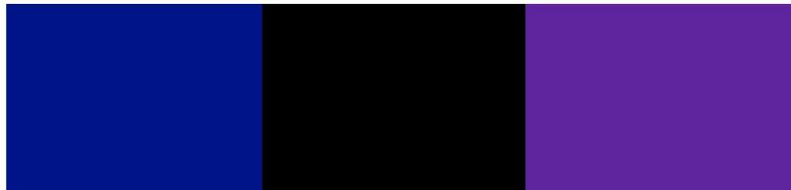


Septembre 2021 – Janvier 2022



BILAN DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DU LABORATOIRE GEORGES FRIEDEL POUR L'ANNÉE 2019



Présentation du rapport

Dans ce rapport, le bilan des émissions de gaz à effet de serre du laboratoire Georges Friedel de l'École des Mines de Saint-Étienne est présenté. L'année de référence pour l'établissement de ce document est 2019 afin de ne pas prendre en compte les répercussions de la pandémie de Covid-19 qui a cours depuis début 2020. L'objectif est d'identifier les plus grandes sources d'émission du laboratoire et, selon leur ordre d'importance, de proposer des actions à mettre en place afin de diminuer l'impact carbone du laboratoire. Ce travail permet aussi d'évaluer la qualité de l'accès et du suivi des données du laboratoire en vue de l'améliorer pour une évaluation environnementale plus réaliste à l'avenir.

Dans un contexte de mobilisation planétaire visant à atteindre une neutralité carbone d'ici à 2050¹, des chercheurs se sont mobilisés pour réduire l'empreinte carbone liée à leurs activités professionnelles / de recherche. Cet engagement s'est structuré au sein de collectifs, dont le collectif *Labo1point5*, d'envergure nationale, qui a développé une application web (*GES 1-point-5*) pour aider les laboratoires de recherche dans la réalisation et le suivi de leurs bilans de gaz à effet de serre (BGES). Cet outil a ainsi été utilisé pour mener à bien le bilan des émissions de GES du laboratoire Georges Friedel. Cette application web étant toujours en cours de développement, seuls certains postes d'émission présents dans les BGES réglementaires ont été évalués.

Dans ce bilan de l'année 2019, les principaux postes d'émission du laboratoire sont le chauffage au gaz naturel et les déplacements domicile/travail.

Ce document présente ainsi une synthèse des résultats de ce bilan des émissions de gaz à effet de serre. Les données qui ont permis l'élaboration de ce bilan sont détaillées dans les tableaux en annexe.

¹ Accord de Paris, COP21, 2015

Table des matières

1. Présentation de la personne morale.....	4
2. Personnes impliquées dans ce travail.....	5
3. Présentation de l’outil <i>GES 1-point-5</i>	5
4. Année de référence.....	8
5. Collecte des données et hypothèses.....	8
a. Onglet Périmètre.....	9
b. Onglet Bâtiment.....	9
c. Onglet Véhicules.....	9
d. Onglet Missions.....	10
e. Onglet Matériel informatique.....	10
f. Onglet Déplacements domicile/travail.....	11
6. Résultats.....	11
a. Le bilan réglementaire.....	11
b. L’approche empreinte.....	13
7. Limites des résultats et de l’outil.....	18
8. Recommandations.....	20
a. Énergie.....	20
b. Déplacements domicile-travail.....	21
c. Déplacements professionnels.....	21
d. Matériel informatique.....	24
e. Accessibilité des données.....	24
9. Conclusions.....	25
Table des illustrations.....	26
Annexes – Fiches de collecte des données.....	27

1. Présentation de la personne morale

Raison sociale : Laboratoire Georges Friedel ; sise 158 cours Fauriel, CS 62362, 42023 Saint-Étienne cedex 2 ; représenté par son Directeur Jean-Paul Viricelle et son Directeur adjoint Guillaume Kermouche ;

Adresse : 158 Cours Fauriel 42023 Saint-Etienne Cedex

Nombre de salariés (2019) : 135

Description de l'activité : Laboratoire de recherche

Le **périmètre organisationnel** retenu pour le LGF est donc la partie du site de l'École des Mines de Saint-Étienne qui comprend les locaux du LGF propres à la recherche (essentiellement des bureaux, laboratoires, locaux d'hébergement de matériels). Ainsi, dans cette étude seront exclues toutes les salles propres à l'enseignement (salles de cours, amphithéâtres, ...).

Présentation de l'établissement



Le laboratoire Georges Friedel (LGF) est une Unité Mixte de Recherche du CNRS (UMR 5307) appartenant à l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes. Localisé sur le site de l'École des Mines de Saint-Étienne (EMSE), il est porté par deux tutelles : l'EMSE et le CNRS. Le LGF rassemble toutes les compétences de l'EMSE dans les domaines des matériaux, de la mécanique et des procédés à travers quatre équipes qui fédèrent les départements de deux Centres de Formation et de Recherche : le centre SMS (Science des Matériaux et des Structures) et le centre SPIN (Science des Processus Industriels et Naturels). Outre ses équipes de recherche, il possède six plateaux d'instruments scientifiques et six plateformes technologiques.

Le LGF a été fondé le 1^{er} janvier 2013 à la suite du rassemblement de deux laboratoires : le Laboratoire Claude Goux (LCG, UMR 5146) et le Laboratoire des Procédés en Milieux Granulaires (LPMG, FRE 3312). Il est aujourd'hui dirigé par Jean-Paul Viricelle (directeur) et Guillaume Kermouche (directeur adjoint).

Quelques chiffres pour décrire le laboratoire² :

- Environ 150 personnes (43 enseignants-chercheurs, 40 ITA, et 52 doctorants et post-doctorants)
- 70 publications « Web of Science » par an
- 20 thèses de doctorat soutenues par an
- Environ 2 M€ de ressources propres par an, dont 50% en recherche partenariale

² Site web du Laboratoire Georges Friedel : <https://www.mines-stetienne.fr/lgf/>

2. Personnes impliquées dans ce travail

Ce travail, réalisé lors du projet industriel de Tom PETER, élève de troisième année à l'École des Mines de Saint-Étienne a été tutoré par plusieurs personnes :

- Maude GALLIMARD : doctorante au sein de l'ENTPE (Vaulx-en-Velin) réalisant une thèse sur l'empreinte carbone de la recherche
- Maelig OLLIVIER : enseignant-chercheur au sein du centre SPIN
- Frédéric CHRISTIEN : enseignant-chercheur au sein du centre SMS
- Natacha GONDRAN : enseignante-chercheuse au sein de l'Institut Henri Fayol, déléguée RSE-Développement durable de l'EMSE
- Guillaume Kermouche : directeur adjoint du LGF
- Jean-Paul Viricelle : directeur du LGF

D'autres personnes ressources ont également participé à la collecte de données : Julie BLANC (chargée de gestion administrative et financière du centre SMS), Sophie CARRIER (responsable de gestion administrative et financière du centre SMS), Sandrine BONNY (ingénieure QSSE), Jérôme MANCUSO (technicien informatique), Grégory SIX (Adjoint DSI), Anael CARLAT (responsable du service financier), ainsi que tous les membres du laboratoire ayant répondu au questionnaire « Déplacements domicile/travail ».

3. Présentation de l'outil *GES 1-point-5*

Le collectif *Labos1point5*

L'outil *GES 1-point-5* utilisé pour l'élaboration de ce BGES a été conçu par *Labos 1point5*³, un collectif rassemblant des personnels de la recherche bénévoles travaillant sur les questions autour de l'empreinte carbone de leurs activités professionnelles. En 2021, ce collectif s'est structuré en un Groupement de Recherche (GDR) soutenu par le CNRS, l'INRAE et l'ADEME. Ce nouveau statut permet aux personnels investis de déclarer leur temps consacré aux activités du GDR *Labos 1point5* comme un temps de travail à part entière.



Labos 1point5 a pour ambition première de structurer les activités de recherche portant sur l'empreinte carbone du secteur de la recherche à l'échelle nationale française. Le GDR rassemble à ce titre des personnels de la recherche issus de disciplines scientifiques variées, qui ne sont pas nécessairement spécialisés dans les études des sciences ou de l'environnement.

³ [1point5 | Transformer la recherche collectivement \(labos1point5.org\)](https://www.labos1point5.org)

Trois axes structurent l'organisation du GDR :

- L'évaluation de l'empreinte de la recherche publique en France sous la forme de BGES (axe « Empreinte »)
- L'étude de l'organisation et des pratiques de recherche en lien avec cette empreinte (axe « Enquêtes »)
- L'accompagnement et la facilitation de la mise en place de trajectoires de réduction au sein des laboratoires.

Dans une optique tant d'évaluation que d'analyse et de passage à l'action, le collectif a créé un outil permettant à chaque laboratoire français de réaliser leur BGES et d'estimer leur empreinte carbone. Cet outil est accessible gratuitement en ligne⁴ et nécessite l'habilitation par le directeur du laboratoire afin de soumettre ensuite les données au *Labos 1point5*.

L'enjeu est double :

- Pour chaque laboratoire : évaluer son empreinte, identifier et mettre en place des leviers d'action, suivre année après année les retombées positives ou négatives des nouvelles mesures.
- Pour le collectif : « mener des études scientifiques relatives à l'empreinte carbone de la recherche publique française » à plus grande échelle et « nourrir la réflexion sur les leviers d'actions permettant de réduire l'impact des activités de recherche sur les émissions de gaz à effet de serre ».⁴

GES 1-point-5 et Bilan Carbone© : quelles différences ?

L'outil *GES 1-point-5* développé par les chercheurs de *Labos 1point5* prend en compte les postes d'émissions les plus significatifs des laboratoires de recherche publique. Ceci le distingue du Bilan Carbone© qui se veut plus exhaustif quant aux postes d'émission d'une entité. *GES 1-point-5* distingue à l'heure actuelle cinq sources majeures d'émissions : les bâtiments (chauffage, électricité et fluides frigorigènes), le matériel informatique, les véhicules du laboratoire, les missions et les déplacements domicile/travail. Dans le futur, plusieurs autres sources d'émissions seront implémentées sur le site : achats, calculateurs, déchets, ... Par ailleurs, contrairement au Bilan Carbone©, l'outil propose des postes d'émission spécifiques au domaine de la recherche comme les campagnes de recherche en mer. De plus, cet outil web offre la possibilité d'éditer le bilan chaque année, ce qui permet de suivre l'évolution des émissions du laboratoire et la prise en compte des recommandations exprimées après chaque bilan.

