules municipaux	Ville de Lausanne	Données primaires	+++	+++	Bottom-Up
Scope 2	Électricité	Ville de Lausanne	Données primaires	++	+++	Bottom-Up
Scope 3	Achats (Cat. 1)	Ville de Lausanne Swiss I/O DB	Données primaires	+	+	Top-Down
	Construction (Cat. 2)	Ville de Lausanne Swiss I/O DB	Données secondaires	+	+	Bottom-Up
	Déplacements professionnels (Cat. 6)	Ville de Lausanne	Données primaires	+++	+++	Bottom-Up
	Déplacements pendulaires (Cat. 7)	OFS Statistique Vaud	Données primaires	++	++	Top-Down
	Investissements (Cat. 15)	Ville de Lausanne	Données primaires	++	+	Top-Down

TABLEAU 7: ÉVALUATION DE LA DISPONIBILITÉ ET DE LA QUALITÉ DES DONNÉES ET DE LA MÉTHODE DE CALCUL APPLIQUÉE POUR CHAQUE SCOPE ET CATÉGORIE DU BILAN DES GES DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE.

4. Résultats

4.1. Émissions de GES de Lausanne

4.1.1. Bilan des émissions de GES par catégorie

Les émissions totales atteignent plus de 2 millions de t CO₂-eq, soit 13.9 t CO₂-eq par habitant¹⁷. Les principales catégories sont la consommation (52%), les transports et la mobilité (23%) ainsi que l'énergie stationnaire (16 %).

Catégorie	CO2 (t CO2eq)	CH4 (t CO2eq)	N2O (t CO2eq)	GES (t CO2eq)	%	t GES/hab/an
Énergie stationnaire	302 471	27 947	689	331 107	16.3%	2.3
Ménages et commerces	275 611	23 709	655	299 975	14.7%	2.1
Industrie et grands consommateurs	15 203	2 356	18	17 577	0.9%	0.1
Administration	11 657	1 618	16	13 291	0.7%	0.1
Fuites de gaz	-	264	-	264	0.0%	0.0
Électricité	72 838	-	-	72 838	3.6%	0.5
Ménages et commerces	34 452	-	-	34 452	1.7%	0.2
Industrie et grands consommateurs	32 023	-	-	32 023	1.6%	0.2
Administration	6 363	-	-	6 363	0.3%	0.0
Transports et mobilité	458 914	9 292	2 904	471 109	23.1%	3.2
Transport terrestre - TIM	162 912	8 406	1 311	172 629	8.5%	1.2
Transport terrestre - TP	13 434	706	177	14 317	0.7%	0.1
Transport lacustre	3 142	49	9	3 200	0.2%	0.0
Transport aérien	264 286	52	1 187	265 526	13.0%	1.8
Transport offroad	11 194	6	153	11 353	0.6%	0.1
Administration	3 945	72	68	4 085	0.2%	0.0
Traitements des déchets et des eaux	93 956	551	1 836	96 342	4.7%	0.7
Incinération des déchets	93 956	0	1	93 956	4.6%	0.6
Traitement des eaux usées	-	551	1 835	2 386	0.1%	0.0
Agriculture et affectation du territoire	-23	1 773	448	1 750	0.1%	0.0
Affectation du sol et du territoire	-29	0	0	-29	0.0%	-0.0
Agriculture, bétail et pratiques agricoles	5	1 773	448	1 778	0.1%	0.0
Consommation	1 063 539	-	-	1 063 539	52.2%	7.3
Biens et services	467 089	-	-	467 089	22.9%	3.2
Alimentation et boissons	300 252	-	-	300 252	14.7%	2.1
Numérique (ICT)	31 332	-	-	31 332	1.5%	0.2
Construction et infrastructure - privé	144 614	-	-	144 614	7.1%	1.0
Construction et infrastructure – admin.	68 956	-	-	68 956	3.4%	0.5
Achats - administration	51 296	-	-	51 296	2.5%	0.4
Total	1 991 694	39 563	5 877	2 036 686	100%	13.9
<i>Investissements de la population</i>	<i>4 954 337</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>4 954 337</i>		<i>33.9</i>

TABLEAU 8: BILANS DES GES DE LA COMMUNE DE LAUSANNE PAR CATÉGORIE

¹⁷ Attention, une partie des émissions sont causées par des acteurs externes, et notamment par les pendulaires travaillant à Lausanne.

