

RAPPORT DE STAGE FI5

Bilan GES du laboratoire Edytem – LCME



Nom de l'organisme d'accueil : Laboratoire EDYTEM – UMR5204
Adresse postale : 5 Boulevard de la mer Caspienne, 73370 Le Bourget-
du-Lac
Coordonnées téléphoniques : +33 4 79 75 87 84

Sous la direction de : Franck Delbart, Ingénieur de
Recherche CNRS
Et de Valentine Avenet et d'Olivier Gilbert du
Bureau d'Etude Ardae

5 mots clés décrivant le stage :

Bilan

Environnement

Empreinte

Sobriété

Laboratoire

Résumé significatif

Les problématiques actuelles liées au changement climatique, provoqué par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES), ont atteint aujourd'hui notre société à toutes les échelles. Elle commence à en mesurer l'impact et la nécessiter d'agir pour en limiter les effets néfastes.

A ce titre, l'ensemble des acteurs économiques est de plus en plus contraint à limiter ses émissions de GES. C'est le cas du laboratoire de recherche Edytem – LCME, sur le campus de Technolac, où s'est déroulé le stage. En effet, les laboratoires de recherche française sont sommés depuis 2012 de faire leur Bilan GES et de réduire leurs émissions de GES de 50 % d'ici à 2030. Cette obligation a donc conduit à la réalisation du premier Bilan GES du laboratoire Edytem – LCME, auquel ce stage a été entièrement consacré.

Le processus de réalisation du Bilan GES a été le suivant : définir le périmètre d'étude, récolter et traiter les données, synthétiser les résultats et proposer un plan d'action comportant des solutions chiffrées pour réduire les émissions de GES. Le traitement des données a été fait via l'outil GES1point5, conçu par le collectif Labos1point5 spécifiquement pour les laboratoires de recherche.

Une fois les résultats du Bilan GES présentés, des décisions concernant la réduction des émissions de GES seront votées collectivement par les membres du laboratoire. Afin de suivre l'évolution de ces émissions, le Bilan GES devra être réactualisé tous les trois ans.

Sommaire

1. Résumé des résultats	4
2. Contexte et raisons du stage	7
2.1 Le contexte.....	7
2.2 Les raisons du stage	9
3. Méthode utilisée pour la réalisation du Bilan GES	10
3.1 La méthodologie utilisée	10
3.2 L'outil utilisé : GES 1point5	11
3.3 Le périmètre d'étude	11
3.3.1 Emissions de GES prises en compte.....	11
3.3.2 Années étudiées	12
3.4 Obtention et traitement des données	13
3.4.1 Les bâtiments.....	13
3.4.2 Les véhicules de service	14
3.4.3 Les missions	15
3.4.4 Les déplacements domicile – travail	16
3.5 Difficultés rencontrées.....	17
4. Les résultats.....	18
4.1 Incertitudes et limites de l'étude.....	18
4.2 Les résultats – année 2019.....	18
4.3 Les propositions de réduction	22
4.3.1 Electricité.....	22
4.3.2 Chauffage.....	24
4.3.3 Missions	26
4.3.4 Déplacements domicile – travail	30
4.3.5 Vue d'ensemble des propositions	31
4.4 Comparaison des années 2019 et 2020	31
4.5 Concrétisation des solutions : groupes de travail et prises de décision	33
Conclusion & perspectives	35
Liste des figures et bibliographie	36
Annexes	37
Remerciements.....	38

1. Résumé des résultats

Sur l'année 2019, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du laboratoire Edytem – LCME ont été de **295 tCO₂eq sur le périmètre étudié.**

Important : l'important à retenir est la répartition de ces émissions. Les incertitudes relatives à ces résultats sont détaillées plus loin dans un paragraphe dédié. En voici la répartition :

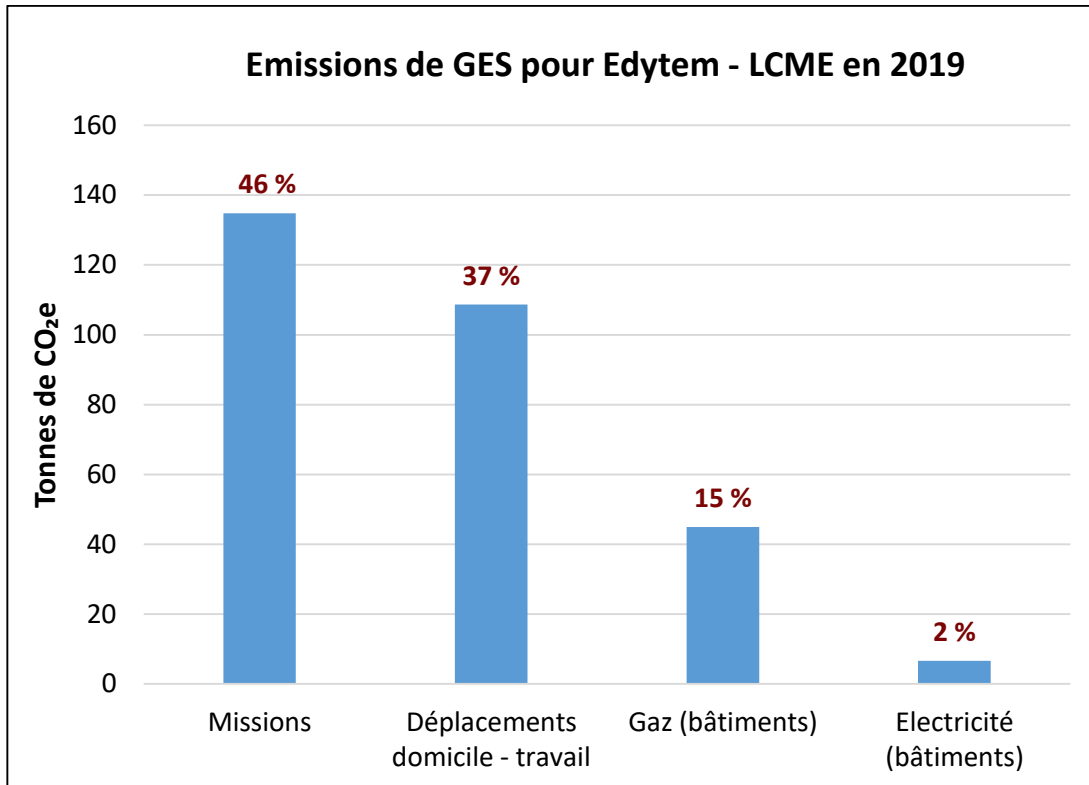






Figure 1 : émissions de GES partielles du laboratoire Edytem - LCME – année 2019

Le périmètre d'étude était le suivant :

- Emissions de GES liées aux déplacements en mission 
- Emissions de GES liées aux déplacements domicile – travail 
- Emissions de GES liées à la consommation de gaz pour chauffer les bâtiments du laboratoire 
- Emissions de GES liées à la consommation d'électricité du laboratoire 

Les émissions liées aux déplacements en mission et aux déplacements domicile – travail ont été détaillées dans le graphiques suivants :

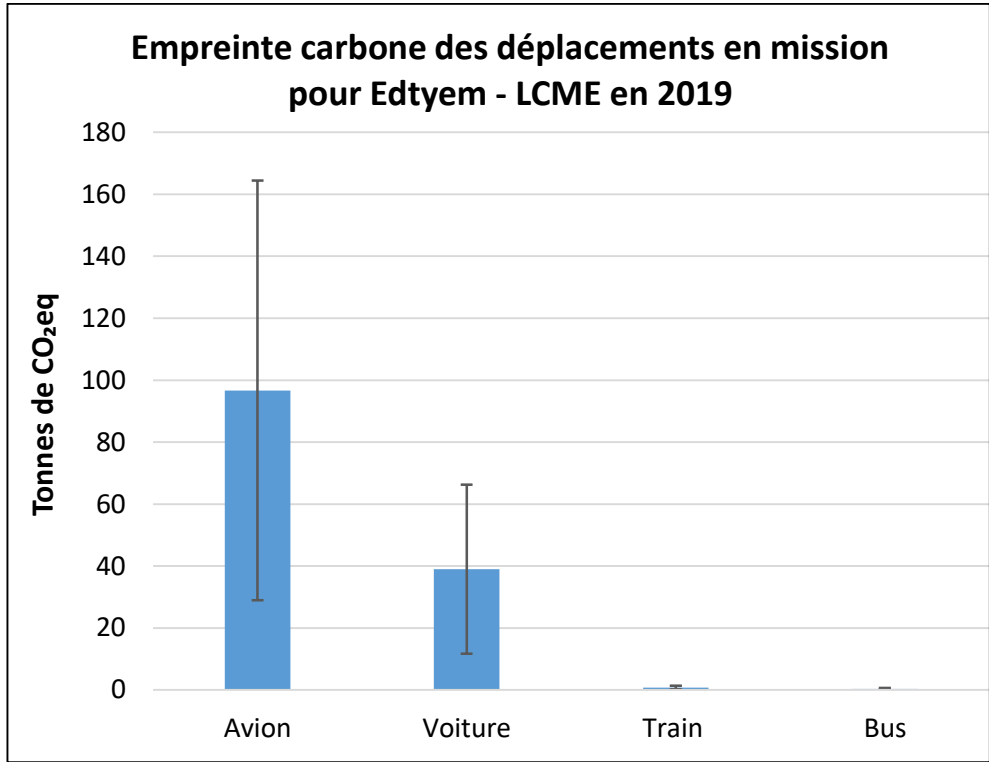


Figure 2 : émissions de GES liées aux transports durant les missions pour Edytem – LCME - année 2019

L'avion apparaît comme responsable de la plus grande part des émissions de GES liées aux déplacements en mission, devant la voiture. Les parts du train et du bus sont beaucoup plus faibles.

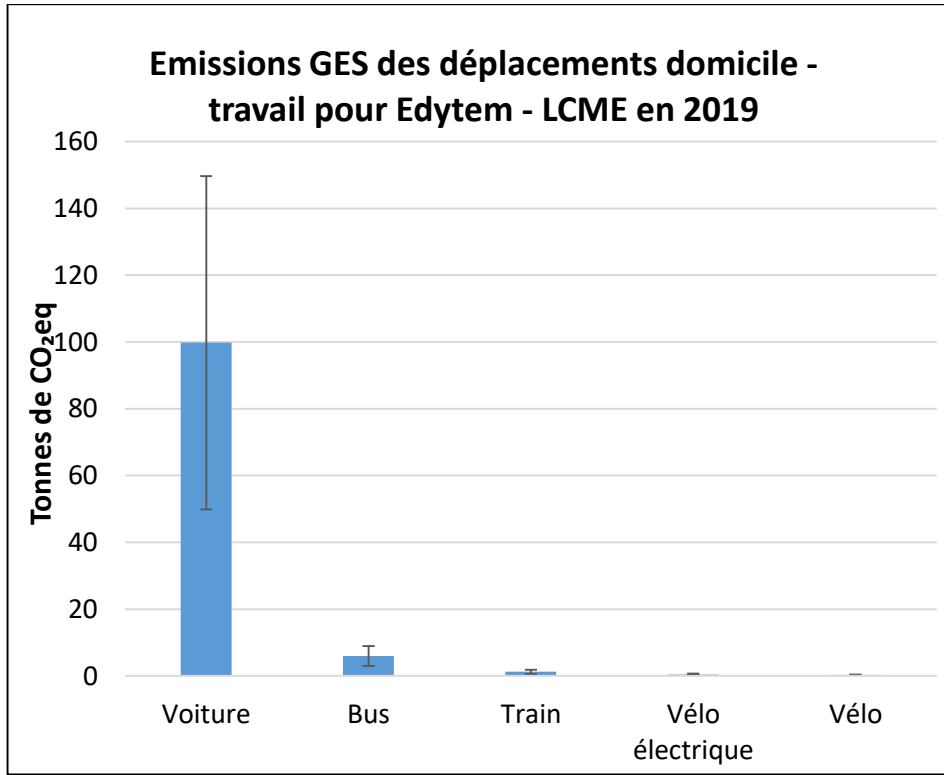


Figure 3 : émissions GES liée aux déplacements domicile – travail pour Edytem – LCME - année 2019

Pour les déplacements domicile – travail, c'est la voiture qui est responsable de la plus grande part des émissions de GES.