Enfin, pour les distinguer plus généralement, le Bilan Carbone© est une méthode pour réaliser un BGES, alors que le *GES 1-point-5* est un outil qui va réaliser lui-même des calculs d'émission à l'aide de données d'entrée et proposer une analyse spécifiquement pensée pour le secteur de la recherche.

⁴ [1point5 | Transformer la recherche collectivement \(labos1point5.org\)](https://labos1point5.org)

L'interface GES 1-point-5

L'interface de l'outil se présente de la façon suivante :

Labos 15 LE COLLECTIF LES RESSOURCES APPLICATIONS GES NOS ENQUÊTES NOUS REJOINDRE

GES 1 POINT 5 - BGES 2019

LA DOCUMENTATION

- La méthodologie
- Aide
- Protection des données
- L'équipe GES 1point5

LES DONNÉES

- Introduction
- Le périmètre
- Les bâtiments
- Matériel informatique **Nouveau**
- Les véhicules
- Les missions
- Dpts domicile / travail

LES RÉSULTATS

- Le bilan réglementaire
- L'approche empreinte
- Soumission des données

Introduction

GES 1point5, développé par Labos 1point5, est un outil permettant de calculer l'empreinte carbone et de construire le bilan gaz à effet de serre (BGES) réglementaire de votre laboratoire.

A travers cet outil l'objectif est double :

- Mener des études scientifiques relatives à l'empreinte carbone de la recherche publique française (notre champ d'investigation actuel est limité à la France, y compris les DOM-TOM).
- Nourrir la réflexion sur les leviers d'actions permettant de réduire l'impact des activités de recherche sur les émissions de gaz à effet de serre, tant à l'échelle nationale que locale au laboratoire.

Merci de bien vouloir **consulter attentivement la documentation** (méthodologie et aide) avant de débiter et de nous contacter.

How to cite An open-source tool to assess the carbon footprint of research. Jérôme Mariette, Odile Blanchard, Olivier Berné, Tamara Ben-Ari. bioRxiv 2021.01.14.426384; doi: <https://doi.org/10.1101/2021.01.14.426384>.

Pourquoi utiliser GES 1point5 ?

- Contribuer** à un champ scientifique émergent.
- Impliquer** directement les personnels des laboratoires.
- Partager** une méthodologie commune.
- Tenir compte** des spécificités des laboratoires de recherche.
- Promouvoir** les outils numériques libres.

Figure 1 Interface de l'outil GES 1-point-5

Les cinq postes d'émission disponibles, explicités plus haut, sont présents sur la rubrique de gauche. Il suffit ainsi de cliquer sur un de ces items pour remplir directement les données d'activité sur le site (Périmètre, Bâtiment, Véhicules) ou téléverser un fichier texte (Missions, Matériel informatique). Pour les déplacements domicile/travail, un questionnaire est déjà créé et nécessite l'envoi d'un lien aux membres du laboratoire (idéalement, ceux présents pendant l'année considérée).

Que ce soit pour les réponses au sondage ou le traitement des données renseignées et des fichiers téléversés, les calculs d'empreinte carbone associée à chaque activité sont directement réalisés par l'outil web. Les modalités du remplissage des données seront explicitées dans la partie 5.

Le site donne aussi accès à une documentation sur les méthodes de calcul utilisées, une base de données des facteurs d'émission retenus et des aides au remplissage, entre autres informations. Enfin, l'outil propose deux méthodes d'analyse des résultats : le bilan réglementaire et l'approche empreinte qui seront détaillées dans la section Résultats.

Méthode de calcul des émissions

L’empreinte carbone d’une activité correspond à une estimation de la quantité de gaz à effet de serre (exprimées en kilogrammes équivalents CO₂ : kg eCO₂) émise par sa consommation en énergie et en matières premières. Ces dernières sont appelées « données de consommation ».

Pour parvenir à une telle estimation, il est nécessaire de récolter ces données de consommation et d’associer à chaque consommation, un facteur d’émission (FE) correspondant, c’est-à-dire la quantité de gaz à effet de serre associée à une telle quantité de telle consommation.

Ainsi, pour une activité, on a :

$$\text{Quantité GES émise [kg eCO}_2\text{]} = \text{Donnée de consommation [quantité]} * \text{FE [kg eCO}_2\text{/quantité]}$$

Par exemple, considérons une moto qui effectue 10 000 kilomètres en 2019. Sachant que le facteur d’émission (prenant en compte la combustion et l’amont) d’un kilomètre parcouru à moto (>= 250 cm³ mixte) est de 0.2028 kg eCO₂, l’émission annuelle associée à l’utilisation de cette moto est :

$$10\ 000 * 0,2028 = 2\ 028 \text{ kg eCO}_2.$$

Comme le Bilan Carbone®, l’outil *GES 1-point-5* utilise des facteurs d’émission (de la Base Carbone de l’Ademe principalement) pour quantifier les émissions de gaz à effet de serre associées à chaque activité. Le choix du bon facteur d’émission à associer à chaque donnée renseignée est déjà fait pas les concepteurs de l’outil. La liste des facteurs d’émission retenus est mise à disposition.

4. Année de référence

Ce bilan des émissions de GES réalisé en 2021/2022 prend comme référence les données de l’année 2019. Ce choix permet d’une part de prendre les données d’une année dont la majorité des données sont archivées et disponibles. De plus, les résultats du bilan de gaz à effet de serre de cette année-ci sont antérieurs à la pandémie actuelle et à ses impacts. Aucun bilan propre au laboratoire n’ayant été réalisé auparavant, ce choix permet d’avoir les résultats sur une année n’ayant pas subi de changements majeurs tels que l’augmentation du télétravail et la réduction drastique de déplacements professionnels.

5. Collecte des données et hypothèses

Dans cette partie, les données à renseigner et les choix associés à leur remplissage sont explicités pour les différents onglets de l’outil. Les valeurs précises et les sources de chaque donnée sont détaillées dans le tableur joint à ce présent document, en annexe. Il est à noter

que chacune de ces valeurs sont issues, dans la mesure du possible, de l'année 2019, retenue pour le périmètre de ce bilan.

a. Onglet Périmètre

La première étape de tout BGES consiste à définir le périmètre. L'approche retenue par *Labos1point5* est de considérer que le périmètre organisationnel du BGES du laboratoire comprend les installations qu'il exploite et sur lesquels il exerce directement ou indirectement un pouvoir d'action. Ainsi, on y trouve les bâtiments hébergeant des agents ou du matériel et les véhicules ou navires que le laboratoire utilise pour ses activités de recherche.

Dans ce premier onglet, le budget et l'effectif du laboratoire (#Chercheurs, #Enseignants-chercheurs, #ITA, #Docs. /Post-docs) sont renseignés. On considère une personne dans l'effectif si elle a passé les douze mois de l'année dans le laboratoire. Le budget étant stable d'année en année, la donnée du budget de 2018 a été renseignée.

Budget annuel *

€ 3213049

# Chercheurs	# Enseignants-ch.	# ITA	# Docs. / post-docs.	# Total
3	40	40	52	135

Figure 2 Onglet Périmètre

b. Onglet Bâtiment

Dans cet onglet, les consommations des bâtiments du laboratoire en termes de chauffage (au gaz naturel), d'électricité et de fluides frigorigènes sont renseignées. Sachant que le site du 158 Cours Fauriel dispose d'un seul compteur, on ne peut pas distinguer les différents bâtiments et donc extraire des données spécifiques aux locaux du Laboratoire Georges Friedel. De plus, seules les consommations mensuelles de l'ensemble du site sont disponibles. Pour approcher les consommations du laboratoire, le choix a été fait de multiplier les consommations du site par un prorata de surface (Surface Laboratoire / Surface totale du site = 0.546). La surface du laboratoire comprend les parties de bâtiment dédiées aux activités de recherche et au service support de laboratoire, ce qui exclut donc par exemple les salles d'enseignement. Pour le chauffage par exemple, comme tout le site est chauffé, si on ne s'intéresse qu'à la consommation du laboratoire, ce prorata permet de ne considérer seulement la surface chauffée des locaux du laboratoire. Ces calculs permettent d'aboutir à 1 302 238 kWh PCI de gaz naturel consommés et 800 669 kWh d'électricité.

Pour les fluides frigorigènes, l'objectif est de quantifier leurs fuites. En prenant en compte la charge de chaque climatiseur (en kg) et un taux de fuite annuel estimé à 10% utilisé pour le BGES de l'École des Mines, on peut estimer la consommation en kg en multipliant ces deux valeurs. La donnée du fluide frigorigène utilisé associé à sa consommation permet ensuite à l'application web d'estimer les émissions de GES. On obtient finalement les fuites suivantes :

- 6.727 kg de fluide frigorigène R410a à travers treize machines

- 0.75 kg de fluide frigorigène R407c à travers une machine

c. Onglet Véhicules

L'onglet Véhicules recense les véhicules utilisés par le laboratoire ou loués par celui-ci en 2019. Il convient de les dissocier des véhicules inclus dans les frais de mission afin d'éviter les doublons.

Pour chaque véhicule, l'outil a besoin de la motorisation (pour utiliser le facteur d'émission associé) ainsi que de la distance mensuelle réalisée, comme explicité dans la partie 1.

Le total des km annuels donne le tableau suivant :

Identifiant ^	Type	Motorisation	Consommation
Clio berline N3 - BR379AJ	 Voiture	Diesel	8039 (km)
Clio break N13 - EG-052-QV	 Voiture	Diesel	6182 (km)
Clio break N15 - EG-949-JE	 Voiture	Diesel	4670 (km)
Clio break N6 - CK252BM	 Voiture	Diesel	3048 (km)
Trafic 9 places - EK-155-BT	 Voiture	Diesel	1663 (km)
ZOE N9 - EF400NM	 Voiture	Électrique	217 (km)

Tableau 1 Kilométrage annuel de chaque véhicule du laboratoire

d. Onglet Missions

L'onglet Missions recense le plus de données car il nécessite les informations de chaque mission du laboratoire qui sont de l'ordre de plusieurs centaines (456 exactement). L'outil ne prend en compte que les déplacements professionnels financés sur crédits du laboratoire.