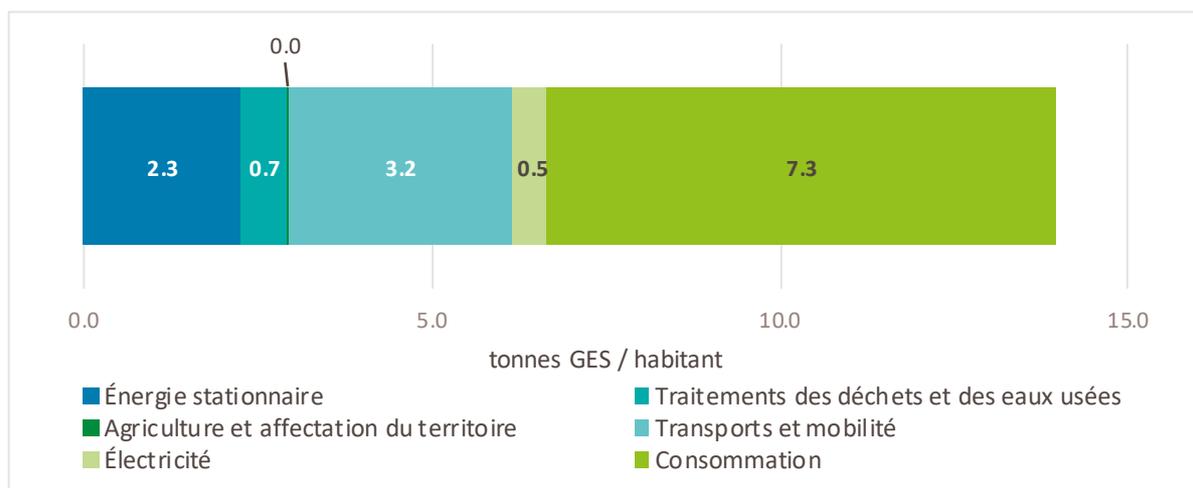


FIGURE 6: ÉMISSIONS DE GES DE LA COMMUNE DE LAUSANNE EN 2019 PAR HABITANT, TOUS SCOPES CONFONDUS

La Figure 6 ci-dessus reprend les émissions par catégorie du Tableau 8. Des graphiques plus détaillés des résultats par sous-catégorie sont disponibles en Annexe B.

La consommation (qui regroupe l'alimentation, la construction, l'achat de biens et de services ainsi que les impacts liés au numérique) représente plus de 7 tonnes de CO₂-eq par lausannois.

Concernant l'énergie stationnaire, près de 90% des émissions proviennent de la consommation de mazout et de gaz naturel pour le chauffage.

Pour les transports et la mobilité, les émissions de cette catégorie sont fortement dominées par les transports individuels motorisés (34%) ainsi que par le transport aérien (60%). Les TIM dominent le kilométrage parcouru (~60%) par rapport aux autres formes de mobilité terrestre pour les déplacements pendulaires et dédiés aux loisirs. Les émissions liées aux TIM représentent ainsi 160'000 tonnes de GES, soit plus de 90% des émissions liées à la mobilité routière. Les transports publics ne représentent que 3% des émissions, grâce à un facteur d'émission par kilomètre très favorable par rapport au transport individuel motorisé. Quant à la forte importance du transport aérien, essentiellement extraterritorial, elle s'explique par la moyenne suisse élevée de près de 9'000 kilomètres parcourus par an et par habitant.

Finalement, la consommation d'électricité ne représente que 3.7% des émissions totales de GES à Lausanne. Cette faible contribution s'explique par l'amélioration continue de l'intensité carbone du mix électrique suisse et de l'augmentation progressive des nouvelles sources renouvelables.

Les investissements des Lausannois ne sont pas inclus dans le bilan annuel de la commune de Lausanne mais pourraient représenter à titre d'information près de 34 tonnes de CO₂-eq par Lausannois.

4.1.2. Bilan des émissions de GES par scope

Les émissions de GES par scope sont présentées dans le **Tableau 9** ci-dessous.