Afin de voir l'impact de la pandémie de Covid-19 sur les activités du laboratoire, les émissions GES de l'année 2020 ont également été évaluées. En comparant les émissions de ces 2 années, voici ce qu'il en ressort :

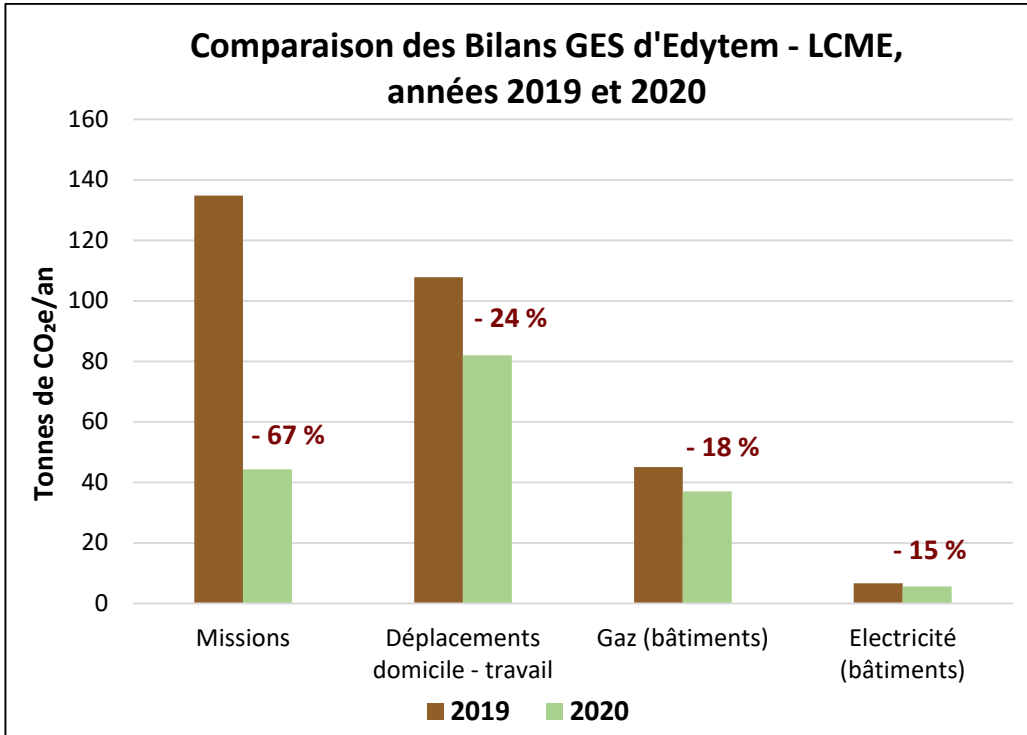


Figure 4 : comparaison des émissions de GES entre 2019 et 2020 pour Edytem - LCME

En 2020, les émissions de GES du laboratoire Edytem – LCME ont diminué de 43 %, par rapport à 2019. Ce sont les trajets pour les missions qui ont été les plus affectées, avec une diminution de 67 % des émissions de GES. En voici le détail :

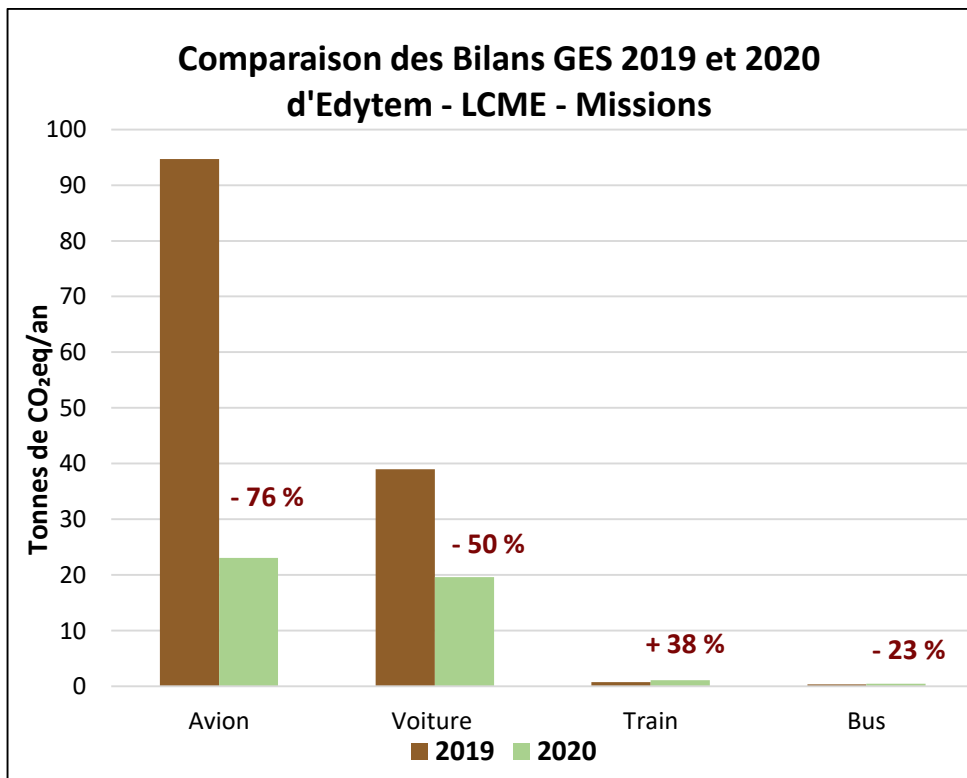


Figure 5 : comparaison des émissions de GES liées aux missions d'Edytem – LCME en 2019 et 2020

Ce graphique montre que la forte baisse des émissions de GES liées aux trajets pour les missions est due surtout à une diminution très marquée de l'utilisation de l'avion et de la voiture en 2020 par rapport à 2019.

2. Contexte et raisons du stage

2.1 Le contexte

A l'origine, avant la fusion avec le LCME, Edytem est un laboratoire de recherche universitaire créé en 2003, appelé Unité Mixte de Recherche (UMR) du Centre National de la Recherche Scientifique CNRS. L'acronyme Edytem signifie Environnement, Dynamiques et Territoires de Montagne. La création de cette UMR était animée par la volonté de rassembler des chercheurs de plusieurs disciplines afin d'étudier des problématiques axées essentiellement autour de la montagne sous plusieurs angles : celui des sciences naturelles et celui des sciences sociales.

Ainsi, ce laboratoire regroupe à la fois des chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs de recherche de ces deux milieux : géologues, glaciologues géomorphologues mais aussi géographes, archéologues et sociologues.

Le laboratoire est organisé en **4 équipes de recherche** :

- **Equipe Matières** : elle étudie les matières utilisées par l'Homme, synthétiques ou non. Cette équipe étudie avant tout les processus de transformation des matières, afin de mieux comprendre ceux-ci et de permettre à l'Homme d'exploiter au mieux les ressources dont il dispose en travaillant par exemple sur des méthodes pour mieux valoriser des matières, ou encore sur le développement de matériaux durables.
- **Equipe Morphodynamiques** : cette équipe étudie les variations des reliefs de montagne. Les deux grands terrains d'étude sont la haute montagne (glaciers, permafrost) et les milieux karstiques (grottes, réseaux souterrains, gouffres). Les études sont menées dans le but de comprendre la dynamique des reliefs, de l'érosion et du réchauffement des sols, afin de pouvoir notamment mieux prévenir leur érosion et les potentielles menaces d'éboulements de terrain pour l'humain.
- **Equipe Sociétés** : le but de cette équipe est de comprendre l'évolution des sociétés et du rapport qu'elles ont eu et ont avec l'environnement qui les entoure. Cela comprend l'évolution des choix dans la politique mise en place par rapport à l'environnement, de la gestion des ressources et donc plus généralement des comportements des sociétés vis-à-vis de leur environnement. Encore une fois, la majeure partie des études est faite sur des terrains montagneux.
- **Equipe Zone Critique** : la Zone Critique est appelée ainsi car c'est la partie externe de la couche terrestre dans laquelle se passent les interactions chimiques entre la terre et la roche et dont la dégradation serait critique pour le futur de la vie sur terre. Etudier cette zone est donc capital car cela permet de comprendre son fonctionnement, son évolution et son adaptation aux changements de l'atmosphère. En première cible, l'étude de l'effet qu'engendre l'augmentation de la pollution dans les sols permet de modéliser leur évolution à long terme, ce qui est primordial et qui est mis en avant pour inciter les politiques et les sociétés à évoluer de façon plus vertueuse.

Ces 4 équipes ont donc toutes des points en commun et travaillent souvent ensemble sur des problématiques. Edytem a organisé sa recherche en **3 grands thèmes**, dans lesquels ces équipes consacrent leur temps :

Thème 1 : Changements environnementaux et sociétés

Ce thème traite de l'évolution des changements de comportement de l'Homme au cours du temps, et des modifications engendrées sur son environnement soit par ces changements, soit par les variations climatiques (qui n'ont pas toujours été causées par l'activité humaine, comme par exemple les périodes de glaciation).

Le but est d'arriver à créer un modèle qui simule les changements de comportements futurs de nos sociétés, et les impacts que ces changements auront sur l'environnement.

Thème 2 : Ressources et Patrimoines

Dans ce thème, la recherche est surtout axée sur l'interrogation par rapport aux notions de ressource et de patrimoine : comment est définie une ressource, un patrimoine, quelle est la différence entre une ressource patrimoniale et un patrimoine ressourcé et quels sont les enjeux et modes de conservation, patrimonialisation et labellisation observés dans nos sociétés.

Thème 3 : Epistémologie, politiques, espaces de montagnes

Ce thème se compose donc de 3 aspects. Pour clarifier le premier, il s'agit pour les chercheurs d'étudier le sens des mots relatifs au vocabulaire de la montagne afin de se mettre d'accord et d'avoir ensuite des discussions où les interlocuteurs s'expriment et se comprennent.

Par la suite, les chercheurs concentrent leur travail sur l'analyse des politiques mises en place en milieux montagneux. L'étude du fonctionnement d'un Parc National est un bon exemple.

Ces 3 thèmes sont donc le noyau central de la recherche à Edytem. Les chercheurs des 4 équipes travaillent ensemble et réalisent des études qui mélangent parfois les points de vue de plusieurs disciplines, ce qui permet d'étudier une problématique sous plusieurs aspects qui se complètent.

Au niveau structurel, Edytem fait partie d'un ensemble de 4 unités de recherches :

- Le CARRTEL (**C**entre **A**lpin de **R**echerche sur les **R**éseaux **T**rophiques et les **E**cosystèmes **L**imniques),
- Edytem – LCME (**E**nvironnement, **D**Ynamiques et **T**erritoires de **M**ontagne – **L**aboratoire de **C**himie **M**oléculaire et **E**nvironnement),
- Le LECA (**L**aboratoire d'**E**Cologie **A**lpine),
- Et le LESSEM (**L**aboratoire **E**co**S**ystème et **S**ociétés **E**n **M**ontagne).