Sur chaque ligne du fichier texte à importer sur l'application web, il est nécessaire de renseigner la date, les lieux de départ et d'arrivée et le mode de déplacement. Si le retour est différent de l'aller, deux lignes sont à utiliser. Pour le laboratoire, on distingue les missions École, les missions Armines et les missions CNRS. Le premier type de mission peut être extrait sur le logiciel GFD utilisé par l'école. Les missions CNRS ont été négligées dans cette étude du fait de la complexité de leur recensement et de leur très faible nombre par rapport aux deux

autres. Avec cette hypothèse, on peut comptabiliser 20% de missions Armines et 80% de missions École.

e. Onglet Matériel informatique

Dans cet onglet, les équipements informatiques professionnels achetés par l'unité de recherche sont pris en compte. Pour le LGF, cela concerne 14 PC portables, 9 PC fixes, 23 écrans et 23 souris. *GES 1-point-5* prend en compte le type d'équipement, le fabricant (en option) et le modèle (en option). Comme expliqué en introduction, plus le remplissage est exhaustif, mieux les émissions pourront être estimées.

f. Onglet Déplacements domicile/travail

Cet onglet fait appel à un questionnaire pré-établi dans l'outil et configuré spécifiquement pour l'enquête au sein du laboratoire et dont le lien a été envoyé au mailing de l'ensemble des membres du laboratoire. Seuls les membres présents en 2019 ont été invités à répondre. Le questionnaire se veut simple et rapide à remplir pour augmenter le taux de réponse (environ cinq minutes à y consacrer). Il est demandé le nombre de jours de déplacements par semaine et une ou deux journées type avec la distance parcourue, le mode de déplacement et le nombre de personnes transportées ainsi que la motorisation pour les véhicules personnels à moteur.

L'enquête a été lancée le 10 décembre 2021 par le directeur du laboratoire. Des relances ont été effectuées la semaine suivante (15 et 17 décembre) et une dernière le 3 janvier 2022 annonçant la fermeture du questionnaire le soir-même.

Un taux de réponse de 54% a été atteint, ce qui correspond à 73 réponses. Un taux de réponse de 50% minimum étant recommandé par l'outil *GES 1-point-5*, l'exploitation des résultats a été réalisée.

6. Résultats

Dans cette section, les résultats obtenus après calcul par l'outil *GES 1-point-5* sont explicités. L'outil utilise deux approches pour exposer les résultats : le bilan réglementaire utilisant les postes d'émission en lien avec la réglementation française et l'approche empreinte reflétant le découpage des différentes sources d'émissions plus spécifiques à la recherche et tel qu'il apparaît dans les onglets de remplissage des données sur l'application web.

a. Le bilan réglementaire

Il est à noter que chaque activité génère des émissions liées à la combustion des combustibles utilisés, d'autres liées à la production en amont (traitement, transport, ...) et à la fabrication des équipements. Le bilan réglementaire inclut toutes ces émissions selon différentes catégories imposées par la réglementation française (MEEM, Méthode pour la réalisation des

bilans d'émissions de GES, conformément à l'article L.229-25 du code de l'environnement, version 4, octobre 2016, 88 p.).

On parle de trois scopes :

- Scope 1 : émissions directes générées par les sources de GES
- Scope 2 : émissions indirectes associées à l'énergie (production d'électricité, de chaleur ou vapeur)
- Scope 3 : autres émissions indirectes (conséquences des activités du laboratoire mais provenant d'autres sources de GES contrôlées par d'autres entités)

A l'intérieur de ces scopes, les postes suivants sont recensés sur *GES 1-point-5* :

Scope	Poste	Types d'émissions	Émissions (kg eCO ₂)
1	1	Sources fixes de combustion dont le labo à le contrôle (chauffage)	0 ± 0
1	2	Sources mobiles dont le labo à le contrôle (véhicules)	0 ± 0
1	4	Émissions directes fugitives	14 131 ± 4 239
2	6	Consommation d'électricité du labo	33 468 ± 3 347
2	7	Consommation de vapeur, chaleur ou froid du labo	244 170 ± 12 208
3	8	Émissions amont liées à chaîne de production d'énergie finale	66 831 ± 4 098
3	10	Immobilisations de biens	16 985 ± 8 098
3	13	Déplacements professionnels	43 382 ± 13 430
3	22	Déplacements domicile/travail	104 306 ± 62 958

Tableau 2 Types d'émissions et kg eCO₂ selon le scope et le poste du bilan réglementaire

La simulation de *GES 1-point-5* a permis de remplir la dernière colonne de ce tableau. On peut noter que comme le laboratoire n'a pas le contrôle opérationnel des installations de chauffage et des véhicules (mais plutôt l'École), les émissions de sources fixes et mobiles des postes 1 et 2 sont transférées au poste 8. Ce dernier recense au sens plus large toutes les émissions liées à l'énergie non incluse dans les catégories « émissions directes de GES » et « émissions de GES à énergies indirectes ». On remarque donc sur le diagramme suivant la prépondérance des scopes 2 et 3 vis-à-vis du 1 qui ne recense seulement les fuites frigorigènes.

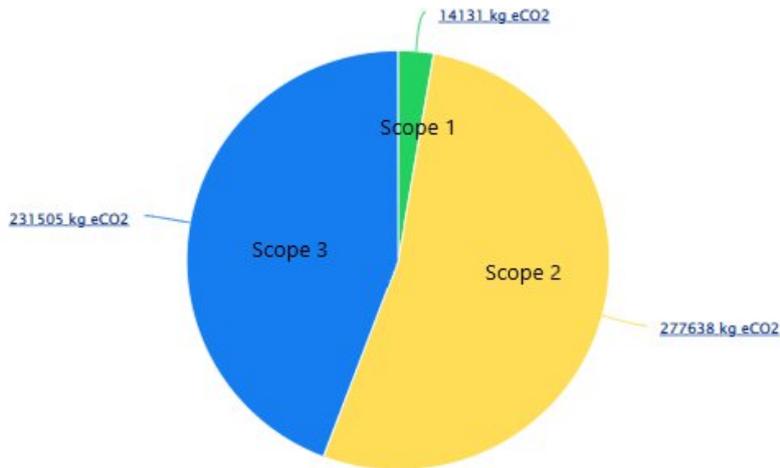


Figure 3 Diagramme circulaire d'émissions selon les scopes

Étudions les sources d'émissions au sein de ces deux scopes majoritaires.

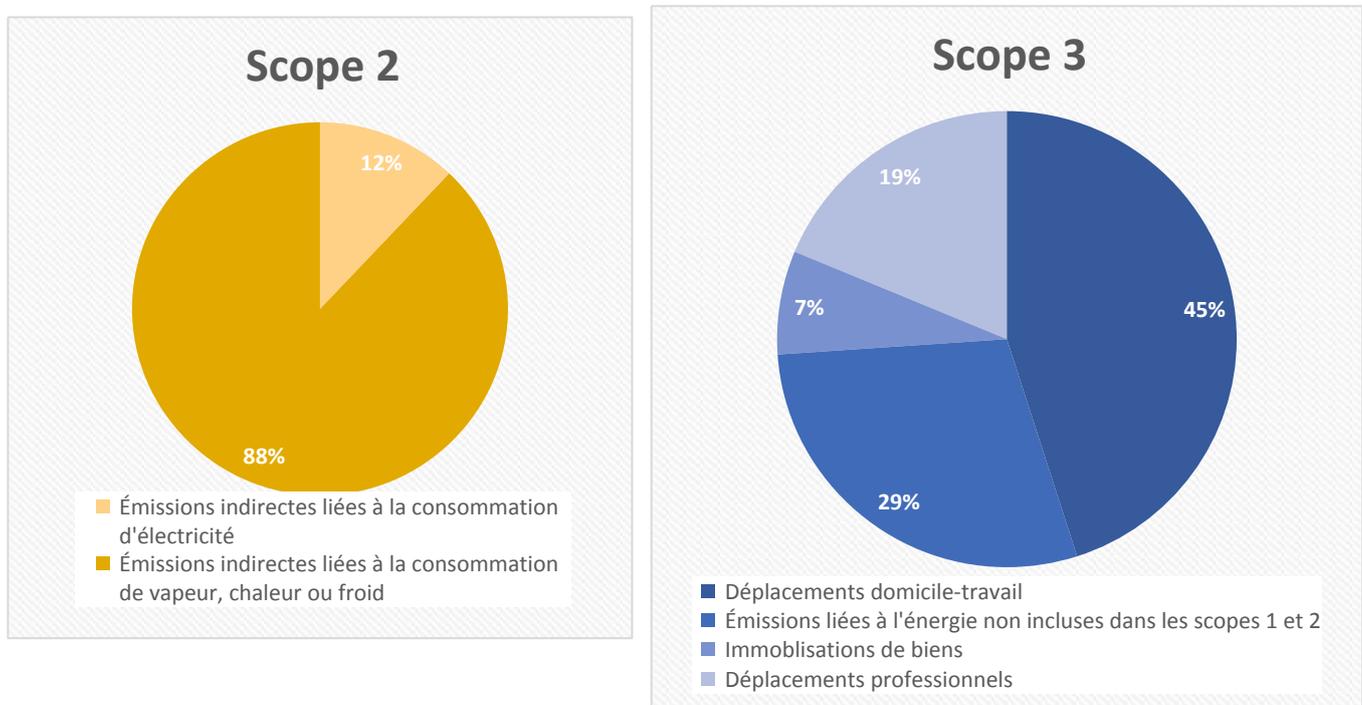


Figure 4 Diagrammes circulaires d'émissions selon les postes des scopes 2 et 3

On peut remarquer que les émissions indirectes liées à la consommation de chaleur représentent 88% des émissions du scope 2 et que les déplacements domicile-travail représentent 45% des émissions du scope 3. Ces deux sources sont ainsi les postes d'émission principaux du laboratoire.

b. L'approche empreinte

Dans cette deuxième approche, on retrace les émissions selon les différents postes directement remplis sur l’outil web, c’est-à-dire les émissions liées aux bâtiments, aux véhicules, aux missions, au matériel informatique et aux déplacements domicile/travail. Cette deuxième représentation est égale au total du BGES réglementaire. La synthèse de cette approche est résumée sur le tableau suivant :

Empreinte carbone	Emissions en kg eCO2	Part de l’empreinte totale
Empreinte carbone des bâtiments	358 600 ± 23 893	69 %
-- Chauffage	295 868 ± 14 793	57 %
-- Electricité	48 601 ± 4 860	9 %
-- Fluides frigorigènes	14 131 ± 4 239	3 %
Empreinte carbone du matériel informatique	16 985 ± 8 098	3 %
Empreinte carbone des déplacements	147 688 ± 76 388	28 %
-- Déplacements domicile-travail	104 306 ± 62 958	20 %
-- Déplacements professionnels	43 382 ± 13 430	8 %
-- Les véhicules	5 451 ± 3 273	1 %
-- Les missions	37 931 ± 10 158	7 %
Empreinte carbone totale	523 273 ± 108 379	100 %

Tableau 3 Types d’émissions et kg eCO2 selon les différents postes de l’empreinte carbone

On observe déjà l’empreinte carbone totale : **523.273 ± 108.79 tonnes eCO2**. Il est à noter que ce premier résultat a été obtenu sans inclure les émissions liées aux trainées de condensation des avions selon la réglementation française. A titre indicatif, en l’incluant, l’empreinte totale est de **544.157 ± 137.867 tonnes eCO2**, ce qui représente une différence de 4%.