Scope	GES (t CO ₂ -eq)	Pourcentage	t GES/hab/an
Scope 1	482 633	23.7%	3.3
Énergie stationnaire - combustion	277 819	13.6%	1.9
Transports et mobilité - intra-lausannoise	102 814	5.0%	0.7
Transports et mobilité - administration	3 908	0.2%	0.0
Traitements des déchets et des eaux usées	96 342	4.7%	0.7
Agriculture et affectation du territoire	1 750	0.1%	0.0
Scope 2	79 134	3.9%	0.5
Électricité - bâtiments et équipements	72 838	3.6%	0.5
Transports et mobilité - électricité	6 297	0.3%	0.0
Scope 3	1 473 730	72.4%	10.1
Énergie stationnaire - production	53 289	2.6%	0.4
Transports et mobilité - extra-lausannoise	356 726	17.5%	2.4
Transports et mobilité - administration	177	0.0%	0.0
Biens et services	467 089	22.9%	3.2
Alimentation et boissons	300 252	14.8%	2.1
Numérique (ICT)	31 332	1.5%	0.2
Construction et infrastructure - Privé	144 614	7.1%	1.0
Construction et infrastructure – Admin.	68 956	3.4%	0.5
Achats - Administration	51 296	2.5%	0.4
Total	2 036 686	100.0%	13.9

TABLEAU 9: BILAN DES GES DE LA COMMUNE DE LAUSANNE PAR SCOPE

Les émissions sont réparties de la façon suivante :

- Moins de 25% sont des émissions directes, émises sur le territoire communal ;
- Plus de 75% sont des émissions indirectes, induites par les activités de la commune et de ses habitants mais qui ont lieu hors du territoire lausannois.

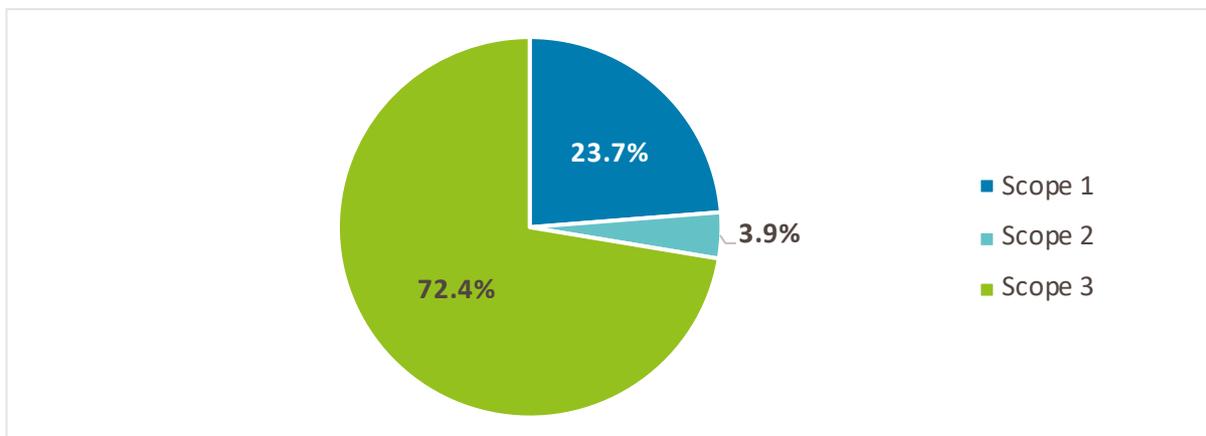


FIGURE 7: POURCENTAGE DES ÉMISSIONS DE GES DE LAUSANNE PAR SCOPE

Sans surprise, le pourcentage d'émissions directes est plus faible à Lausanne (3.3 t CO₂-eq, soit 24% des émissions totales lausannoises) que pour le reste du pays (5.4 t CO₂-eq, soit 38% des émissions totales suisses), en raison surtout de l'absence d'industries émettrices (ex : cimenterie) et de la quasi-absence d'élevage bovin sur le territoire communal. Les plus faibles émissions directes peuvent également s'expliquer par la mobilité urbaine, où les transports publics et la mobilité douce sont très présents. Cette conclusion doit toutefois être considérée avec précaution, en raison de l'incertitude issue de la principale catégorie, la consommation de biens et de services.

Le scope 1 (24%) comprend les émissions directes dues à la combustion de combustibles pour la génération d'énergie stationnaire, les émissions liées à l'agriculture, les émissions liées au traitement des déchets et de l'eau ainsi que les émissions liées à la mobilité intra-lausannoise.

Le scope 2 (4%) ne comprends que les émissions de GES imputables à la consommation d'électricité sur le territoire lausannois par les bâtiments, l'éclairage public et autres équipements communaux ainsi que par la mobilité électrique (transports publics, voitures électriques, ...).