A ces unités est associée l'unité de service SAJF (**S**tation **A**lpine **J**oseph **F**ourier).

Cet ensemble forme la Fédération de Recherche en Ecologie et Environnement – Alpes, appelée **FREE Alpes**. Elle regroupe au total 204 chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs, rattachés à 5 tutelles dont 3 organismes nationaux (CNRS, IRNA, IRSTEA) et 2 universités (UGA, USMB). Cela représente une vraie force scientifique. Les recherches sont faites en majorité sur l'environnement montagneux et alpin, et l'approche est donc pluridisciplinaire.



Figure 6 : les différentes entités en lien avec le stage (½)

Depuis 2021, le LCME a fusionné administrativement avec Edytem, pour former **le laboratoire Edytem – LCME**. Cependant, ces deux entités sont séparées physiquement dans deux bâtiments distinct. Dans la suite du rapport pourront donc être mentionnés les termes suivants : le "laboratoire Edytem – LCME", la "partie Edytem" ou la "partie LCME".

2.2 Les raisons du stage

Depuis la création de l'article 75 de la loi du 10/07/2010 sur l'empreinte carbone de la recherche française, les laboratoires de recherche sont tenus de faire leur Bilan GES (Gaz à Effet de Serre) à compter du 31/12/2012 et de le mettre à jour tous les 3 ans.

Le but est de comptabiliser les émissions de GES des laboratoires, de les diminuer de **40 % d'ici 2030** par rapport au niveau de 2012 et d'atteindre la **neutralité carbone d'ici 2050**, qui signifie que le laboratoire doit émettre autant d'émissions qu'il n'en absorbe, ou qu'il en fait absorber en finançant par exemple des projets de captage de CO₂.

Etant donné qu'aucun Bilan GES n'avait été réalisé auparavant pour le laboratoire Edytem – LCME, il a été décidé de fixer l'objectif de réduction des émissions à **50 % d'ici à 2030**, par rapport au niveau de 2019, qui est l'année de référence pour ce Bilan GES.

Sous la coordination de Franck Delbart, le premier Bilan GES d'Edytem – LCME a donc été réalisé pendant que les autres laboratoires de FREE Alpes faisaient de même. 3 autres laboratoires ont également réalisé leur Bilan GES dans le même temps : le LOCIE (Laboratoire Optimisation de la Conception de l'Ingénierie de l'Environnement), le LIMB (Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité) et enfin l'ETNA (Erosion Torrentielle, Neige et Avalanche).

Au total, ce sont donc **7 laboratoires et une unité de service** qui ont effectué leur Bilan GES sur en 2021, réalisés par des stagiaires de niveau Master 1 à Master 2.

Durant tout le stage, le travail a été fait en collaboration avec ces différents laboratoires : l'idée était de communiquer sur la méthode adoptée et les difficultés rencontrées lors de la réalisation de leur Bilan GES respectifs. Il y a donc eu des réunions bimensuelles avec l'ensemble des acteurs des Bilans : stagiaires, tuteurs et coordinateur (Franck Delbart). Ces réunions servaient à résoudre les problèmes rencontrés via l'expérience des uns et des autres et à harmoniser le traitement des données.



Figure 7 : les différentes entités en lien avec le stage (2/2)

3. Méthode utilisée pour la réalisation du Bilan GES

3.1 La méthodologie utilisée

Afin d'estimer les émissions de GES d'une activité, plusieurs méthodes existent : la méthode Bilan Carbone[®], développée par l'ADEME dans les années 2000 et dirigée maintenant par l'Association Bilan Carbone (ABC), ou le GHG Protocol par exemple. Ces 2 méthodes disposent chacune de leur propre outil pour réaliser un Bilan de Gaz à Effet de Serre. Ainsi, l'ABC propose l'utilisation du tableur Excel Bilan Carbone[®].

Le fonctionnement de ce tableur est le suivant : les données sont rentrées dans le tableur, sous plusieurs unités possibles (litres d'essence consommés ou kilomètres parcourus par une voiture, par exemple) et converties en t CO₂e. Cette conversion est réalisée grâce à des **facteurs d'émissions (FE)** : ce sont des coefficients permettant de convertir une donnée en CO₂eq. C'est grâce à ces facteurs que peut être obtenue l'empreinte carbone d'un voyage en voiture ou d'un achat, par exemple. C'est donc eux qui permettent d'avoir, au final, les émissions de GES liées à chaque source d'émission.

Ces facteurs d'émissions sont consultables en accès libre sur le site de l'ADEME.

Durant ce stage, un autre outil a été utilisé : GES1point5. Nous reviendrons plus tard sur son fonctionnement, différent de celui du tableur Bilan Carbone[®]. Toutefois, la méthodologie suivie a été celle du Bilan Carbone[®] et comportait les étapes suivantes :

- Etape 1 : nomination d'un pilote et définition des objectifs de la démarche Bilan Carbone[®], **sensibilisation de l'équipe technique et de la direction.**
- Etape 2 : définition des périmètres étudiés. 3 périmètres sont à définir : les périmètres **organisationnel, opérationnel et temporel.**
- Etape 3 : collecte et traitement des données. Les données sont toutes converties en tonnes de CO₂ équivalent, ou tCO₂eq.
- Etape 4 : création d'un plan d'action visant à réduire les émissions de CO₂eq de l'entité étudiée. **Nécessité d'amener des propositions** chiffrées visant à atteindre les objectifs demandés.
- Etape 5 : Synthèse du Bilan Carbone[®]. Rapport faisant la synthèse du travail effectué pendant les 4 étapes précédentes.
- Actions de sensibilisation : à mener pendant les étapes 1 et 3, les actions de sensibilisations doivent permettre au personnel de comprendre la démarche du Bilan Carbone[®] ainsi que de voter en faveur des mesures visant à réduire l'empreinte carbone de l'entité étudiée. **La réussite d'un Bilan Carbone[®] ou GES dépend en effet essentiellement de l'adhésion du personnel à cette démarche.** Comme les émissions CO₂eq qui sont quantifiées et qui doivent être diminuées sont en grande partie dépendantes du comportement du personnel, la réduction de celles-ci ne pourra être significative que si les principaux intéressés adhèrent au projet.

Tout au long de la réalisation du Bilan GES, il y a donc un vrai travail de communication derrière celui de récolte et de traitement des données. Dans le cadre du Bilan GES d'Edytem – LCME, une présentation a été faite quelques semaines après le début du stage, à laquelle l'ensemble du laboratoire a été convié. Cette présentation a eu pour but **d'informer** les personnels, leur rappeler les **enjeux** et la **nécessité** de faire un Bilan GES pour ensuite **réduire** ce bilan dans les années à venir et leur faire comprendre que c'est essentiellement de leur **comportement** que dépendra cette réduction. Le but n'étant pas de pointer du doigt ou de donner le sentiment d'être moralisateur, mais bien de construire un travail collectif.

Toute la difficulté lors de cette première présentation est donc d'arriver à amener le Bilan GES non pas comme un outil qui condamne fermement les pratiques les plus émettrices du laboratoire, mais plutôt comme une aide venant proposer des solutions pour tendre vers une activité plus sobre en émissions de GES.

Par la suite, le lien a été gardé avec le laboratoire en communiquant à intervalles réguliers sur l'avancée du projet. Il pouvait s'agir de "flash-infos" sur les réductions d'émissions facilement réalisables, des dessins affichés dans la salle de pause ou encore, le plus souvent, de discussions avec le personnel du laboratoire aux pauses déjeuner en leur

parlant de l'avancée du travail. Beaucoup de moyens sont bons pour communiquer, le tout était de rester inventif et de trouver la juste quantité d'informations à envoyer.

Enfin, une **boîte à idées** sous forme de tableur drive été mise en place, sur laquelle les membres du laboratoire ont pu proposer des idées visant à réduire l'empreinte carbone. Sur cette boîte à idée, tout le monde pouvait commenter les idées déposées et ainsi contribuer à un début de réflexion collective.

Ainsi, en 2 mois, 30 propositions ont été amenées par divers membres du laboratoire. Bien que certaines n'étaient pas réalisables, d'autre étaient très intéressantes et cela a permis de lancer une dynamique de réflexion au sein du groupe.

3.2 L'outil utilisé : GES 1point5

Le Bilan GES d'Edytem – LCME a été réalisé avec l'outil web **GES 1point5**. Cet outil a été développé par le collectif Labos 1point5, qui est un collectif de personnes issues du monde académique fondé en mars 2019. De différentes disciplines, ces personnes avaient pour idée de départ d'évaluer et de réduire l'empreinte carbone de la recherche scientifique française plus simplement qu'avec l'outil Bilan Carbone ®. Les membres de ce groupe ont donc développé un outil spécialement conçu pour pouvoir estimer l'empreinte carbone des laboratoires de recherche.

L'outil GES1point5 est donc un outil très jeune. La version utilisée pour ce Bilan GES est la première version de l'outil, sachant que la suivante est déjà en cours de développement.

Il est important de préciser en quoi l'outil GES 1point5 diffère du tableur Bilan Carbone ® :

- GES 1point5 prend en compte moins de postes d'émissions que le Bilan Carbone ®. Etant très récent, il permet d'évaluer les émissions de GES les plus simples à renseigner, dans cette première version. Il est prévu que cet outil évolue dans le temps et que les prochaines versions permettent d'évaluer davantage de sources d'émissions de GES.
- GES 1point5 est un outil spécialement développé pour les laboratoires de recherche. Par exemple, un fichier Excel peut y être téléversé, contenant des centaines de missions, et sera automatiquement traité par l'outil pour en ressortir les données suivantes : l'empreinte carbone totale de ces missions et les kilomètres parcourus, pour chaque mode de transport utilisé. Le Bilan Carbone ® n'offre pas cette fonctionnalité.
- GES 1point5 est gratuit, alors que le Bilan Carbone ® nécessite de faire une formation payante afin de pouvoir utiliser le tableur Bilan Carbone ®.
- Enfin, l'outil Bilan Carbone ® est un tableur Excel, alors que GES 1point5 est un outil web, qui permet plus de souplesse d'utilisation.

3.3 Le périmètre d'étude

3.3.1 Emissions de GES prises en compte

Dans le cadre d'un Bilan Carbone ® ou d'un Bilan GES, les émissions de gaz à effet de serre appartiennent à un **poste d'émission** bien défini. Les postes d'émissions appartiennent eux-mêmes à une catégorie spécifique, appelée **Scope**. Il existe 3 scopes :

Le Scope 1 rassemble les émissions liées à des installations fixes ou mobiles situées dans le périmètre organisationnel du bilan réalisé et dont l'organisme a le contrôle. Pour le Bilan GES d'Edytem – LCME, les postes d'émissions évalués de ce scope sont les suivants :

- Émissions des sources fixes de combustions contrôlées par le laboratoire : le chauffage du bâtiment,
- Émissions de sources mobiles contrôlées par le laboratoire : les véhicules de fonction,
- Émissions fugitives liées aux fuites des systèmes de réfrigération dont le labo a le contrôle : la climatisation et les containers réfrigérants.

Le **Scope 2** contient les émissions indirectes *liées à l'énergie*, qui proviennent de la production de l'électricité, de la chaleur et/ou de la vapeur consommées par le laboratoire dans le cadre de ses activités. Pour Edytem – LCME, les postes d'émission évalués de ce scope sont :

- Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité du laboratoire,
- Émissions indirectes liées à la consommation de vapeur, de chaleur ou de froid du laboratoire.