On remarque également que, comme aperçu dans la partie précédente, le chauffage a une empreinte carbone considérable à l’échelle du laboratoire : 57%. Parmi nos onglets, les bâtiments sont donc logiquement les plus émetteurs (69% des émissions totales). Le deuxième poste d’émission le plus important concerne les déplacements domicile-travail avec 20% de l’empreinte totale. Contrairement à ce qu’on pourrait penser, les missions qui sont pourtant très nombreuses (456 en 2019) ne représentent pas une part prépondérante des émissions totales (7%). Une vision plus claire des différentes proportions d’émissions est représentée sur le diagramme circulaire suivant :

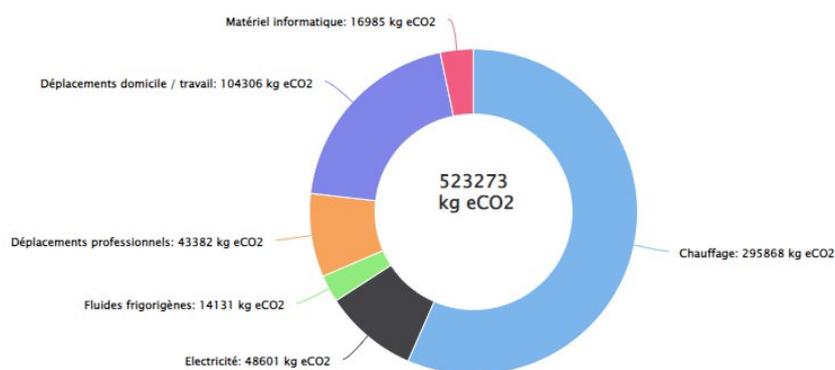


Figure 5 Diagramme circulaire d'émissions selon les postes principaux de l'empreinte carbone

Pour rendre ces nombres plus parlants, on peut les diviser par le nombre de membres du laboratoire en 2019 : 135.

Empreinte carbone	Émissions par membre du laboratoire en kg eCO2
Empreinte carbone des bâtiments	2 656 ± 177
-- Chauffage	2 192 ± 110
-- Électricité	360 ± 36
-- Fluide frigorigène	105 ± 31
Empreinte carbone du matériel informatique	126 ± 60
Empreinte carbone des déplacements	1 094 ± 566
--Déplacements domicile-travail	775 ± 466
--Déplacements professionnels	321 ± 99
--Les véhicules	40 ± 24
--Les missions	281 ± 75
Empreinte carbone totale	3 876 ± 803

Tableau 4 Types d'émissions et kg eCO2 selon les différents postes de l'empreinte carbone

On obtient donc une empreinte carbone totale par personne de **3.876 ± 0.803 tonnes eCO2**. On peut analyser ce résultat au regard des objectifs en terme d'empreinte carbone par habitant définis par la Stratégie Nationale Bas Carbone⁵. Pour maintenir l'augmentation de la température mondiale à un niveau inférieur à 2°C d'ici 2100, la quantité de gaz à effet de serre émise par personne et par an devrait être de 2 tonnes eCO2. Pour rappel, en 2019, un Français avait en moyenne une empreinte carbone de 9.9 tonnes eCO2 (hors gaz fluorés⁶). Ainsi, on peut remarquer que la quantité de GES émise par chaque membre du laboratoire est bien trop importante pour le moment. Elle représente quasiment le double des objectifs, et ce, seulement pour les activités professionnelles.

On peut désormais s'intéresser plus précisément aux déplacements domicile/travail et aux déplacements professionnels pour voir d'où proviennent les plus grandes sources d'émission au sein de ces postes.

⁵ [Stratégie Nationale Bas-Carbone \(SNBC\) | Ministère de la Transition écologique \(ecologie.gouv.fr\)](https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone)

⁶ INSEE

Pour les déplacements domicile/travail, on obtient les diagrammes suivants :

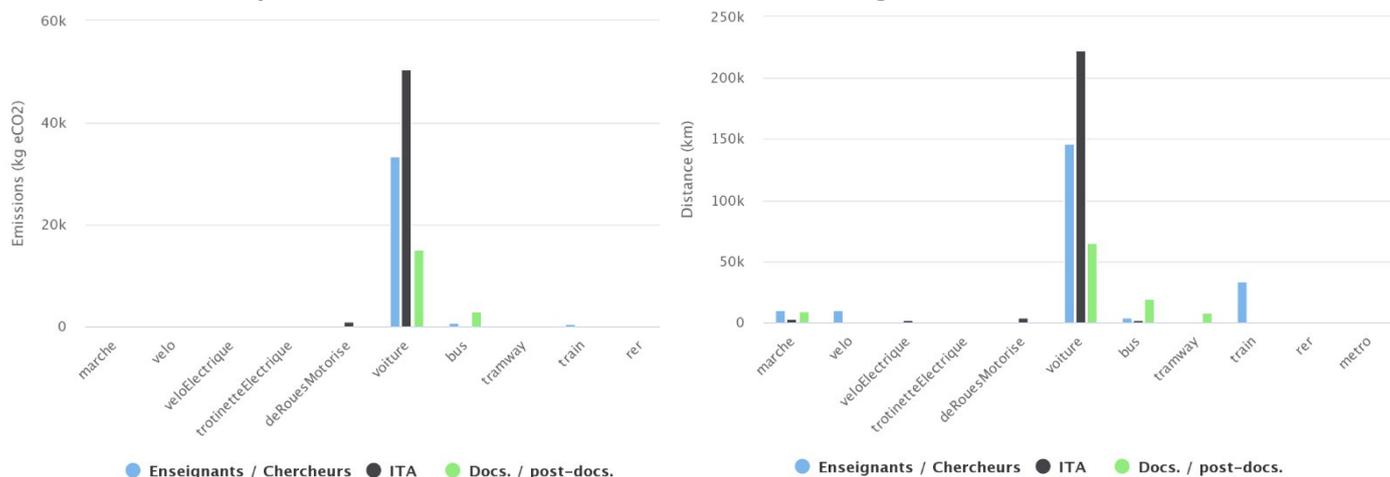


Figure 6 Émissions et kilomètres parcourus relatifs aux déplacements domicile/travail

On observe que la voiture recense la grande majorité des émissions : 96%. Cela est dû au nombre de kilomètres parcourus en voiture qui sont largement supérieurs à ceux parcourus avec les autres moyens de transport.

On peut catégoriser les transports selon qu'ils soient des faibles émetteurs (marche, vélo, vélo électrique), des transports en commun (ou émetteurs moyens : bus, tram, train) ou des forts émetteurs (voiture et moto). Dans le tableau suivant sont recensés les ratios de ces catégories vis-à-vis des kilomètres totaux parcourus et des émissions totales.

Catégories	Ratio kilométrique	Ratio émissions CO2
Faibles émetteurs	6,8 %	0,1 %
Transports en commun	12,4 %	4,3 %
Forts émetteurs	80,8 %	95,6 %

Tableau 5 Ratios kilométriques et d'émissions selon la catégorie du transport de déplacements quotidiens

On remarque ainsi que les forts émetteurs (qui recensent à 99% des déplacements en voiture) sont largement majoritaires en terme d'émissions CO2 (à 95,6%) pour ces déplacements domicile/travail. En outre de leur supériorité en terme de kilomètres parcourus, ils ont aussi un facteur équivalent CO2 supérieur aux autres (0,2401 kg CO2e/km pour une voiture à essence contre 0,018 kg CO2e/km pour un train par exemple), ce qui explique ce résultat.

En comparant les déplacements en voiture de chaque statut de membre de laboratoire, on observe que les doctorants ou post-doctorants représentant 38,5% de l'effectif de 2019 ne cumulent que 15,1% des kilomètres parcourus. Pour les ITA et enseignants-chercheurs (resp. 29,6% et 31,9% de l'effectif), cela représente respectivement 51,2% et 33,7% des kilomètres. Cela signifie que les ITA, dans leur ensemble, se déplacent sur de plus grandes distances en voiture que les deux autres catégories de personnel.

On peut poursuivre cette analyse en observant comment se répartissent les moyens de transport utilisés par les différentes catégories de personnel. On peut comptabiliser le déplacement de chacun des membres jusqu'au laboratoire selon qu'ils se soient déplacés en voiture, en transport en commun ou à vélo et/ou à pied. Si un membre s'est déplacé en voiture et avec d'autres moyens de transport au cours de son trajet, on ne considère seulement la voiture car elle est plus émettrice. Il en va de même si un membre se déplace en transport en commun et avec d'autres moyens de transport moins émetteurs (vélo, pied, ...). On représente ainsi sur les graphiques suivants la répartition des moyens de transport utilisés selon la catégorie du personnel, et ce, pour une journée type.