Le scope 3 (72%) est de loin le poste d'émissions le plus important. Il s'agit des émissions liées à la production des combustibles et carburants, à l'importation de biens et de services, à la construction ainsi qu'à la mobilité induite par la commune mais qui prend place hors du territoire communal.

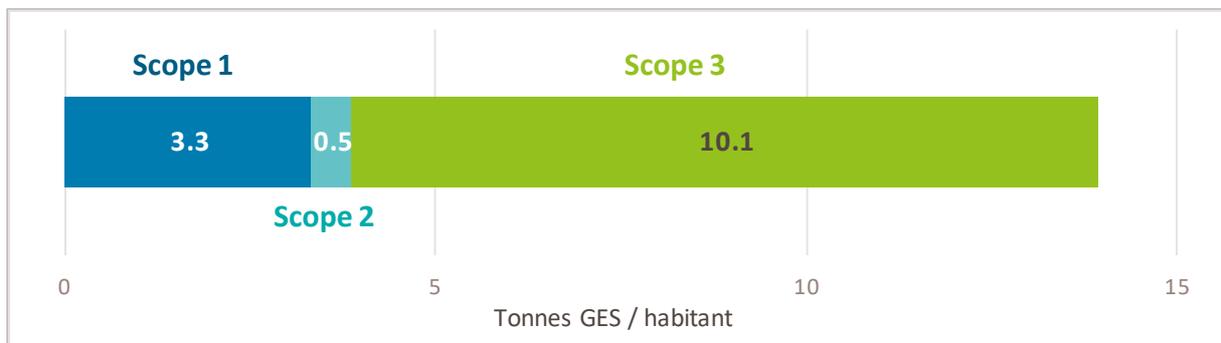


FIGURE 8 : BILANS DES GES DE LA COMMUNE DE LAUSANNE PAR SCOPE

4.2. Émissions de gaz à effet de serre de l'administration communale

Les émissions totales de GES de l'administration et de ses activités atteignent près de 130'000 tonnes de CO₂-eq par année. Cela représente plus de 6% des émissions totales à Lausanne sur l'année 2019 et équivaut à près de 0.9 tonnes de CO₂-eq par habitant.

Scope	Catégorie	CO ₂ (t CO ₂ eq)	CH ₄ (t CO ₂ eq)	N ₂ O (t CO ₂ eq)	GES (t CO ₂ eq)	%
Scope 1	Énergie stationnaire	11 657	1 618	16	13 291	10%
	Déplacements professionnels	3 777	65	66	3 908	3%
Scope 2	Électricité	6 363	-	-	6 363	5%
Scope 3	Construction et infrastructure	68 956	-	-	68 956	54%
	Achats	27 755	-	-	27 755	22%
	Déplacements professionnels	180	7	2	188	0%
	Déplacements pendulaires	6 914	162	35	7 111	6%
Total		125 602	1 852	118	127 572	100%
Scope 3	Investissements CPCL	170 910	-	-	170 910	

TABLEAU 10: BILAN DES GES DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE PAR SCOPE

Les deux postes principaux d'émissions de l'administration sont les émissions indirectes liées à la construction et aux infrastructures (54%) ainsi qu'aux achats de biens et de services (22%). Le total des émissions indirectes représente plus de 80% de l'impact total de l'administration lausannoise. Les émissions directes liées à la consommation d'énergie et aux déplacements professionnels ne représentent à eux deux que 13% des émissions de GES. La mobilité (déplacements professionnels et pendulaires) représente tout de même près de 10% des émissions totales de l'administration. Finalement, 5% des émissions sont liées à la consommation d'électricité des bâtiments communaux, de l'éclairage public et des autres équipements communaux. Les pourcentages des émissions de l'administration répartis par scope sont représentés dans la **Figure 9** ci-dessous.

Ces résultats n'incluent pas les investissements de la CPCL, dont l'impact incertain pourrait faire grimper les émissions à plus de 300'000 t de CO₂-eq par année.