Enfin, le **Scope 3** rassemble toutes les autres émissions. Le but du Scope 3 étant de pouvoir travailler à quantifier, pour diminuer, toute émissions engendrées directement ou indirectement par l'entité comme les déplacements de personnes ou de marchandises, les déchets (émissions directes), les services achetés (émissions indirectes), etc... Le Bilan GES d'Edytem – LCME évalue les postes suivants :

- Émissions liées à l'énergie, mais non incluses dans les Scope 1 et 2. Ce sont les émissions amont : émissions liées à l'extraction, au transport, au traitement et à la distribution des combustibles et de l'électricité,
- Émissions liées aux déplacements professionnels,
- Émissions liées aux déplacements domicile-travail, dits aussi pendulaires.

Dans sa version actuelle, l'outil GES 1point5 permet donc d'évaluer les émissions citées ci-dessus. Sa prochaine version, en cours de développement, inclura les émissions liées aux équipements numériques des laboratoires, provenant de la fabrication et de la consommation de ces équipements, et les émissions liées aux déchets du laboratoire.

L'idée de l'outil GES1point5 est que, par son utilisation plus simple que celle du tableur Bilan Carbone ®, il incite davantage les laboratoires se lancer dans leur Bilan GES.

Dans l'outil GES 1point5, les postes cités ci-dessus sont présentés sous la forme de **4 principales sources d'émissions** :

- Les bâtiments
- Les véhicules de service
- Les missions
- Les déplacements domicile-travail

C'est autour de ces 4 sources que la suite du rapport va s'axer pour l'obtention des données, leur traitement et les propositions de réduction d'émissions de gaz à effet de serre qui en découleront.

3.3.2 Années étudiées

Un Bilan GES s'établit toujours sur une année de référence. En effet, comme le but final est bien la diminution des émissions et pas seulement leur estimation, il faut pouvoir suivre l'évolution de ces émissions dans le temps.

Dans le cas du laboratoire Edytem – LCME, l'année de référence choisie a été 2019, et le Bilan GES de l'année 2020 a aussi été réalisé : En effet, l'année 2019 est une année plutôt "classique", dans le sens où le personnel du laboratoire a pu partir en mission sans contrainte.

Au contraire, 2020 a été l'année marquée par la pandémie de Covid-19, ce qui a entraîné l'annulation de nombreuses missions, et le recours massif au télétravail. En étudiant cette année, l'idée est de voir à quel point le Bilan GES du laboratoire a baissé sur celle-ci, et quelle a été cette baisse sur chaque poste étudié. Ainsi, en connaissant ces effets, cela pourra aider à prendre certaines mesures pour les années futures, connaissant à l'avance l'impact positif qu'elles auront sur le Bilan GES.

3.4 Obtention et traitement des données

3.4.1 Les bâtiments

Le but étant d'évaluer :

- Les émissions de GES liés aux sources fixes d'énergie, provenant donc du chauffage.
- Les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité.
- Les émissions de GES liées aux bâtiments, autres que l'usage d'énergie ; dans notre cas : les fluides frigorigènes issus des systèmes de refroidissement.

Le laboratoire Edytem – LCME est implanté dans 3 bâtiments sur le campus de Technolac : les bâtiment Pôle Montagne et Margériaz pour la partie Edytem et le bâtiment Chartreuse pour la partie LCME. Le laboratoire n'occupe pas toute la surface de ces bâtiments.

Les données de consommations dont l'empreinte carbone doit être évaluée sont transmises par le Service d'Exploitation du Patrimoine sous forme de fichier Excel contenant les données suivantes :

- Surface Utile Brute (SUB) de chaque bâtiment du campus,
- Pourcentage de la SUB de chaque bâtiment accordé aux laboratoires,
- Consommation d'électricité totale du campus de Technolac en kWh,
- Consommation de gaz totale du campus de Technolac en **kWh PCS**, à convertir en **kWh PCI** via l'opération suivante : $1 \text{ kWh PCI} = 1,11 \text{ kWh PCS}$

Cependant, les données de consommation de gaz et d'électricité pour les bâtiments ne sont pas exactes : en effet, chaque compteur d'électricité et de gaz étant relié à plusieurs bâtiments, **ces consommations étaient obtenues en proratisant la surface de chaque bâtiment avec la surface totale reliée au compteur correspondant.**

Pour ce qui est des fluides frigorigènes, aucune dépense n'a été faite en 2019 et 2020 pour recharger les éléments fonctionnant grâce à ces fluides (containers frigorifiques, réfrigérateurs, climatisation). Les émissions CO₂eq correspondant sont donc égales à **0 pour les années 2019 et 2020.**

Seules les consommation d'électricité et de gaz ont donc compté dans le Bilan GES du laboratoire pour cette partie. Les voici, pour les 3 bâtiments étudiés :

Année 2019

	Consommation d'électricité (kWh)	Consommation de gaz (kWh PCI)
Edytem - Pôle Montagne	57039	81 054
Edytem - Margériaz	2331	23 289
LCME	49901	93 603
Total	109 271	197 946

Année 2020

	Consommation d'électricité (kWh)	Consommation de gaz (kWh PCI)
Edytem - Pôle Montagne	52276	72148
Edytem - Margériaz	1948	5273
LCME	39895	85440
Total	94 119	162 860

Figure 8 : les consommations d'électricité et de gaz d'Edytem – LCME en 2019 et 2020

3.4.2 Les véhicules de service

Les véhicules étudiés appartenait soit au CNRS (4 véhicules), soit à l'Université (2 véhicules). L'obtention des données était différente pour chaque cas :

Véhicules du CNRS : ces véhicules ont chacun un carnet de suivi qui appartient au laboratoire Edytem – LCME, indiquant les kilomètres parcourus chaque année par chaque véhicule, qu'il fallait de relever.

Véhicules de l'Université : les carnets de bord de ces véhicules sont tenus électroniquement par le secrétariat de l'Université. Il a donc fallu faire une demande d'obtention de ces données, qui étaient ensuite reçues sous la forme d'un tableur Excel avec, là encore, les kilomètres parcourus sur une année par chaque véhicule.

Traitement des données :

- Les véhicules de fonction du laboratoire sont utilisés essentiellement pour les missions. Il fallait faire attention, su GES 1point5, à ne pas compter les kilomètres faits par ces véhicules dans la partie "Véhicules" ET dans la partie "Missions" : ils auraient alors été comptés double. La stratégie la plus simple pour cela a été d'enlever, **dans les fichiers Excel contenant les récapitulatifs des missions**, les lignes indiquant comme moyen de transport : "Véhicule administratif". Les doublons étaient ainsi évités.

Données kilométriques, pour les années 2019 et 2020 :

Année 2019

	Véhicule	Carburant	km parcourus
Véhicules CNRS	Renault Duster	Gazole	33 169 km
	Peugeot Partner	Gazole	16 947 km
	Renault Master	Gazole	6 748 km
	Fiat Skudo	Gazole	21 961 km
Sous-total			78 825 km
Véhicules Université	Citröen Berlingo	Gazole	4 786 km
	Renaud Kangoo	Gazole	2 034 km
Sous - total			6 820 km
Total			85 645 km

Année 2020

	Véhicule	Carburant	km parcourus
Véhicules CNRS	Renault Duster	Gazole	22 059 km
	Peugeot Partner	Gazole	8 728 km
	Renault Master	Gazole	5 457 km
	Fiat Skudo	Gazole	9 390 km
Sous-total			45 634 km
Véhicules Université	Citröen Berlingo	Gazole	1 848 km
	Renaud Kangoo	Gazole	1 770 km
Sous - total			3 618 km
Total			49 252 km

Figure 9 : kilomètres effectués par les véhicules d'Edytem – LCME en 2019 et 2020

3.4.3 Les missions

Pour comptabiliser l'empreinte carbone des missions, il fallait que celles-ci soient rassemblées dans un fichier Excel avec l'extension TSV, en respectant un certain format de colonnes.

Les missions pouvaient être affilié soit au CNRS, soit à l'Université Savoie Mont Blanc (USMB). Les données obtenues n'étaient pas les mêmes dans les deux cas :

Missions affiliées au CNRS : les données obtenues étaient au format de fichier attendu par GES1point5. Il y avait tout de même un travail de correction de fautes d'orthographe à faire, car les noms des villes ou des pays où avaient eu lieu les missions étaient parfois mal orthographiés.

Missions affiliées à l'USMB : les données obtenues n'étaient pas complètes, 2 informations essentielles manquaient : la ville de destination et le moyen de transport utilisé pour les missions. Il a donc fallu prendre en main l'outil de gestion financière SIFAC, dans lequel ces informations se trouvaient, et compléter les missions une à une avec les données manquantes.

Les résultats concernant les kilomètres effectués en mission sont les suivants :

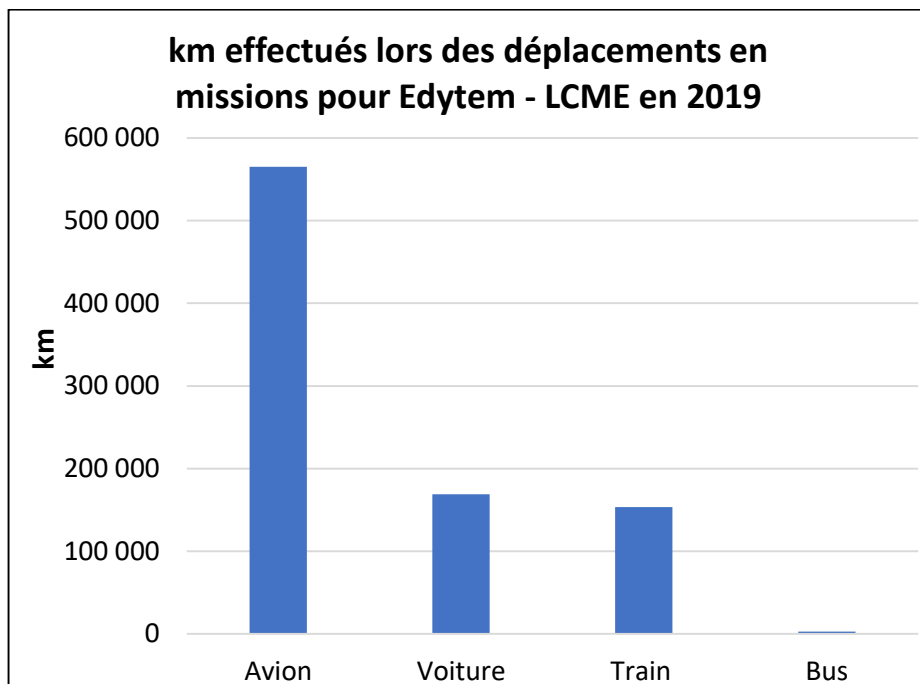


Figure 10 : les kilomètres effectués pour chaque moyen de transport pour les missions d'Edytem – LCME - 2019

Durant le traitement des données, une interrogation est apparue : lorsqu'une personne va prendre l'avion ou le train, le mode de transport renseigné est, en général, **uniquement** "Avion" ou "Train". Cela exclu la partie du trajet faite, le plus souvent en voiture, pour se rendre à l'aéroport ou à la gare. L'interrogation était donc : faut-il rajouter une étape dans le parcours pour les missions présentant cette particularité dans le fichier Excel afin d'avoir une meilleure précision sur les émissions dues aux déplacements ?