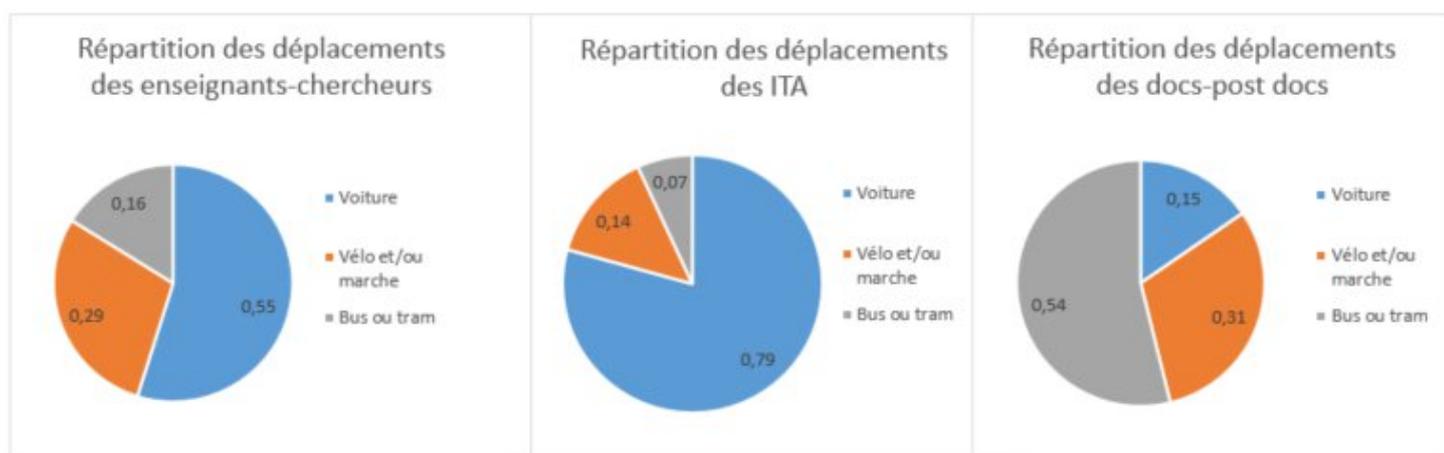


Figure 7 Répartition des moyens de transport utilisés selon la catégorie de personnel

On observe que 79 % des ITA et 55% des enseignants chercheurs privilégient la voiture. En revanche, pour les doctorants ou post-doctorants, les trajets en voiture ne sont de loin pas majoritaires (15%). En ce qui concerne les transports en commun, la répartition est tout aussi hétérogène avec seulement 14 % des déplacements des membres ITA en raison de l'usage majeur de la voiture, environ le double pour les chercheurs et une majorité pour les docs. / post docs. (54%). Une différence moins flagrante se remarque au niveau de l'usage des moyens de transport faiblement émetteurs. Alors que la marche et le vélo sont les solutions les moins utilisées par les ITA, les deux autres catégories les utilisent à hauteur de 30% de leurs trajets.

Un autre élément d'analyse est donné par la distance qui sépare le laboratoire du domicile des membres. 55% des membres qui ont répondu au questionnaire se déplacent en voiture, et parmi ces personnes, un quart (soit 11 personnes) habite à moins de cinq kilomètres de l'École. Ce dernier élément met en exergue le fait que les déplacements faiblement émetteurs ne sont pas encore priorités, et ce, même pour les déplacements de courtes distances.

En ce qui concerne les distances domicile/travail selon la catégorie de personnel, on remarque sur le graphe suivant que le statut est un facteur déterminant dans l'éloignement du lieu de travail. Ce facteur entre en corrélation avec l'utilisation de la voiture. Les ITA étant plus éloignés de leur lieu de travail, ils ont davantage tendance à avoir recours à la voiture et ainsi de suite pour les deux autres catégories de personnel.

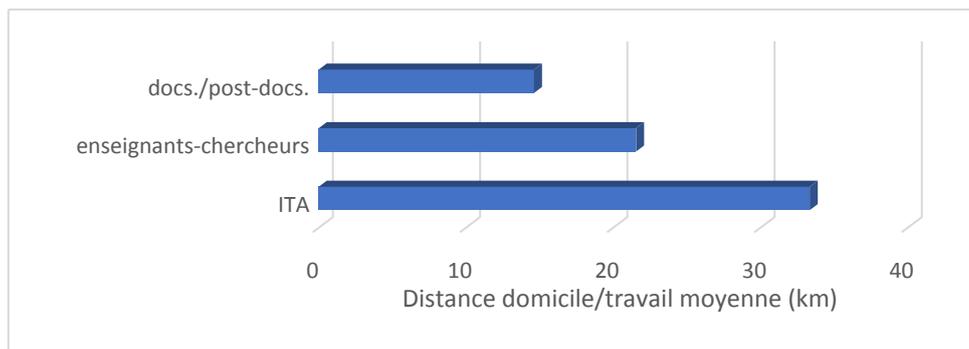


Figure 8 Distance domicile/travail moyenne en fonction du statut

Ainsi, pour les déplacements domicile/travail, les émissions émanant des trajets en voiture sont majoritaires et donc les plus problématiques. On observe une disparité entre les différentes catégories de personnel avec, par exemple, un usage majoritaire de la voiture chez les ITA et minoritaire chez les doctorants. Certes, les ITA habitent à de plus grandes distances du laboratoire, mais les transports en commun ne sont pas privilégiés. Pour les déplacements de courte distance, là aussi, la voiture est trop souvent la solution choisie.

Pour les déplacements professionnels, on obtient les résultats présentés sur les graphiques ci-dessous :

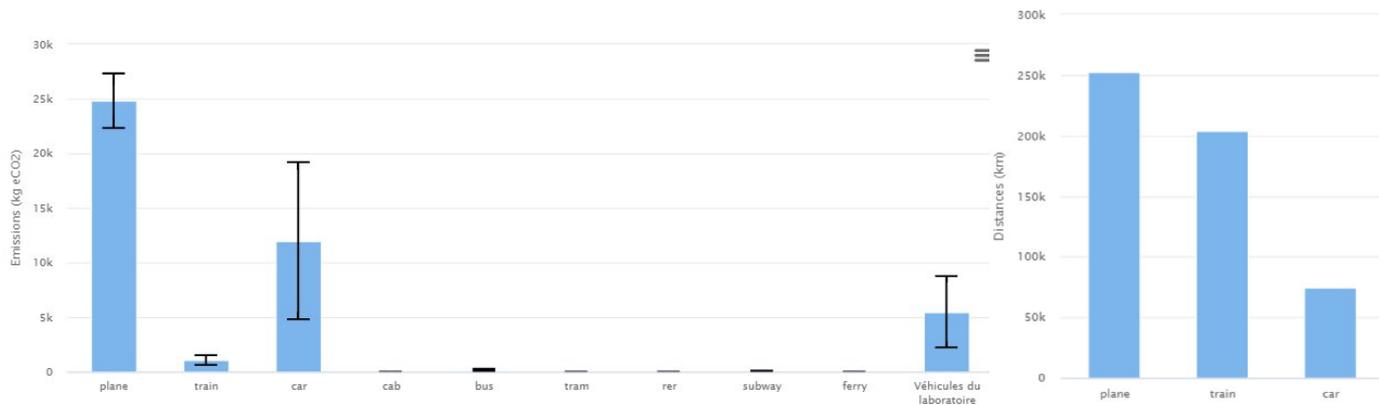


Figure 9 Émissions et kilomètres parcourus relatifs aux déplacements professionnels

On remarque qu'en terme de kilomètres parcourus, les avions sont majoritaires en raison des trajets de longue distance qu'ils permettent de réaliser. En effet, outre les trajets en France, quelques déplacements en avion se font en Europe et vers l'Asie. Sur le tableau suivant, on recense les ratios de ces trois modes de transport principaux vis-à-vis de l'ensemble des kilomètres parcourus et de l'ensemble des émissions.

Mode de transport	Ratio kilométrique	Ratio émissions CO2
Avion	47,5 %	57,3 %
Train	38,3 %	2,4 %

Voiture	14,2 %	40,3 %
---------	--------	--------

Tableau 6 Ratios kilométriques et d'émissions selon le mode de transport de déplacements professionnels

On observe comme pour les déplacements domicile/travail que la voiture rejette une proportion importante de GES due à son facteur d'émission kilométrique important. On peut faire la même remarque pour les avions. Quant au train, alors que son ratio kilométrique est important (38,3%), son empreinte carbone est quasiment négligeable.

Alors que la littérature scientifique sur l'empreinte carbone de la recherche s'est particulièrement intéressée aux trajets en avion, on remarque ici, à travers ces données, que, pour le LGF, les missions en voiture sont tout aussi émettrices.

7. Limites des résultats et de l'outil

Incertitudes

Comme tout BGES, les calculs reposent sur des estimations, d'où la nécessité d'analyser les résultats avec précaution. En effet, certains facteurs d'émissions sont des approximations et disposent donc d'un degré d'incertitude fort. En outre, certaines données remplies sur *GES 1-point-5* peuvent résulter de certaines hypothèses du fait de la non disponibilité d'une donnée pour l'année du bilan. Intéressons-nous à différents cas pour donner des exemples concrets.

Cas des déplacements domicile/travail

L'exemple le plus flagrant est celui des déplacements domicile/travail. La base de nos résultats a été le questionnaire envoyé à tous les membres du laboratoire. Le taux de réponse n'étant jamais de 100%, on fait l'hypothèse que les personnes ayant soumis leurs réponses constituent un échantillon représentatif de l'ensemble des membres du laboratoire. Ainsi, pour considérer les déplacements des non répondants, on extrapole les réponses par catégorie du personnel et par mode de déplacement, ce qui entraîne un certain biais. Par ailleurs, ce questionnaire se voulant rapide pour maximiser le taux de réponse, seules deux journées type sont proposées. Dans le cas où un membre se déplace deux jours en train, deux jours en vélo et le cinquième en voiture, ce dernier jour, bien que plus émetteur ne sera pas pris en compte.