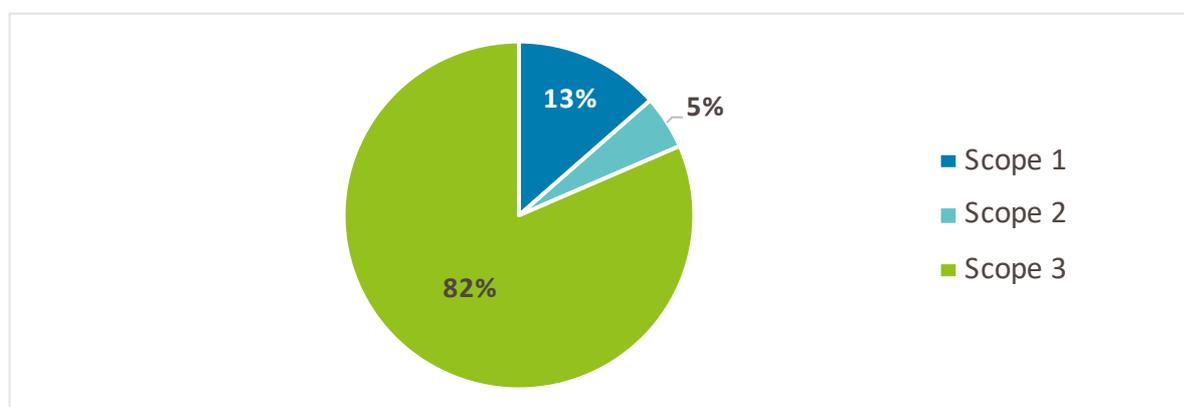


FIGURE 9: POURCENTAGE DES ÉMISSIONS DE GES DE L'ADMINISTRATION PAR SCOPE

Les résultats plus détaillés par catégories sont disponibles dans la [Figure 10](#).

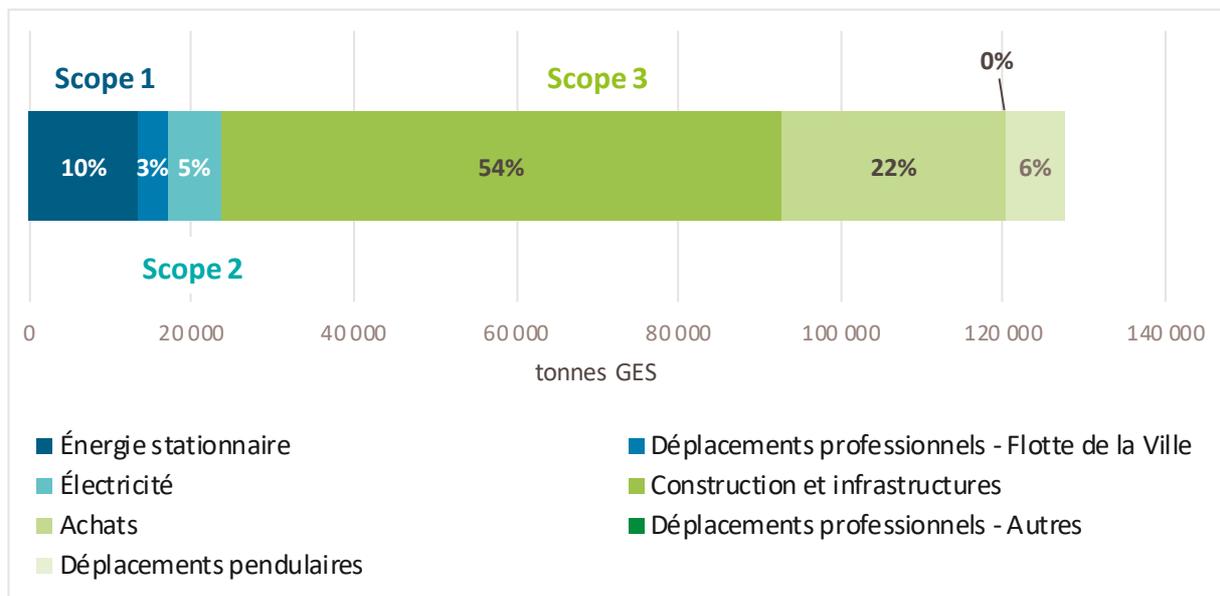


FIGURE 10: ÉMISSIONS DE GES DE L'ADMINISTRATION PAR CATÉGORIE

5. Conclusion

5.1. Limites et amélioration de l'étude

Comme décrit au [chapitre 3.3](#), la qualité des données utilisées pour la réalisation des bilans est généralement bonne. Toutefois, systématiser le *monitoring* de certaines données et améliorer leur qualité devrait permettre d'affiner d'éventuelles mises à jour de l'étude dans le futur, notamment pour le bilan de l'administration. Un meilleur reporting de certaines données comme les déplacements pendulaires ou les achats permettrait d'affiner les résultats de ces catégories. La qualité générale des données est tout de même très satisfaisante et permet de réaliser une première itération robuste du bilan.