- Pour cela, il a fallu comparer un échantillon représentatif de missions "brutes", c'est-à-dire n'affichant qu'un seul moyen de transport, et de missions "retravaillées", pour lesquelles le trajet a été découpé en tronçons réalisés avec différents moyens de transport. Ce travail a été fait comme suit : un trajet est simulé via le site **rome2rio**, qui permet de voir les possibilités de voyage entre un point A et un point B. Ainsi, le tronçon "anormal" du trajet, du point de départ jusqu'à la gare ou l'aéroport, est pris en compte. Ici, il a été choisi de considérer que ce tronçon a été réalisé en bus. En effet, le facteur d'émission des bus retenu pour GES1point5 est plus faible que celui d'une voiture essence et diesel. Ce, pour s'assurer de ne pas surestimer le poids carbone du trajet.

Exemple de modification : un trajet "Le Bourget-du-Lac – Dortmund" réalisé, d'après les données, uniquement en avion, sera découpé en 2 tronçons : le premier sera Le Bourget-du-Lac – Lyon en bus, le deuxième sera Lyon – Dortmund en avion.

Résultat observé : après avoir travaillé sur les 300 missions de l'année 2019, une augmentation de 1 % du poids carbone des missions "retravaillées" est observée. La différence peut donc être considérée comme négligeable.

3.4.4 Les déplacements domicile – travail

Obtention des données : pour déterminer les déplacements domicile – travail d'un groupe de personne, une **enquête statistique** est nécessaire. L'outil GES1point5 a justement développé une enquête dans ce but, sous format Framforms. Le travail a alors consisté à envoyer cette enquête par mail au personnel du laboratoire et, une fois avoir atteint un nombre de réponses jugé satisfaisant, à extraire et téléverser les résultats sur l'outil GES 1point5.

Voici quelques données issues de cette enquête :

	2019	2020
Nb de trajets hebdomadaires (Aller-retour)	4,4	3,3
Distance domicile - travail (km)	25,6	22
Nb de personnes par voiture	1,4	1,4

	Fréquence d'utilisation des moyens de transport	
	2019	2020
Voiture	60%	68%
Vélo	17%	18%
Vélo électrique	8%	4%
Bus	8%	6%
Train	7%	4%

Figure 11 : statistiques issues de l'enquête sur les déplacements domicile – travail – 2019 et 2020

L'impact de l'augmentation du télétravail en 2020 est ainsi visible à travers la diminution du nombre de trajets hebdomadaires réalisés cette année par rapport à 2019. Une augmentation de l'utilisation de la voiture en 2020 est également observée : elle peut aussi être due à l'épidémie de Covid-19, pendant laquelle la voiture était parfois préférée aux transports en commun, dont l'utilisation diminue d'ailleurs en 2020.

Démarche suivie pour obtenir un taux de réponses satisfaisant à l'enquête

Il est logique que plus le taux de réponses est élevé, plus les résultats de l'enquête seront représentatifs du comportement des personnes. L'enquête a donc été relancée plusieurs fois pour obtenir un maximum de réponses. Voici la démarche qui a été suivie pour ce faire :

- ✓ **Annoncer** l'enquête pendant la présentation au laboratoire du lancement du Bilan GES,
- ✓ **L'envoyer** aux personnels du laboratoire dans les 5 à 10 jours maximum après la présentation ; ainsi, les personnes ne seront pas surprises de cette enquête et sauront pourquoi elle est envoyée, et pourquoi elles ont grand intérêt à y répondre,
- ✓ **Faire 2 relances**, en annonçant à chaque fois une date de clôture de l'enquête,
- ✓ **Faire une nouvelle relance** annonçant que la date de clôture était prolongée d'une semaine, accompagnée du taux de réponse actuel et de celui voulu (exemple de phrase : nous avons eu 55 % de réponses ! Bravo ! Encore un dernier effort pour atteindre l'objectif des 70 % de réponses !)
- ✓ Enfin, faire un **mail de remerciements** annonçant la clôture de l'enquête et remerciant le personnel pour sa contribution à l'enquête.

Pour les deux dernières étapes, un petit dessin humoristique accompagnait le mail afin d'amener un côté ludique. Voici celui qui était dans le mail de remerciements :

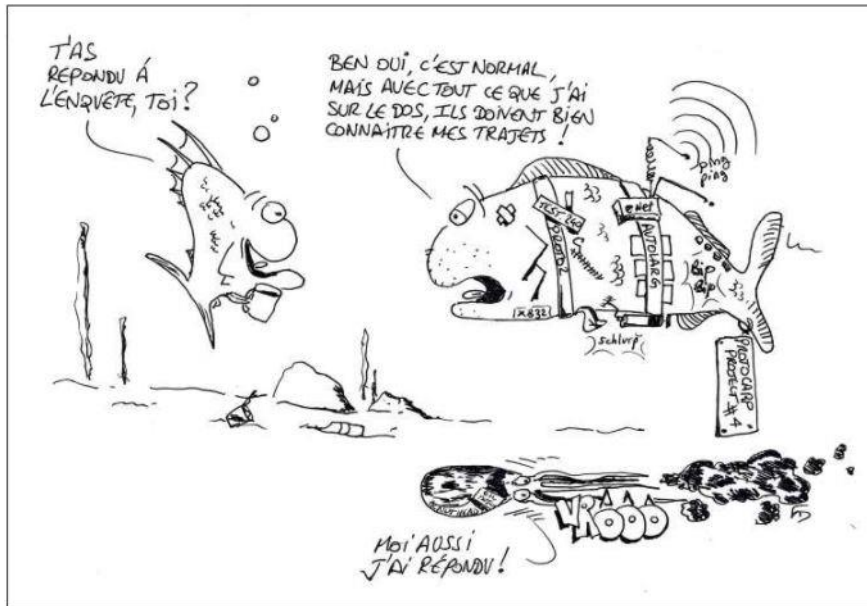


Figure 12 : un exemple pour la communication ludique !

Le choix a été fait de faire d'une pierre deux coups en faisant cette enquête en 2 volets : l'une pour l'année 2019 et l'autre pour l'année 2020.

Résultats : pour cette enquête, en suivant cette procédure de relances, le taux de réponses s'est élevé à 60 % pour 2019 et 58 % pour 2020. De ce fait, il peut être déduit que les résultats qui découlent de l'enquête sont plutôt représentatifs des comportements du personnel du laboratoire, sur les déplacements domicile – travail.

3.5 Difficultés rencontrées

Durant le stage, certaines difficultés ont ralenti le processus de collecte et de traitement des données nécessaires à la réalisation du Bilan GES.

Tout d'abord, obtenir les données nécessaires au traitement des missions affiliées au CNRS ont demandé un travail d'extraction considérable aux secrétaires du laboratoire.

Ensuite, pour les missions affiliées à l'USMB, qui étaient enregistrés dans l'outil de gestion financière SIFAC, un premier Excel a été fourni par l'université mais celui-ci ne renseignait ni les villes de départ des missions, ni le(s) moyen(s) de transport utilisé(s). Après avoir contacté plusieurs responsables SIFAC et avoir attendu plusieurs semaines sans retour, il a fallu, en utilisant les codes d'accès à SIFAC du laboratoire, aller directement dans cet outil de gestion financière la base de données pour obtenir les informations manquantes. Cela représentait environ 550 missions à compléter une par une. Au niveau de la récolte des données, cette difficulté a été de loin la plus grande. En effet, les missions représentant plus de la moitié des émissions de GES, il n'était pas possible de passer outre.

Enfin, la principale difficulté était d'obtenir des renseignements divers, qui étaient souvent d'ordre administratif, pour lesquels les secrétaires devaient être présentes au laboratoire pour pouvoir répondre aux interrogations. Leur charge de travail déjà conséquente ainsi que le recours très fréquent en télétravail retardaient souvent la levée d'interrogations. Elles ont cependant assuré un travail considérable pour le Bilan GES d'Edytem – LCME, et leur aide aura été nécessaire et très précieuse.

Afin de permettre aux prochains Bilans GES d'Edytem – LCME d'être réalisés plus facilement, toutes les difficultés rencontrées et les solutions qui ont été trouvées pour y pallier ont été rassemblées dans un document nommé "**Mode opératoire pour réaliser un Bilan GES**". Ce document va être mis à la disposition des prochaines personnes chargées de réaliser un Bilan GES pour le laboratoire Edytem – LCME mais aussi pour d'autres laboratoires du campus de Technolac.

Il devrait permettre à ces personnes de gagner du temps sur certains problèmes, de faire moins d'erreurs que celles qui ont été faites lors du premier Bilan GES réalisé cette année et ainsi de réaliser un Bilan GES plus facilement.

Aussi, l'ensemble des retours qui ont été faits sur l'outil GES1point5 ont été rassemblés dans un document "**Suggestions d'améliorations de l'outil GES1point5**". Ce document va être envoyé à l'équipe qui conçoit l'outil GES1point5 afin de leur amener ces idées pour qu'elle les réutilise dans les versions de l'outil qui seront développées ultérieurement.

4. Les résultats

4.1 Incertitudes et limites de l'étude

Le Bilan GES est une étude menée sur des paramètres très difficilement mesurables : en effet, les émissions GES d'une source émettrice peuvent grandement varier suivant les conditions. Une voiture roulant en montagne consommera plus qu'une voiture roulant sur l'autoroute, par exemple. De plus, certaines données collectées peuvent comporter des erreurs. Il y a donc 2 sources d'incertitudes possibles : l'incertitude sur la **donnée d'activité (ou donnée collectée)** et l'incertitude sur le **facteur d'émission**.

Finalement, le résultat associé à chaque source d'émission comporte toujours une part d'incertitude plus ou moins grande. Cela pourrait sembler décourageant au départ : pourquoi prendre des mesures pour réduire les émissions GES alors que celles-ci ne sont pas précisément connues ?

Il convient alors de rappeler que ce qui compte avant tout dans un Bilan GES est d'obtenir **un ordre de grandeur (histogramme de répartition)** de l'entité étudiée, qui ne sera jamais une **donnée exacte**. Une fois cet ordre de grandeur connu, le but est de voir malgré les incertitudes **quelles sont les principales sources d'émissions de GES et d'agir en conséquent pour limiter celles-ci**.

L'ADEME définit d'ailleurs un Bilan Carbone® comme une **"Vision floue sur un champ très large"**. Le plus important n'étant pas de s'attarder sur des données imprécises, mais surtout de consacrer le temps disponible à étudier des solutions qui permettront d'atteindre l'objectif de réduction des émissions GES de l'entité étudiée.

C'est pour cela que les chiffres présentés par la suite en CO₂eq seront **arrondis à 100 kg près**.

Les incertitudes ne doivent pas être oubliées pour autant. Dans le but de pouvoir visualiser celles-ci dans le présent Bilan GES, elles ont été synthétisées ici :

	Incertitude sur la donnée (%)	Incertitude sur le facteur d'émission (%)	Incertitude totale (%)
Electricité	10	10	20
Gaz	10	5	15
Voiture	5	60	65
Avion	5	70	75
Train	5	20	25
Bus	5	60	65
Vélo	10	10	20
Vélo électrique	10	50	60

Figure 13 : les incertitudes pour chaque source d'émission de GES étudiée dans le Bilan GES d'Edytem - LCME

Enfin, le périmètre étudié dans ce premier Bilan GES n'inclut pas de nombreuses sources d'émissions de GES (achat de produits chimiques, traitement de déchets...) et le Bilan GES est donc **sous-estimé**. Il permet cependant d'avoir une première estimation des émissions de CO₂eq du laboratoire Edytem – LCME et **d'entamer une stratégie pour les réduire**.

4.2 Les résultats – année 2019

Sur l'année 2019 et sur le périmètre étudié, les activités du laboratoire Edytem-LCME ont engendré **295 tCO₂eq**. A titre d'exemple, **1 tCO₂eq** équivaut à l'empreinte carbone d'une personne effectuant **un aller simple Paris – New York en avion**.