Cas des déplacements professionnels

Pour les missions, les déplacements CNRS ont été négligés. D'autre part, comme l'illustre la Figure 8 un fort degré d'incertitude est présent pour chaque mode de transport. Cela est essentiellement dû aux facteurs d'émission considérés. Par exemple, pour un déplacement en voiture, un facteur d'émission correspondant à une « motorisation moyenne » a été utilisé.

Cas des consommations des bâtiments

En outre des incertitudes liées aux facteurs d'émission, une approximation a été faite en appliquant un prorata de surface. Certes, en termes de surfaces chauffées, l'approximation est cohérente, mais on peut imaginer que le laboratoire utilise des machines plus ou moins

consommatrices. Pour approcher au mieux les réelles consommations du LGF, il serait intéressant de mettre un compteur propre à chaque bâtiment.

Cas du matériel informatique

Pour simplifier ce nouveau module, il a été choisi de ne considérer que les achats informatiques réalisés en 2019, bien que chaque équipement soit utilisé sur plusieurs années. Les durées d'amortissement ne sont pas considérées non plus. En contrepartie de la simplicité du remplissage et de l'évitement d'erreurs de remplissage, il se peut que, selon les années, on assiste à des pics ou creux d'émissions pour cause d'une demande importante une telle année par exemple. L'analyse de cet onglet sera ainsi plus intéressante avec une rétrospective de plusieurs années.

D'autre part, la durée d'utilisation et donc la durée d'amortissement joue beaucoup dans la réduction de l'empreinte carbone associée à un achat. Avec une analyse sur une seule année, l'incidence de la politique de renouvellement du parc informatique du laboratoire ne se voit pas. Les données ne reflètent donc pas l'empreinte carbone associée aux usages numériques nécessaires au fonctionnement du laboratoire (partie Achats) mais seulement l'ajout de matériels au parc existant pendant l'année considérée.

Pistes d'amélioration de l'établissement du bilan du laboratoire

Comme évoqué en introduction, tous les postes d'émission ne sont pas encore implémentés sur l'outil. Certains ont des incertitudes élevées et d'autres demandent des données difficilement accessibles. Dans l'optique des prochains bilans carbone de ce même laboratoire, ces autres postes pourront être étudiés :

- Achats (papier, cartouche d'encre, service de maintenance et nettoyage et consommation liées aux mails envoyés, stockage de données et serveurs)
- Consommation électrique issue du travail à distance
- Déchets mais données difficilement disponibles et très incertaines
- Gaz utilisés pour les expériences scientifiques

Le poste « Achats » est par ailleurs en cours d'implémentation sur le site, il pourra donc être ajouté au bilan sans trop de difficulté.

8. Recommandations

Dans cette partie sont énumérées quelques pistes d'amélioration afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre en vue de bilans de gaz à effet de serre ultérieurs et de manière à contribuer à atteindre l'objectif commun d'une réduction drastique des émissions de GES à l'échelle mondiale.

a. Énergie

Ce poste étant le plus émetteur avec notamment le chauffage qui représente 57% des émissions, il convient de chercher à limiter ses émissions en premier lieu.

Une idée serait de mieux réguler le chauffage avec un système de thermostat sur les radiateurs. Réduire les surchauffes en hiver permet ainsi d'éviter de nombreuses pertes. Dans son dossier chauffage rédigé en 2017⁷, l'Ademe préconise une température de confort et d'efficacité comprise en 19 et 21°C. Par ailleurs, la chaufferie du site 158 CF étant en place depuis de nombreuses années, il serait intéressant de réaliser un audit énergétique pour évaluer sa performance énergétique. Cet audit pourrait aussi étudier l'isolation du bâtiment et son système de ventilation qui sont indispensables à l'efficacité énergétique de ce bâtiment.

Les marges d'action du laboratoire sur ces opérations de sobriété et d'efficacité énergétique ne sont pas directes, puisque le chauffage et les bâtiments sont gérés par l'établissement : l'École des Mines de Saint-Étienne. Des demandes peuvent cependant être faites dans ce sens, en coopération avec les autres laboratoires de l'établissement. Les résultats présentés dans ce rapport font office d'arguments.

b. Déplacements domicile-travail

Ce poste d'émission étant le deuxième plus émetteur, il convient de prioriser les actions à mener pour réduire ses émissions. Une première action évidente à ce sujet serait d'augmenter le nombre de jours de télétravail par semaine. En effet, éviter le transport pour se rendre au travail et n'utiliser que l'électricité de son foyer pour travailler est moins émetteur. Cependant, une étude est à mener à travers un questionnaire pour savoir si les membres du laboratoire n'ont pas de contraintes particulières vis-à-vis du télétravail pour veiller à ne pas entraver leurs conditions de travail. Il s'agira ainsi de s'assurer que chacun dispose du matériel nécessaire. Pour les enseignants-chercheurs, un travail est aussi à mener pour faire en sorte que la journée ou les deux journées de télétravail coïncident à des journées sans travail d'enseignement afin de ne pas diminuer la qualité de ce dernier.

Cette solution prise au regard des émissions de gaz à effet de serre doit cependant être discutée au regard des effets rebond possible du télétravail (sur les déplacements non professionnels par exemple⁸) et des autres enjeux environnementaux et sociaux, que ce soit la consommation de ressources pour la production d'objets numériques, les risques psychosociaux et le respect de la confidentialité.

Un autre levier d'action pour ce poste concerne les déplacements faiblement émetteurs. Comme évoqué dans les résultats, ceux-ci ne représentent que 6,8% des kilomètres parcourus. De plus, on a mis en avant le fait que même pour des trajets de courte distance, la

⁷ Site web de l'Ademe, dossier chauffage : [Le saviez-vous ? – Ademe](#)

⁸ Eugênia Viana Cerqueira, Benjamin Motte Baumvol, Leslie Belton Chevallier, Olivier Bonin. Does working from home reduce CO2 emissions? An analysis of travel patterns as dictated by workplaces.

voiture est encore utilisée de façon conséquente. En effet, un quart des membres se déplaçant en voiture habite à moins de cinq kilomètres du laboratoire. On pourrait donc inciter les membres à venir au travail à vélo avec des aides financières et l'aménagement d'un garage à vélo sécurisé. En outre, le covoiturage divise les émissions par le nombre de passagers. Il serait donc intéressant de le préconiser et de faire des campagnes de sensibilisation en promouvant par exemple la plateforme <https://movici.auvergnerhonealpes.fr/> et en créant des places de parking réservées au covoiturage.

Il est à noter que ce poste d'émission touche en partie à la vie personnelle des membres du laboratoire et à la manière dont ils et elles organisent leur journée de travail et leur temps de hors travail. Il n'y a donc pas de solution unilatérale mais des dynamiques de groupes peuvent être incitées pour accompagner la transition vers des modes et pratiques de déplacement moins émettrices.

c. Déplacements professionnels

Comme montré dans les résultats, les déplacements professionnels en avion sont les plus problématiques car ils recensent le plus grand nombre de kilomètres parcourus. Pourtant, ils ne représentent que 12% des déplacements effectués. Ainsi, tout évitement d'un déplacement en avion peut entraîner de fortes diminutions d'émissions de gaz à effet de serre. Un moyen d'action serait de vivement inciter à la visioconférence au lieu de devoir effectuer ces déplacements très énergivores. Pour faciliter cette transition, on pourrait installer des salles dédiées uniquement à la visioconférence avec grands écrans, tablettes tactiles et larges tables pour apporter toute l'ergonomie nécessaire à ces réunions. Ici encore, le recours à la visioconférence ne doit pas se faire au détriment des conditions de travail des personnels. On peut aussi noter que la réduction des déplacements en avion permet également des baisses de coût financier.

Ensuite, comme précédemment, le covoiturage doit être incité lorsque les déplacements en voiture ne peuvent être limités.

On a aussi pu remarquer que malgré un ratio kilométrique important, le train représente une partie très faible des émissions. Une mesure évidente serait donc de favoriser largement les déplacements en train intramuros ou transfrontaliers pour remplacer les trajets en avion et en voiture dans la mesure du possible. Pour appuyer ces propos, on peut simuler les émissions de l'ensemble des missions selon 3 cas qui diffèrent de la configuration actuelle des déplacements (cas de base).

Cas de base

Pour rappel, la configuration actuelle donne une estimation de l'empreinte carbone totale des déplacements professionnels de **43.382 tonnes eCO2** et une répartition en distance et émissions, selon les transports, donnée par la figure suivante.

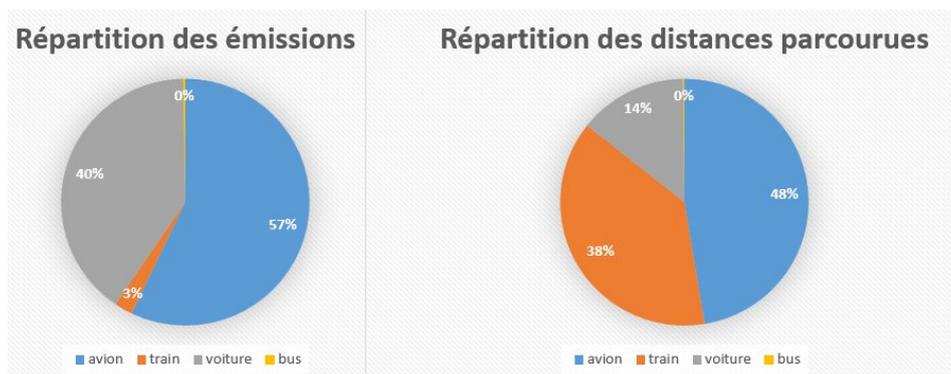


Figure 10 Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas de base

1^{er} cas : Remplacement des déplacements en voiture par des déplacements en train

Pour ce cas, on obtient une estimation de l'empreinte carbone totale des déplacements professionnels de **26.607 tonnes eCO₂**, soit **39 % de réduction** par rapport au cas de base.

On observe sur la figure suivante que, dans ce cas, la majorité des kilomètres parcourus s'effectueraient en train et que l'empreinte carbone des déplacements en train resterait minime avec seulement 6% des émissions générées.