Dès lors, la méthodologie utilisée est valable pour réaliser un suivi dans le temps des émissions de GES de l'administration communale comme des émissions directes de la commune de Lausanne. Pour ces deux types d'émissions, Quantis recommande un suivi des émissions à un intervalle de 3 à 5 ans. Un intervalle plus court engagerait des ressources trop importantes, qu'il est préférable d'allouer aux mesures de réduction des émissions. De plus, la variation relative d'une année sur l'autre pourrait ne pas être significative.

Concernant les émissions indirectes, notamment liées à la consommation et à la fortune investie par les Lausannois et par la CPCL, les estimations des données nationales dans ce document constituent des valeurs présentant une plus grande incertitude. Ces valeurs, fournies à titre indicatif, sont suffisantes à ce stade et il n'est pas utile de les mettre à jour tant que des améliorations méthodologiques significatives ne seront pas disponibles. Toutefois, au vu de l'importance des émissions de gaz à effet de serre de ces catégories, il convient de les intégrer dans les plans d'actions de réduction, à chaque fois que cela est possible.

5.2. Implications de l'étude

Les données à disposition des différents services de la Ville de Lausanne ont permis de réaliser les deux bilans de gaz à effet de serre, sur le périmètre de l'administration communale comme sur le périmètre de Lausanne dans son ensemble. Les résultats présentés offrent une excellente base sur laquelle le plan climat peut être développé. Tout en prenant en considération l'incertitude de certaines données et hypothèses faites, les postes et sources principales d'émissions de l'administration communale et de Lausanne en général sont identifiés. En effet, ces deux bilans servent de point de départ robuste pour une priorisation des mesures de réduction afin d'atteindre les objectifs locaux et globaux.

En termes de résultats, les émissions de gaz à effet de serre sont conformes aux valeurs publiées par d'autres collectivités publiques, cantonales ou nationales notamment. Avec près de 14 tonnes de CO₂-eq par habitant et par an, dont près de 3.5 tonnes émises à l'intérieur du périmètre communal, l'effort de réduction à consentir est très important. En effet, une réduction drastique des émissions par habitant est nécessaire si les objectifs de réduction de la Confédération (70 à 85% d'émissions de GES en moins d'ici à 2050) devaient être atteints. La conformité avec les objectifs des accords de Paris afin de maintenir le réchauffement global sous les 1.5°C et l'objectif de neutralité climatique de la Suisse¹⁸ sur le long terme exigent même de réduire les émissions de GES des suisses à 1 tonne de CO₂-eq par habitant et par an.

Trois niveaux d'engagements distincts peuvent être définis par les autorités publiques lausannoises pour tendre vers cet objectif. D'une part, l'objectif le plus ambitieux et à très court terme devrait concerner les émissions de l'administration communale, y compris celles liées à sa caisse de pension. Cela se justifie à la fois par le devoir d'exemplarité des collectivités publiques, mais aussi et surtout par un pouvoir d'agir maximal. Un second objectif devrait être défini au sujet des émissions territoriales. La Ville de Lausanne, de façon concertée avec d'autres acteurs comme le Canton de Vaud, devrait viser la fin de l'utilisation des énergies fossiles sur le territoire communal à moyen terme. Enfin, malgré des leviers d'action limités mais en raison du très grand volume d'émissions de gaz à effet de serre que cela représente, agir et sensibiliser pour tenter de réduire les autres émissions extra-territoriales est nécessaire.