Voici la répartition de ces émissions :

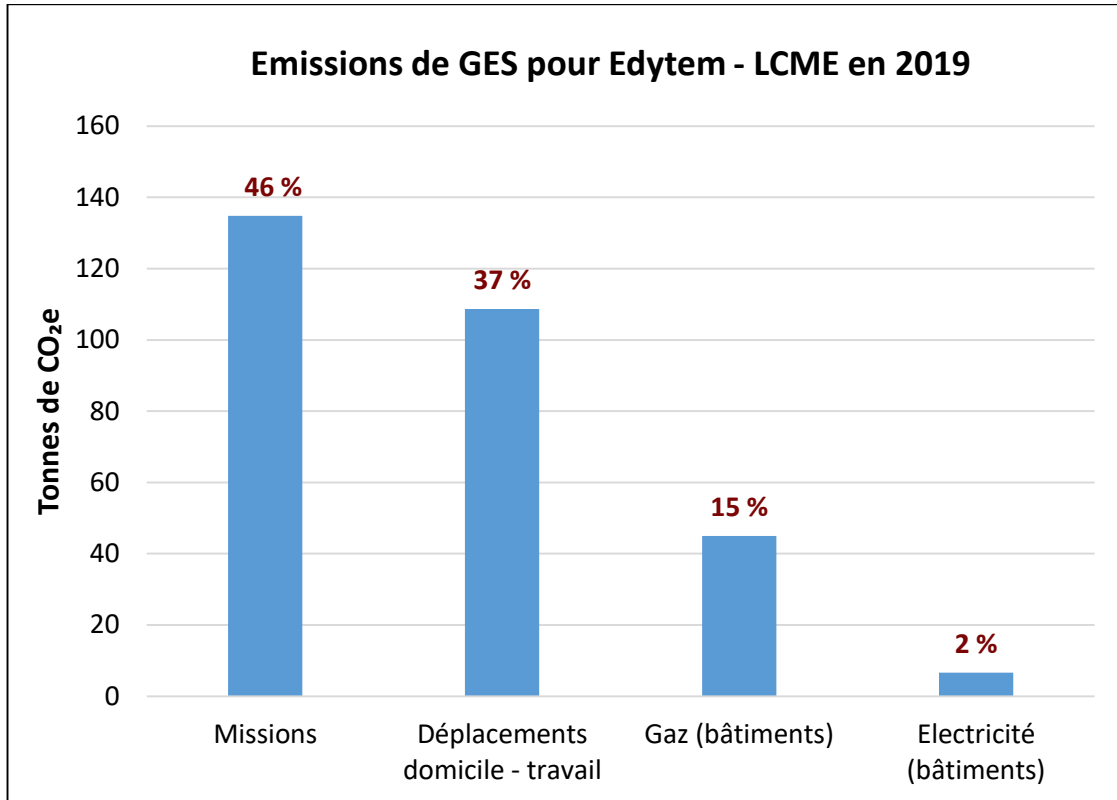


Figure 14 : émissions de GES partielles du laboratoire Edytem - LCME – année 2019

Les déplacements en missions et les déplacements domicile – travail sont donc les principales sources d'émissions de GES en 2019, sur le périmètre étudié. Viennent ensuite la consommation de gaz pour le chauffage des bâtiments et en dernier l'électricité.

En s'intéressant uniquement à l'empreinte carbone liée aux missions, voici ce qui en ressort :

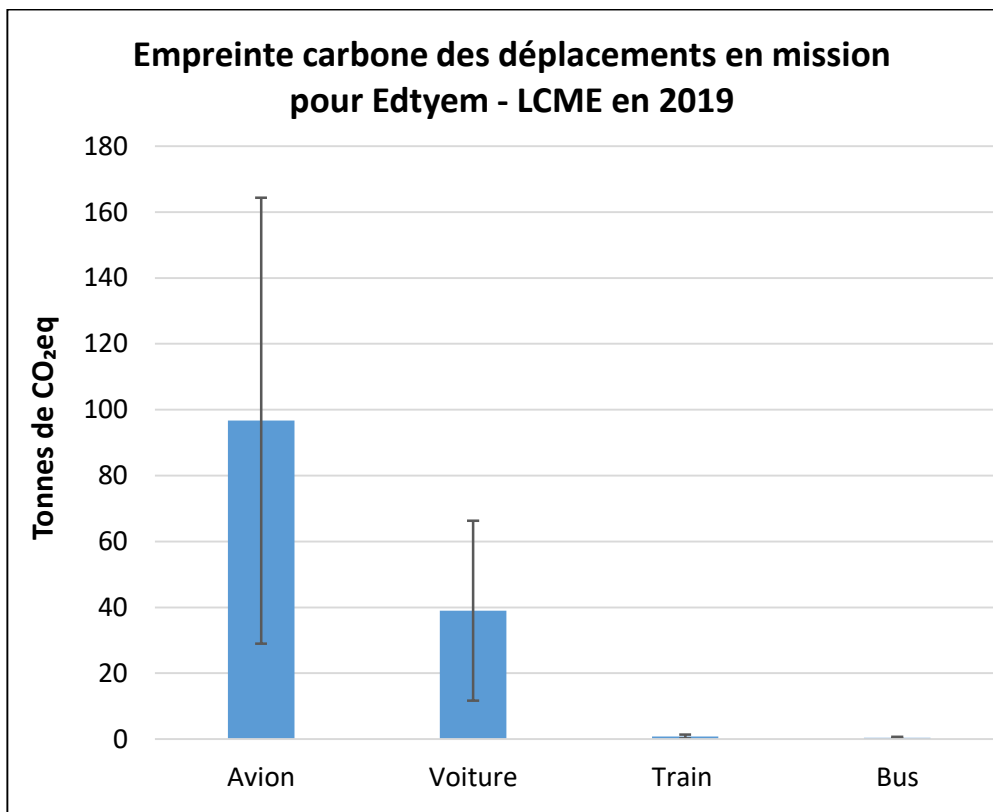


Figure 15 : émissions de GES liées aux transports durant les missions pour Edytem - LCME - année 2019

Note :

Pour les avions, 2 facteurs d'émissions sont proposés dans la base ADEME : un facteur d'émission incluant l'empreinte carbone des traînées laissées par les avions dans le ciel après leur passage, et un facteur ne les incluant pas. Pour un même avion, le facteur d'émission incluant les traînées est **1,8 fois supérieur** à celui qui ne les inclut pas, et l'ADEME indique même qu'il pourrait être plus élevé encore :

"Ce facteur 2 est issu de l'évaluation du forçage radiatif de l'aviation par le GIEC dans son rapport de 1999 sur l'année 1992, estimant le RF des traînées à 20 mW.m⁻² et celui du CO₂ à 18 mW.m⁻². Face à l'incertitude et à la complexité du phénomène, il a été fait le choix de conserver cette valeur globale pour l'ensemble des FE, sans la réévaluer à partir des dernières études (qui donneraient de l'ordre d'un facteur multiplicateur x 4)." ADEME, 2021.

GES 1point5, en se référant au document du Ministère de la transition écologique et solidaire "Informations GES de prestations de transports, guide méthodologique", choisi d'utiliser **les facteurs d'émissions n'incluant les traînées**, car c'est le choix qui est fait dans ce document. On peut donc vraisemblablement s'interroger sur la validité du choix effectué par GES 1point5, d'autant plus que le poids carbone de l'avion dans le bilan GES représente une part très importante des émissions totales.

Pour le Bilan GES d'Edytem – LCME, compte tenu de l'argumentation de l'ADEME, et de la part significative des émissions liées aux déplacements en avion, il a été choisi d'utiliser les facteurs d'émission de l'ADEME, incluant les traînées.

L'avion est donc le moyen de transport responsable de la plus grosse partie des émissions liées aux transports en mission : près de 73 % de ces émissions proviennent du transport en avion, en prenant en compte les traînées dans les calculs. Cela représente même 34 % des émissions totales du laboratoire sur le périmètre étudié. C'est considérable et c'est aussi un levier d'action important pour réduire fortement les émissions du laboratoire.

Les véhicules de fonctions et voitures personnelles sont autant utilisés l'un que l'autre pour les missions, et sont responsables de 29 % des émissions.

Enfin, le train n'est responsable que d'1 % des émissions, malgré le fait qu'il soit presque autant utilisé que la voiture (en 2019, **170 000 km** ont été parcouru en voiture dans le cadre des missions et **155 000 km** en train). Là aussi, un levier d'action pour baisser les émissions est mis en évidence. Pour le rendre plus visuel, voici un graphique montrant les émissions de CO₂eq émises par une personne parcourant 1 kilomètre avec différents moyens de transport :

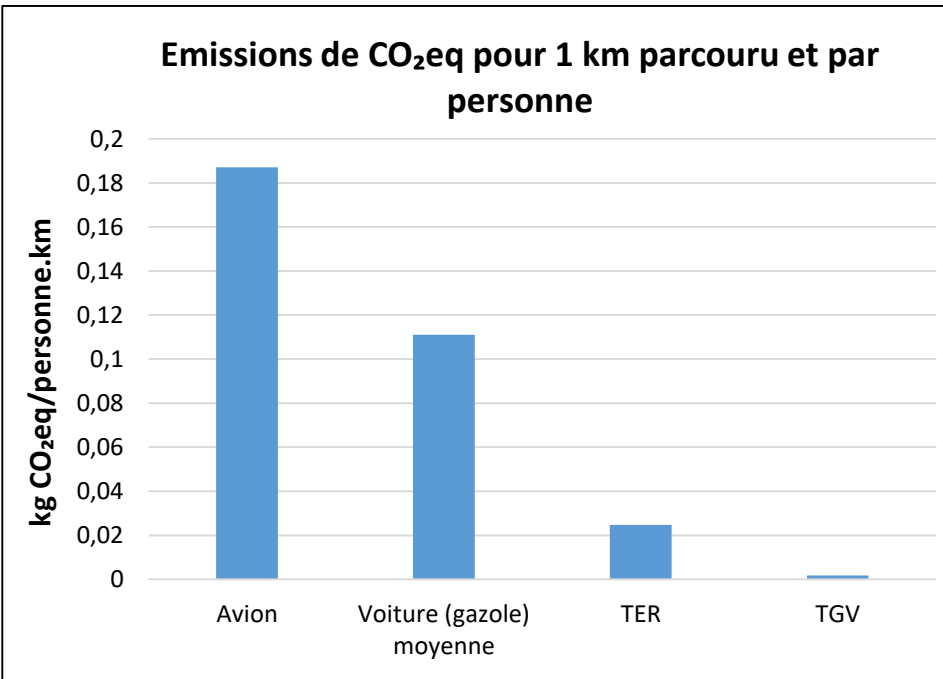


Figure 16 : les émissions de CO₂eq émises par une personne sur 1 kilomètre, avec différents moyens de transports