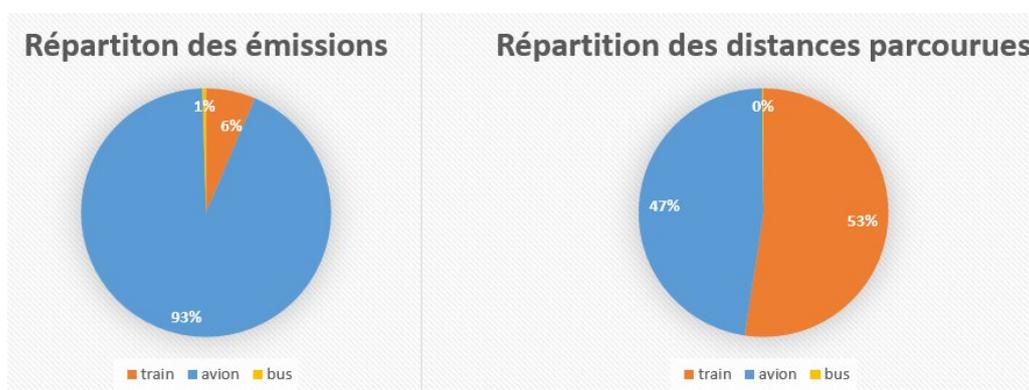


Figure 11 Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas 1

2^{ème} cas : Remplacement des déplacements en avion intramuros par des déplacements en train

Dans ce deuxième cas, on obtient une estimation de l'empreinte carbone totale des déplacements professionnels de **39.324 tonnes eCO₂**, soit **9% de réduction** par rapport au cas de base.

On observe sur la figure suivante que, dans ce cas, la distance totale parcourue en train se rapproche de celle de l'avion. Cette dernière reste tout de même importante car 48 vols sur

78 s'effectuent en dehors de la France. Ainsi, l'avion et la voiture occupent tout de même une part importante des émissions.

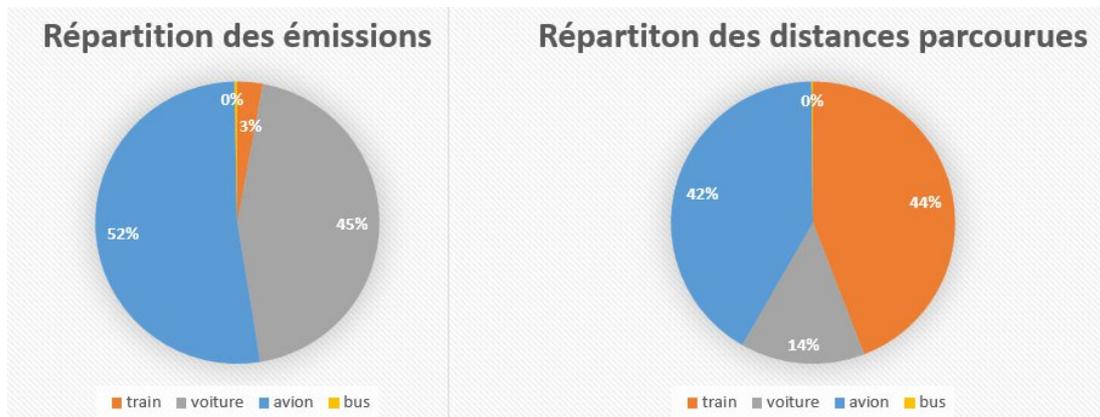


Figure 12 Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas 2

3^{ème} cas : Cumul des deux cas précédents

Pour ce dernier cas, on obtient une estimation de l'empreinte carbone totale des déplacements professionnels de **22.473 tonnes eCO₂**, soit **48% de réduction** par rapport au cas de base. En plus d'une baisse d'émissions considérable, on note que la solution proposée par le premier cas est bien plus efficace que la deuxième et doit donc être priorisée.

Sur la figure suivante, on peut donc faire les mêmes conclusions que sur le 1^{er} cas : des distances majoritairement parcourues en train ne représentent qu'une faible part des émissions.

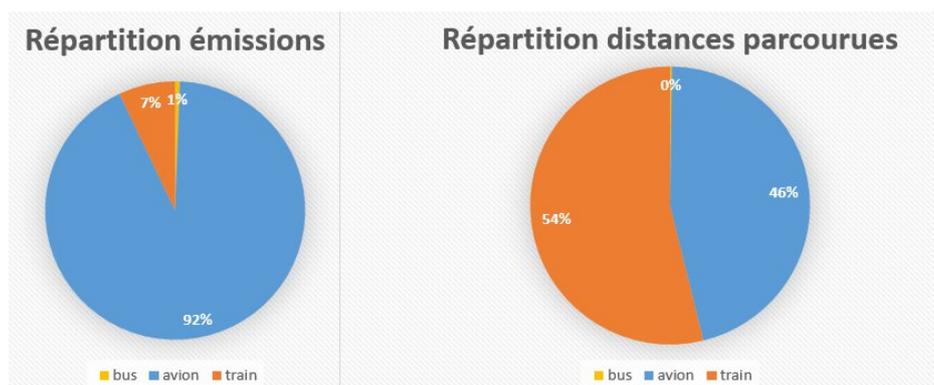


Figure 13 Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas 3

d. Matériel informatique

Pour le matériel informatique, une bonne pratique en lien avec la sobriété énergétique serait d'éviter le remplacement de matériel tant qu'il est toujours en mesure de fonctionner. Il est aussi judicieux de choisir des fournisseurs qui s'engagent à rendre leur produit les plus éco-responsables possibles. Enfin, il est toujours possible de recycler le matériel en fin de vie.

e. Accessibilité des données

Pour finir, ce travail de bilan de gaz à effet de serre est indispensable pour faire l'état des lieux des émissions selon les différents postes recensés, pour mettre en place les actions à mener et pour évaluer la réussite de ces changements à travers des bilans ultérieurs. Cependant, tout cela n'est possible seulement si les données sont accessibles. Il convient donc d'optimiser le système documentaire. Il faudra donc continuer à sourcer toutes les données récupérées comme sur le tableur de récolte des données en annexe de ce document.

Parmi les onglets actuellement disponibles sur l'outil, les données relatives aux déplacements professionnels sont les plus complexes à obtenir. Le logiciel gestionnaire de ces données (GFD) pourrait être optimisé ou changé pour faciliter l'extraction des données. Il serait préférable de proposer des tableurs d'extraction plus complets incluant les étapes du trajet et les modes de transport. D'autre part, certains usagers ne remplissent pas de façon complète ce logiciel, ce qui complexifie la récolte des données. Il serait donc judicieux de faire une courte formation ou une incitation au remplissage correct et complet des données (avec la description des étapes, des changements de mode de transport, etc...)

9. Conclusions

Ce rapport a mis en exergue le fonctionnement de l'outil *GES1point5* et ses limites, le processus de collecte des données, les résultats et des pistes d'amélioration. Plusieurs conclusions peuvent ressortir de ce travail. D'une part, l'outil conçu par *Labos1point5* propose des fonctionnalités intéressantes qui facilitent grandement le traitement des informations. Les différentes possibilités d'exportation des données, la liste des facteurs d'émission et les explications fournies sur ses méthodes de calcul permettent une certaine transparence sur ce traitement des données. En outre, les résultats sortis par l'application web donnent des visuels pertinents et faciles à exploiter. Ses limites en terme d'approximations, d'incertitudes et de manque de certains postes importants pour le moment (Achats, Déchets, Gaz, ...) ne permettent cependant pas d'avoir une vision tout à fait complète des émissions de gaz à effet de serre de cette entité. *GES 1-point-5* n'étant qu'à ses débuts, nous pouvons être optimistes quant à son développement prochain. D'autre part, le processus de collecte des données souvent chronophage à ses débuts, devrait pouvoir être optimiser pour les bilans à venir. Il est important de continuer à sourcer les données pour y avoir un accès plus direct lors des prochains travaux. On peut même imaginer la création d'un document unique, propre au laboratoire, contenant toutes les données nécessaires à l'application web rempli chaque année. Finalement, les résultats obtenus ont permis de mettre en avant les postes émetteurs principaux : le chauffage et les déplacements domicile/travail. Les différentes recommandations proposées dans ce document devraient permettre de donner des pistes à choisir pour réduire les émissions. Il est primordial de mettre en place les recommandations choisies et surtout d'évaluer les répercussions (quelles soient positives ou négatives) au fil des années. Un suivi rigoureux permettrait de réaliser un bilan de GES tous les trois ou quatre ans. Il est aussi indispensable de recueillir les ressentis du personnel. Ainsi, les changements apportés ne devront pas porter atteinte à la qualité des conditions de travail des membres du

laboratoire. Pour rendre cette démarche collective, la mise en place de séminaires et de débats sur le sujet permettrait de donner de la voix au personnel et de le laisser lui aussi imaginer des moyens d'action. Il va sans dire qu'une bonne application des actions de réduction ne saurait avoir lieu sans l'implication des membres du laboratoire.