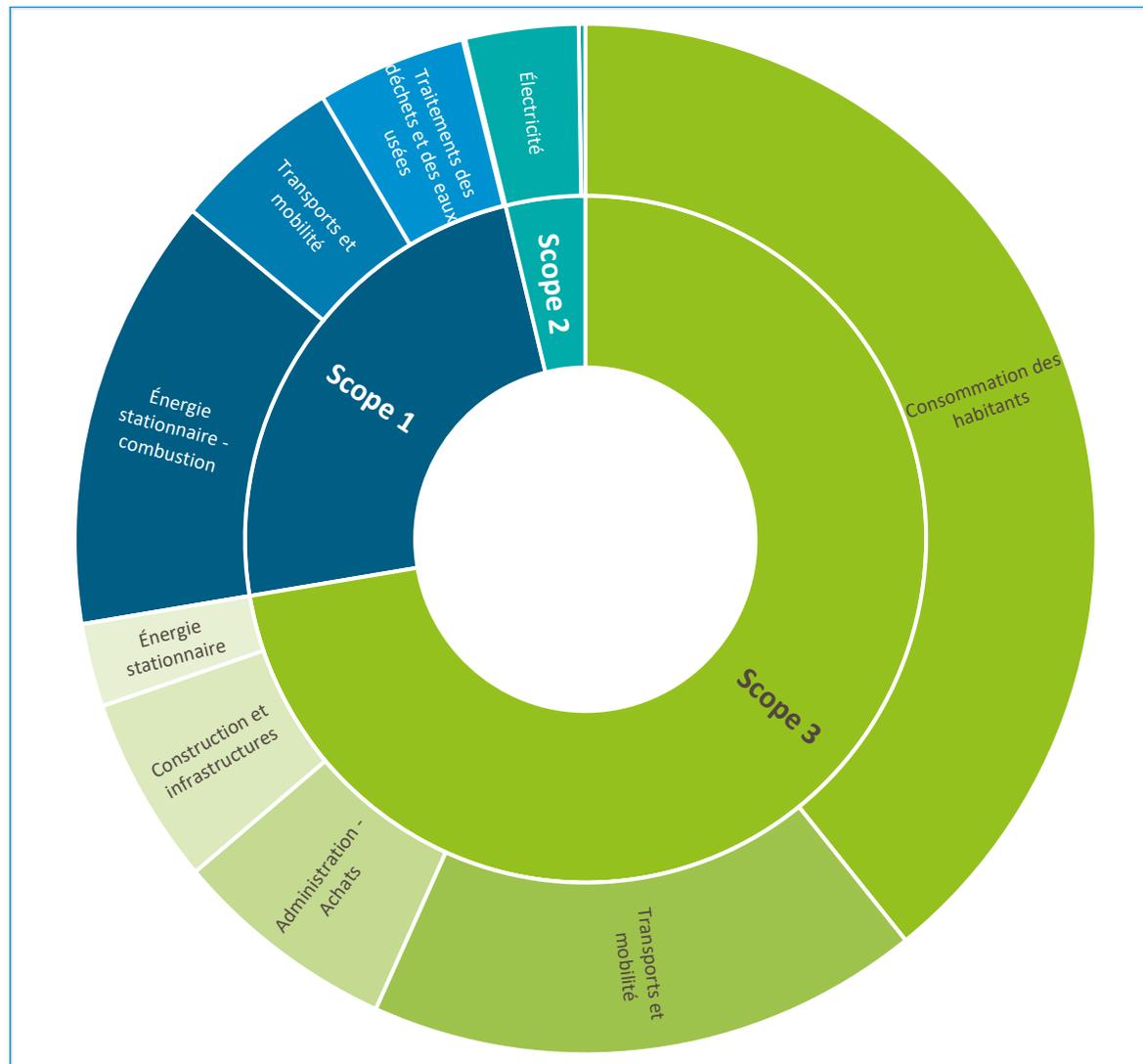
¹⁸ OFEV (2015), *La politique climatique suisse - Mise en œuvre de l'Accord de Paris*