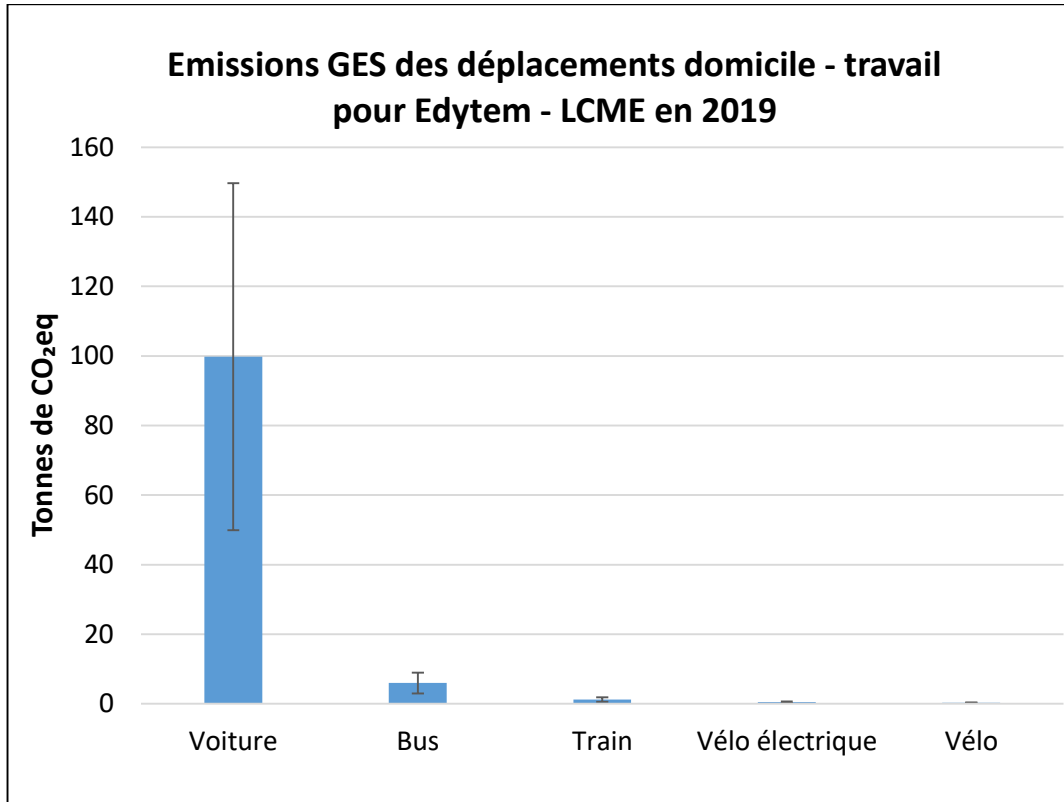


Figure 17 : émissions GES liée aux déplacements domicile – travail pour Edytem – LCME - année 2019

	Fréquence d'utilisation des moyens de transport	
	2019	2020
Voiture	60%	68%
Vélo	17%	18%
Vélo électrique	8%	4%
Bus	8%	6%
Train	7%	4%

Figure 18 : statistiques issues de l'enquête domicile – travail pour Edytem – LCME, années 2019 et 2020

Au niveau des déplacements domicile – travail, la voiture est responsable de la plus grosse partie des émissions (93 %), suivie du bus. Néanmoins, il est encourageant d'observer que **35 % des trajets domicile travail sont réalisés en mobilités douces (train, vélo électrique ou vélo).**

A présent que les résultats sont connus, le travail consiste à trouver des solutions et à établir un plan d'action pour réduire ces émissions.

Rappel de l'objectif : diminuer de moitié les émissions de GES d'ici à 2030.

4.3 Les propositions de réduction

4.3.1 Electricité



En 2019, les émissions de GES liées à la consommation d'électricité pour le laboratoire Edytem – LCME s'élèvent à **6,6 tCO₂eq**. Voici à présent des solutions pour réduire ce chiffre.

- Postes de travail

Afin d'estimer les économies d'énergie possibles au niveau des postes de travail, une enquête a été réalisée :

L'objectif de cette enquête était de mesurer l'énergie perdue provenant du fait que les utilisateurs du bâtiment ne débranchent pas forcément tous leurs appareils électroniques en partant de leur poste de travail. L'année de référence pour les calculs était 2019, correspondant à une année dite "classique", sans la part de télétravail observée en 2020 et 2021.

Pour estimer de façon correcte cette énergie, il fallait mesurer la consommation instantanée d'un nombre représentatif de postes inoccupés, choisis au hasard. Des bureaux (salles de travail) ont donc été tirés au sort.

- 12 bureaux ont été retenus, dans le bâtiment Pôle Montagne, où est la partie Edytem. La consommation d'un ou 2 postes par bureau a été mesurée, une consommation moyenne par poste a été déduite.
- Le chiffre obtenu est valable pour une année sans télétravail massif. Ce chiffre devrait donc être revue à la hausse pour une année avec beaucoup de télétravail, **car les scientifiques sont absents plus longtemps** : en faisant l'hypothèse que les salariés travaillant au laboratoire *ne changent pas leurs habitudes de débrancher/éteindre ou non leurs multiprises* lorsqu'ils/elles quittent leur poste par rapport à une année "normale", il peut être supposé que ce **chiffre augmentera dans le cas d'une année avec télétravail massif**.

La donnée mesurée sur les postes de travail est **la puissance instantanée** délivrée aux prises branchées pendant l'absence de l'utilisateur habituel du poste considéré. Cette puissance est mesurée avec un Wattmètre qu'il faut brancher sur une prise de courant. Pour obtenir une énergie à l'année, il faut multiplier la donnée obtenue par le nombre d'heures d'absence moyen **Habs** du personnel du laboratoire. Pour déterminer ce nombre, les hypothèses suivantes ont été faites :

- L'année 2019 présente 246 jours ouvrés, et les personnes travaillant au laboratoire avaient en moyenne 9 semaines de congé payé cette année-là. Ils pouvaient donc être présent au maximum **201 jours**.
- On fait l'hypothèse que les salariés sont présents **8 heures** par jour en moyenne dans leur bureau.
- Un coefficient d'absence Cabs est déterminé : ce coefficient prend en compte l'absence des scientifiques engendrée par leurs missions : l'hypothèse est la suivante : pour une année classique, le personnel du laboratoire (toutes entités confondues) passe en moyenne 10 % de temps sur le terrain, soit **c = 0,9**.
- Finalement : **Habs = 365 * 24 – (201 * 8 * c) = 7312 h/an**

La formule à utiliser pour estimer l'énergie perdue E est ensuite déduite :

$$E = P * Habs * n$$

, avec :

P : la puissance mesurée. Elle est en **moyenne de 11 W** sur les postes mesurés inoccupés.

n : le nombre de personnes travaillant au laboratoire à l'année (les stagiaires pour une durée de moins de 12 mois ne sont pas comptabilisés), qui était de 99 en 2019.

Résultats :

En appliquant la formule définie ci-dessus, $E = 11 * 7312 * 99 * = 7962 \text{ kWh}$. La consommation moyenne d'Edytem-LCME est d'environ 109000 kWh/an.

→ **7,3 % d'économies d'énergie peuvent donc être réalisés en systématisant le branchement des appareils du bureau sur une multiprise** et la désactivation de celles-ci par l'utilisateur-trice du bureau lorsqu'il/elle s'absente, soit **500 kg CO₂eq/an**.

▪ Eclairage

Concernait l'éclairage, 2 propositions ont été envisagées :

Proposition "de sobriété" : enlever un luminaire sur 3 dans les salles où l'éclairage reste suffisant avec un tiers des luminaires en moins,

Proposition "d'achat" : remplacer les luminaires actuels par des luminaires consommant moins d'énergie.

Note : étant donné que la grande majorité des salles du LCME sont éclairées par 2 luminaires uniquement, le calcul pour la solution de sobriété **ne prend pas en compte ces luminaires**. En effet, enlever un luminaire sur 2 rendrait l'éclairage insuffisant et désagréable.

Dans un premier temps, il a fallu évaluer la consommation annuelle d'électricité de l'éclairage du laboratoire, ce qui a conduit à faire des hypothèses.

Hypothèses :

- Sont pris en compte uniquement les tubes fluorescents des **bureaux** et **salles de travail/TP**, pour le bâtiment Pôle Montagne (Edytem). En effet, dans les couloirs, les nombreux puits de lumières du bâtiment font qu'il n'est presque jamais nécessaire d'allumer les lumières, même par mauvais temps. Pour le bâtiment Chartreuse, l'ensemble des luminaires est pris en compte car l'éclairage naturel dans les couloirs est très inférieur à celui d'Edytem.
- Après observation régulière des bureaux, il a été déduit que les tubes fluorescents considérés sont allumés en moyenne 4 heures par jour. En effet :
 - Dans la plupart des bureaux occupés, les lumières sont toujours éteintes par beau temps.
 - Lorsque le temps est mauvais, environ la moitié des bureaux sont éclairés.
 - Les salles de réunion/TP ne sont pas utilisées toute la journée et le comportement des usagers dans ces salles est sensiblement le même que dans les bureaux.
- Une année type comporte 201 jours travaillés, et les bureaux et salles sont utilisés tous ces jours : puisqu'une large majorité de bureaux comporte entre 2 et 3 postes de travail, il peut être considéré qu'il y a toujours une personne présente dans chaque bureau, pour une année hors Covid-19.

Calcul :

La partie "Edytem" (hors couloirs) est éclairée par 162 rampes de 2 tubes fluorescents chacune. Ces tubes fluorescents consomment 28 W chacun, soit 56 W la rampe.

On a donc une consommation de $162 * 56 \text{ W} * 201 \text{ J} * 4\text{h} = 7300 \text{ kWh/an}$.

La partie "LCME" est éclairée par 90 rampes de 2 tubes fluorescents chacune, consommant 28 W soit 56 W au total. La consommation associée est de $90 * 56 \text{ W} * 201 \text{ J} * 4\text{h} = 4000 \text{ kWh/an}$.

Proposition "de sobriété" valable pour la partie "Edytem" uniquement :

Enlever un néon sur 3, à condition que le confort lumineux reste suffisant, permettra une économie **2400 kWh** par an. A 0,1557 euros du kilowattheure, l'économie serait de **375 euros**.

Le facteur d'émission pour l'électricité est de 0,0599 kg CO₂eq/kWh d'électricité utilisée. L'économie ici est donc de **143 kg CO₂eq**.

Proposition "d'achat" valable pour "Edytem" et "LCME" :

Remplacer les tubes fluorescents existant par des éclairages moins énergivores, consommant 3 à 5 fois moins d'énergie, permettrait d'économiser jusqu'à **9000 kWh** par an, soit **1400 euros** et **540 kg CO₂eq/an**.

→ Cette solution permettrait une économie de **540 kg CO₂eq/an, soit 8 % d'émissions de GES en moins.**

- Machines expérimentales

Le laboratoire Edytem – LCME dispose de plusieurs machines très énergivores, comme un scanner à rayons X par exemple.

Ces machines consomment de l'énergie même lorsqu'elles ne sont pas utilisées car elles restent branchées au secteur, en mode veille ou éteinte, et consomment de l'énergie dans les 2 cas. L'idéal aurait donc été de pouvoir procéder comme avec les outils numériques des postes de travail : brancher ces machines sur une multiprise que les utilisateurs éteignent lorsqu'ils ont fini leurs expérimentations.

Malheureusement, la plupart de ces machines présentent un inconvénient majeur : elles ne peuvent pas être complètement éteinte et rallumées souvent, car **cela risque de les endommager gravement**. Elles restent donc toujours en tension et il est difficile d'espérer faire des économies significatives sur ces machines.

→ En cumulant ces différentes propositions, il peut être envisagé de diminuer de **15,3 % les émissions de GES** liées à la consommation d'électricité du laboratoire Edytem – LCME.

4.3.2 Chauffage



En 2019, le chauffage des bâtiments d'Edytem – LCME représente **45 tCO₂eq** émises.