Table des illustrations

<i>Tableau 1</i> Kilométrage annuel de chaque véhicule du laboratoire.....	9
<i>Tableau 2</i> Types d'émissions et kg eCO2 selon le scope et le poste du bilan réglementaire	11
<i>Tableau 3</i> Types d'émissions et kg eCO2 selon les différents postes de l'empreinte carbone.....	13
<i>Tableau 4</i> Types d'émissions et kg eCO2 selon les différents postes de l'empreinte carbone.....	14
<i>Tableau 5</i> Ratios kilométriques et d'émissions selon la catégorie du transport de déplacements quotidiens.....	14
<i>Tableau 6</i> Ratios kilométriques et d'émissions selon le mode de transport de déplacements professionnels.....	15
<i>Figure 1</i> Interface de l'outil GES 1-point-5.....	7
<i>Figure 2</i> Onglet Périmètre.....	9
<i>Figure 3</i> Diagramme circulaire d'émissions selon les scopes.....	13
<i>Figure 4</i> Diagrammes circulaires d'émissions selon les postes des scopes 2 et 3.....	13
<i>Figure 5</i> Diagramme circulaire d'émissions selon les postes principaux de l'empreinte carbone.....	15
<i>Figure 6</i> Émissions et kilomètres parcourus relatifs aux déplacements domicile/travail	16
<i>Figure 7</i> Répartition des déplacements selon la catégorie de personnel.....	17
<i>Figure 8</i> Émissions et kilomètres parcourus relatifs aux déplacements professionnels.....	18
<i>Figure 9</i> Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas de base.....	22
<i>Figure 10</i> Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas 1.....	23
<i>Figure 11</i> Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas 2.....	23
<i>Figure 12</i> Répartition des émissions et des distances parcourues - Cas 3.....	24

Annexes – Fiches de collecte des données

Fiche de collecte BGES LGF 2019 Section Périmètre

Périmètre organisationnel

Nom des données	Valeur	Unité
Année BGES	2019	/
Budget annuel	3213049	€
#Chercheurs	3	/
#Enseignants-chercheurs	40	/
#ITA	40	/
#Docs./post-docs.	52	/
#Total	135	/

Source

Nom Prénom	Christien Frédéric
Fonction	Enseignant-chercheur
Email	frederic.christien@emse.fr
Téléphone	

Fiche de collecte BGES LGF 2019 Section Matériel Informatique

Modele	Fabricant	Type	Nombre
Latitude 5490	DELL	Portable	9
Precision 5540	DELL	Portable	3
Latitude 5290 2-ir	DELL	Portable	1
OptiPlex 7060	DELL	Fixe	1
Precision 3630 To	DELL	Fixe	8
Precision 7530	DELL	Portable	1
27"		Écran	23
		Souris	23

Fiche de collecte BGES LGF 2019 Section Bâtiments

Bâtiments

Uniquement les bâtiments dédiés aux activités de recherche et au service support du labo (pas salles d'enseignement)

Identifiant	Surface utile brute(SUB)[m ²]	% de SUB	Chauffage électrique [V/F]	LGF proprio de l'installation du chauffage non électrique (si applicable)[V/F]	Production et autoconso d'élec PV [V/F]
1 LGF	15747	100	F	F	F
2					

Source (surface)

Nom Prénom	Ollivier Maelig
Fonction	Enseignant Chercheur
Email	maelig.ollivier@emse.fr
Téléphone	

Chauffage

Id bâtiment	Type de chauffage	Conso Janvier [kWh PCI]	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel (à défaut)	
1	LGF	Gaz naturel	287 250	244 684	141 494	126 555	93 978	15 667	90	130	638	47 775	160 164	183 813	1 302 239
2															

Source

Nom Prénom	Bonny Sandrine
Fonction	Ingénieure QSSE
Email	sandrine.bonny@emse.fr
Téléphone	0477420069 / 0626537857

Notes

Seules les consommations du site 158 sont disponibles, on applique un prorata de surface du LGF pour avoir une approximation des consommations du LGF Surface LGF / Surface 158 0,54616398 Le compteur étant pour l'ensemble du site, on ne distingue pas la consommation des bâtiments. On considère donc simplement les consommations du LGF. Pour le gaz naturel, on considère PCS/PCI = 1,111 Documentation Base Carbone (ademe.fr)
--

Electricité

Id bâtiment	Conso Janvier [kWh]	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel (à défaut)
1	LGF	71 253	64 273	73 309	73 736	70 014	63 280	71 558	56 230	62 661	65 037	64 202	800 670
2													

Source

Nom Prénom	Bonny Sandrine
Fonction	Ingénieure QSSE
Email	sandrine.bonny@emse.fr
Téléphone	0477420069 / 0626537857

Notes

Seules les consommations du site 158 sont disponibles, on applique un prorata de surface du LGF pour avoir une approximation des consommations du LGF Surface LGF / Surface 158 0,54616398 Le compteur étant pour l'ensemble du site, on ne distingue pas la consommation des bâtiments. On considère donc simplement les consommations du LGF.

Fluides frigorigènes

Sur les factures d'entretien des systèmes de réfrigération/climatisation : gaz concerné et quantités injectées dans les systèmes pour compenser les fuites

Id bâtiment	Nom fluide	Charge moyenne climatiseur en fluide [kg]	Taux fuite annuel %	Taux fuite fin de vie % (si mis en rebut)	Conso = taux * charge [kg]
LGF	R22->R407C	7,5	10%		0,75
LGF	R410A	1,7	10%		0,17
LGF	R410A	1,2	10%		0,12
LGF	R410A	1,2	10%		0,12
LGF	R410A	1,25	10%		0,125
LGF	R410A	0,85	10%		0,085
LGF	R410A	7,3	10%		0,73
LGF	R410A	7,3	10%		0,73
LGF	R410A	2,8	10%		0,28
LGF	R410A	7,5	10%		0,75
LGF	R410A	0,97	10%		0,097
LGF	R410A	1,2	10%		0,12
LGF	R410A	1	10%		0,1
LGF	R410A	33	10%		3,3

Source

Nom Prénom	Bonny Sandrine
Fonction	Ingénieure QSSE
Email	sandrine.bonny@emse.fr
Téléphone	0477420069 / 0626537857

Notes

Le fluide R22 est interdit d'utilisation depuis le 1er janvier 2015 (https://www.service-clients-daikin.fr/Vous-etes-equipe-d-installation-au-R-22_a118.html) en raison de son impact négatif sur la couche d'ozone On fait l'hypothèse que le fluide R407C a été utilisé en remplacement car il s'agit d'un substitut usuel dans les systèmes de climatisation (http://m.fr.fluorines-chemicals.com/hfc-refrigerant/replacing-r22-with-r407c-refrigerant.html et https://docplayer.fr/9675480-La-solution-climatique-catalogue-general-www-multiclimate-com.html)
--

**Fiche de collecte
BGES LGF 2019
Section Véhicules**

Véhicules

Identifiant	Contrôle opérationnelle [V/F]	Type	Motorisation	Distance janvier [km]	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
1 Clio break N6 - CK252BM	F	Voiture	Diesel	1103	3	416	92	20	741			576		97		3048
2 Clio break N13 - EG-052-QV	F	Voiture	Diesel	29		819	884	167	1276			181	609	2217		6182
3 Clio break N15 - EG-949-JE	F	Voiture	Diesel	1911	748	700		486	45	4		661	115			4670
4 Clio berline N3 - BR379AJ	F	Voiture	Diesel		245	1533	131	247	1551	581		915	758	593	1485	8039
5 Trafic 9 places - EK-155-BT	F	Voiture	Diesel	100				1075	29	34	27			135	263	1663
6 ZOE N9 - EF400NM	F	Voiture	Electrique			19	28	2	54	37		26		34	17	217

Source

Nom Prénom	Bonny Sandrine
Fonction	Ingénieur QSSE
Email	sandrine.bonny@emse.fr
Téléphone	0477420069 / 0626537857

**Fiche de collecte
BGES LGF 2019
Section Missions**

#mission	Date départ	Ville départ	Pays départ	Ville destination	Pays destination	Mode de déplacement	Nb de personnes	Aller / Retour	Motif du déplacement	Statut de l'agent (optionnel)
1	11/02/2019	Saint-Étienne	France	VINCENNES	France	Train		OUI		
2	27/02/2019	Saint-Étienne	France	VINCENNES	France	Train		OUI		
3	31/01/2019	Toulouse	France	Lyon	France	Avion		OUI		
3	31/01/2019	Lyon	France	Saint-Étienne	France	Train		OUI		
4	31/01/2019	Paris	France	ST ETIENNE	France	Train		OUI		
5	30/01/2019	Saint Martin d	France	ST ETIENNE	France	Voiture	1	OUI		
6	31/01/2019	Caen	France	Lyon	France	Avion		OUI		
6	31/01/2019	Lyon	France	Saint-Étienne	France	Train		OUI		
7	09/01/2019	Saint-Étienne	France	SOLAIZE	France	Voiture	1	OUI		
8	29/01/2019	Saint-Étienne	France	LIMOGES	France	Voiture		OUI		
9	01/02/2019	Grenoble	France	ST ETIENNE	France	Voiture	1	OUI		
10	01/02/2019	Saint-Étienne	France	NOISY LE GF	France	Train		OUI		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
446	05/11/2019	Le Chambon l	France	Lyon	FRANCE	Train		OUI		
447	22/11/2019	Le Creusot	France	Lyon	FRANCE	Train		OUI		
448	28/11/2019	Saint-Étienne	France	Paris	FRANCE	Train		OUI		
448	28/11/2019	Saint-Just Ma	France	Saint-Étienne	FRANCE	Voiture	1	OUI		
449	07/12/2019	Paris	France	Pleumeur Boc	FRANCE	Voiture	1	OUI		
450	02/07/2019	St-Etienne	France	Paris	FRANCE	Train		OUI		
451	20/05/2019	St-Etienne	France	Paris	FRANCE	Train		OUI		
452	20/11/2019	St-Etienne	France	Massy	FRANCE	Train		OUI		
453	03/12/2019	St-Etienne	France	SAINT-ETIEN	FRANCE	Voiture	1	OUI		
454	03/12/2019	St-Etienne	France	Lyon	FRANCE	Train		OUI		
455	02/12/2019	St-Etienne	France	VILLEURBAN	FRANCE	Train		OUI		
456	13/12/2019	St-Etienne	France	SAINT-ETIEN	FRANCE	Voiture	1	OUI		

Sources

Nom Prénom	Blanc Julie
Fonction	Chargée de gestion administrative et financière - Centre SMS
Email	jblanc@emse.fr
Téléphone	04 77 42 01 86

Fiche de collecte
BGES LGF 2019
Section Déplacements domicile travail

seqID	Jours	Statut	March	Vélo	J	Vél	trot	2 roue	Voit	Bus	Tram	Train	RER	Mé	Jours	March	Vélc	Vélo	é	trot	2 roue	Voit	Bus	Tram	Train	RER	Métrc	Total (kg eCO2)
52675	5	researcher	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1415
52677	2	student	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	
52678	2	student	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	
52680	4	engineer	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2829	
52681	5	engineer	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	
52682	5	engineer	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
52683	5	engineer	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
52684	5	engineer	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
52685	5	engineer	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	937	
52686	4	engineer	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1132	
52687	5	engineer	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	
52689	5	researcher	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52691	5	researcher	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
52692	5	researcher	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119	
52695	4	engineer	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1697	
⋮																												
53234	5	researcher	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1499	
53235	5	engineer	0	0	0	0	0	##	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4715	
53236	5	engineer	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	445	
53455	3	researcher	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119	
53457	5	engineer	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	990	
53462	5	researcher	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	0	760	