6. Annexes

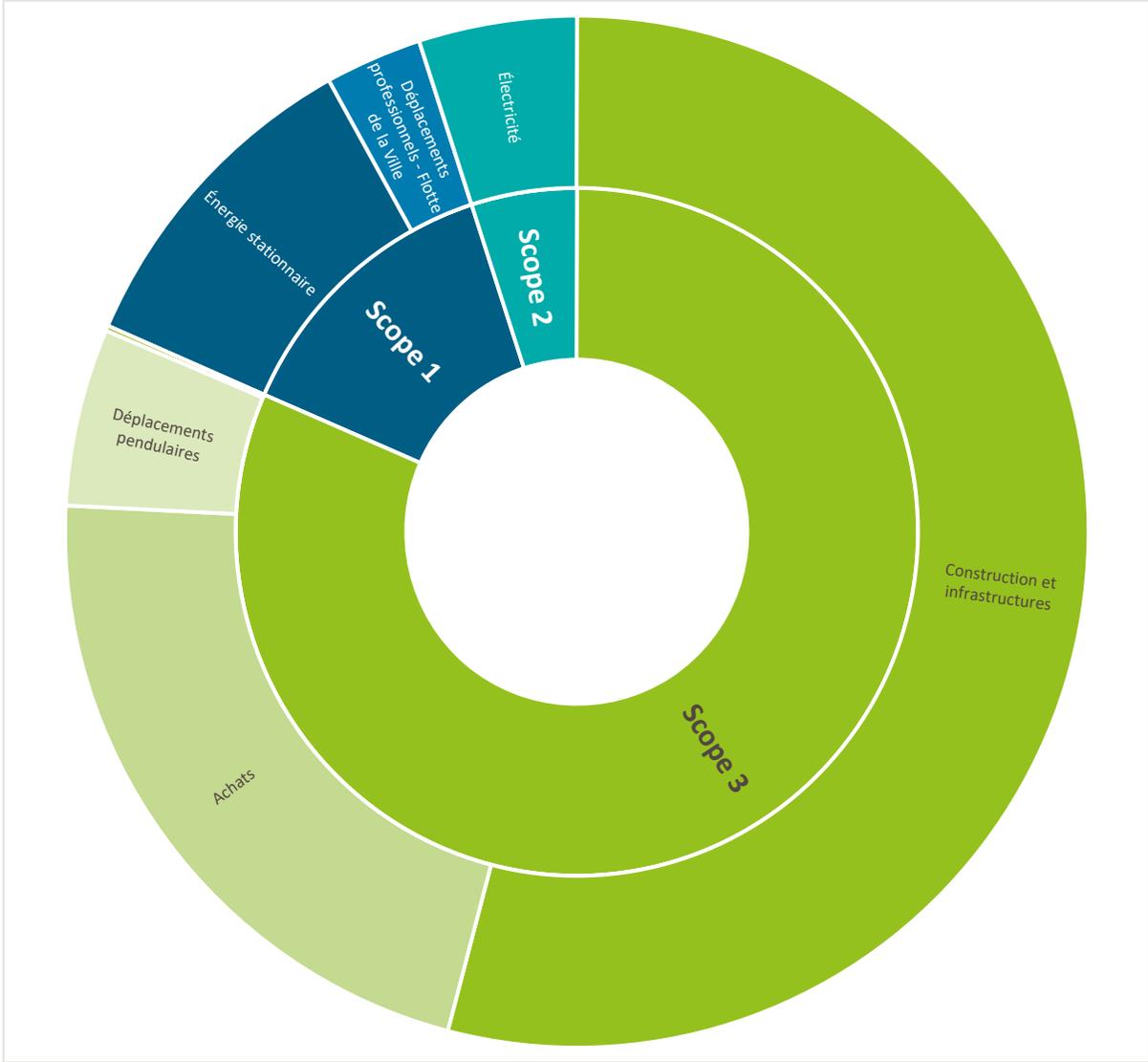
6.1. Annexe A : tableau désagrégé des facteurs d'émissions de GES pour les combustibles et carburants

Carburants et combustibles	PCI (GJ/t)	Densité [t/m3]	Combustion [kg CO ₂ -eq/GJ]				Production et transport [kg CO ₂ -eq/GJ]				Total [kg CO ₂ -eq/GJ]			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GES
Essence	42.6	0.737	73.94	0.11	0.18	74.23	17.26	1.70	0.07	19.04	91.2	1.8	0.2	93.2
Diesel	43	0.83	73.26	0.11	0.18	73.54	7.69	1.15	0.04	8.88	80.9	1.3	0.2	82.4
Gaz naturel	43	0.001	62.24	0.04	0.03	62.30	7.55	10.88	0.04	18.46	69.8	10.9	0.1	80.8
Kérosène	43.2	0.799	72.69	0.10	0.17	72.96	10.22	1.33	0.05	11.60	82.9	1.4	0.2	84.5
Mazout	43	0.839	73.49	0.11	0.18	73.78	10.25	1.33	0.05	11.64	83.7	1.4	0.2	85.4
Bois											9.3	1	1.1	10.4
CàD											19.6	3	0	19.9
Solaire											2.8	0	0.4	3.2

6.2. Annexe B : Émissions de GES de Lausanne – graphiques



6.3. Annexe C : Émissions de GES de l'administration communale - graphiques



6.4. Annexe D : GHG Protocol, scopes et catégories