Etat des faits :

Les bâtiments universitaires du campus de Technolac sont chauffés par plusieurs sources de chauffage. Celles étudiées dans le contexte du Bilan GES de Edytem – LCME sont les suivantes :

- La chaufferie centrale du campus, composée de 3 chaudières gaz, chauffe 20 bâtiments, dont le bâtiment "**Chartreuse**", ou **8C**, étudié dans ce Bilan GES. C'est le bâtiment où est implanté le laboratoire **LCME**.

Ces chaudières fonctionnent en cascade : ainsi, pour chauffer les bâtiments, une seule chaudière est démarrée au départ et peut être complétée par la chaudière suivante, puis par la dernière en fonction des besoins. Après avoir effectué une visite de la chaudière et un entretien avec le technicien de maintenance, il a été estimé que la chaudière allumée au départ, qui est toujours la même, est responsable à elle seule **d'environ 50 %** de la puissance délivrée pour chauffer le campus en moyenne sur l'année.

- La chaufferie gaz indépendante qui chauffe uniquement le bâtiment 3 appelé **Pôle Montagne**, qui est le bâtiment où se trouve une **partie d'Edytem** ;
- La chaufferie aérotherme gaz indépendante qui chauffe la Halle **Margériaz**, dont une partie de la surface est également utilisée par **Edytem**.

Ces trois chaufferies utilisent le **gaz naturel** comme combustible. D'après les données de l'ADEME et de Labos1point5, le facteur d'émission pour le gaz naturel est de **227 g CO₂eq/kWh PCI**, dont 187 g pour la combustion du gaz et 40 g pour l'amont, qui comprend les étapes suivantes :

"Le **périmètre** de comptabilisation inclut l'exploration / production, la transmission (transport du lieu d'extraction aux frontières françaises), le transport par gazoduc (pour les filières concernées) ou par méthanier (notamment pour la filière LNG incluant la liquéfaction, le transport par méthanier et la regazéification), le transport et la distribution se différenciant par la pression du réseau [...]." ADEME, 2021.

Sur les 2 laboratoires étudiés, répartis dans les 3 bâtiments détaillés ci-dessus, la consommation totale en kWh PCI pour le chauffage est de **197 946 kWh PCI/an** en 2019.

En multipliant ce chiffre par le facteur d'émission du gaz naturel, cela représente **45 t** de CO₂eq émis. Voici à présent des scénarios visant à faire baisser l'empreinte carbone liée à ce poste d'émission.

- ❖ *Scénario 1 : remplacement d'une des 3 chaudières gaz de la chaufferie centrale par une chaufferie Bois – Gaz 80 % - 20 %.*

Ce scénario est actuellement à l'étude par la direction de l'USMB et sa réalisation doit être **effective en 2022**. D'après le cabinet LAMY ENVIRONNEMENT, qui a réalisé le Bilan Carbone de l'USMB en 2018, une chaufferie Bois – Gaz 80 % - 20 % permet d'obtenir un facteur d'émission à **60 g CO₂eq/ kWh PCI**.

Le projet de l'USMB est de remplacer la chaudière qui s'allume en première sur les 3 chaudières gaz de la chaufferie. Cela signifie que le facteur d'émission global de la chaufferie, dans la configuration "chaudière principale bois – gaz et chaudières complémentaires gaz" peut être estimé à :

$$\boxed{60 \times 0,5 + 227 \times 0,5 = 144 \text{ g CO}_2\text{eq/ kWh PCI}}$$

Pour l'étude, ce scénario n'affecte pas le chauffage des bâtiments où est implanté Edytem mais uniquement le bâtiment Chartreuse, où se situe le LCME. Ce nouveau facteur d'émission donne une **réduction de 8 tCO₂eq/an soit de 17 %** des émissions liées au chauffage sur notre périmètre d'étude.

- ❖ *Scénario 2 : reprendre le scénario 1 et ajouter le remplacement des chaudières du Pôle Montagne et de la Halle Margériaz par des chaudières à granulés.*

Dans ce scénario, l'économie chiffrée dans le scénario 1 est gardée et augmentée en simulant le remplacement supplémentaire de 2 chaudières gaz par des chaudières à granulés, dont le facteur d'émission correspondant est de **30 g CO₂eq/kWh PCI**. Cela donne une économie d'émissions de CO₂eq totale de **28 tCO₂eq/an, soit de 63 %**.

- ❖ *Scénario 3 : reprendre le scénario 2 et ajouter le remplacement des 2 autres chaudières gaz de la chaufferie centrale par des chaudières bois – gaz 80 % - 20 %.*

Ce scénario reprend donc le scénario 2 et ajoute le remplacement des chaudières complémentaires de la chaufferie centrale par des chaudières bois – gaz. Le facteur d'émission de la chaufferie centrale serait alors de **60 g CO₂eq/kWh PCI** et donnerai une économie totale de **36 tCO₂eq/an, soit de 80 %**.

▪ Réduire la consommation de chauffage pour les 3 scénarios

La baisse des émissions CO₂ liées au chauffage passe également par une réduction de la consommation des bâtiments. Elle pourrait être obtenue en :

- Baissant la température de consigne d'1 degré ;
- Modernisant les circuits de distribution de chauffage ;
- Rénovant les plus vieux bâtiments, très énergivores.

En appliquant ces 3 mesures, **30 %** d'économies sur l'énergie consommée chaque année pour chauffer les bâtiments pourraient être faites. En effet, les bâtiments de étudiés sont très énergivores en terme de chauffage, **avec des diagnostics de performance énergétique (DPE) de lettre D pour le Pôle Montagne et la Halle Margériaz et lettre E pour le bâtiment Chartreuse**.

En appliquant cette réduction de consommation aux scénarios établis ci-dessus, cela donne, pour les scénarios 1, 2 et 3, respectivement **19 tCO₂eq (42 %)**, **33 tCO₂eq (74 %)** et **39 tCO₂eq (86 %)** d'émissions en moins. Nous appellerons ces nouveaux scénarios : scénario 1R, 2R et 3R.

Synthèse des scénarios :

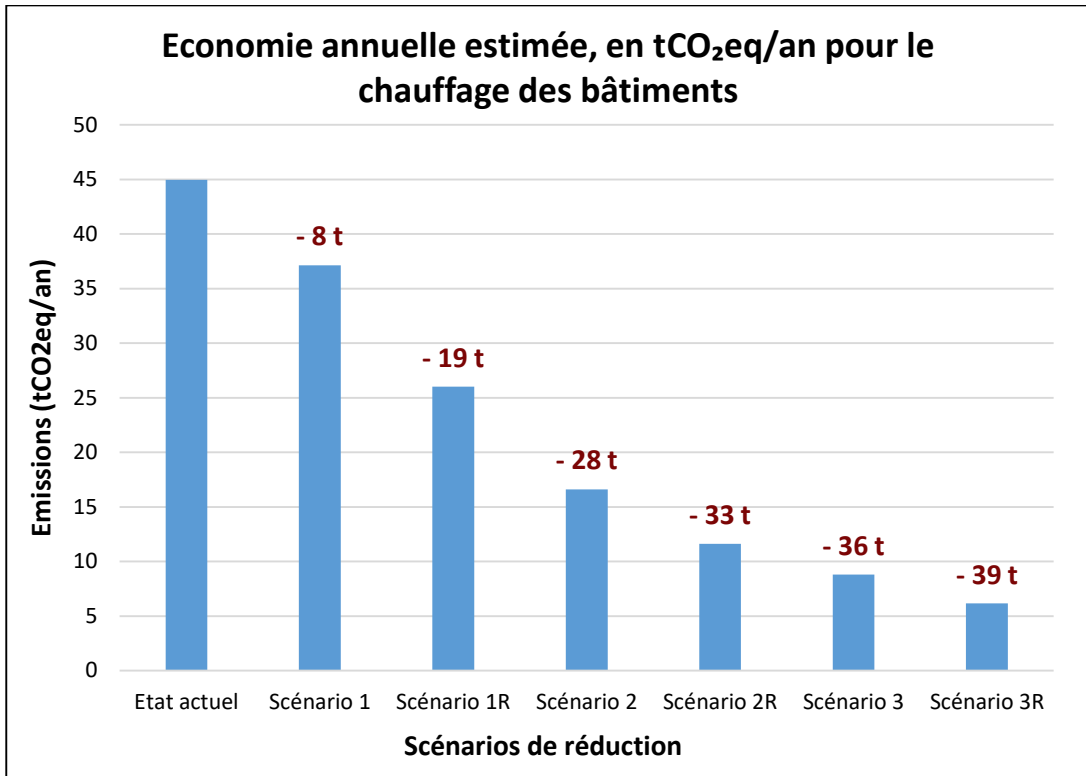


Figure 19 : scénarios pour la réduction des émissions de GES liées au chauffage des bâtiments d'Edytem - LCME

Conclusion :

Réduire significativement les émissions de GES liées au chauffage sur le laboratoire Edytem – LCME paraît réaliste. A ce jour, le scénario le plus proche de la réalité est le scénario 1 puisqu'il est prévu qu'il soit mis en œuvre en 2022. Couplé à une consommation plus modérée de chauffage, il permettrait déjà de réduire l'empreinte carbone du chauffage de 42 %. Le scénario 2 peut être également envisagé : étant donné que les 2 chaudières supplémentaires à remplacer dans ce scénario ne desservent qu'un bâtiment chacune, il est possible de les remplacer sans trop de difficultés et de raccorder les nouvelles chaudières à leur bâtiment. Cela paraît un peu plus complexe pour le scénario 3, qui nécessite que l'on change l'ensemble des chaudières de la chaufferie centrale, qui dessert à elle seule 20 bâtiments.

Le scénario 2 est donc envisageable à l'avenir et permettrait une économie d'émissions de GES de 28 tCO₂eq/an, soit de 62 %.

Il nécessitera d'installer des silos afin de stocker les granulés utilisés dans les nouvelles chaudières. A titre indicatif, pour chauffer le bâtiment Pôle Montagne, il faudrait prévoir un stockage de 65 m³ pour un an de chauffage.



4.3.3 Missions

En 2019, les déplacements liés aux missions ont généré **135 tCO₂eq** pour le laboratoire Edytem – LCME. Les propositions suivantes permettent de voir les économies d'émissions de GES possibles.

- Véhicules du laboratoire

En 2019, les véhicules d'Edytem – LCME ont parcouru **85645 km** et généré **19,7 tCO₂eq**, avec un facteur d'émission de 230 gCO₂/km.

Les missions représentent la majeure partie des émissions de GES sur le périmètre étudié. En effet, les chercheurs sont souvent amenés à devoir se déplacer pour leur travail, parfois dans d'autres pays. De plus, ils ne peuvent pas toujours prendre le train pour aller en mission pour des raisons logistiques : matériel très lourd à transporter, lieu de la mission très reculé, etc. La voiture est donc souvent utilisée par praticité.

Comme pour les bâtiments, 2 solutions sont possibles pour réduire l'empreinte carbone de ce poste d'émission :

Proposition "d'achat" : remplacer les véhicules actuels par des véhicules hybrides rechargeables

La flotte d'Edytem-LCME est constituée de 6 véhicules, dont 2 très utilisés : un Renault Duster (moteur gazole, 33 169 km parcourus en 2019) et un Fiat Skudo (moteur gazole, 21961 km parcourus en 2019).

Une solution serait alors de remplacer ces 2 véhicules par des véhicules hybrides rechargeables : ces véhicules ont l'avantage de pouvoir effectuer plusieurs centaines de kilomètres en mode hybride et peuvent donc convenir à la grande majorité des missions puisqu'elles se situent globalement dans un rayon de 200 km.

Les véhicules hybrides rechargeables émettant 73,3 gCO₂/km, cela donnerait **10 tCO₂eq** émises pour le même nombre de kilomètres, soit une réduction de **9,7 tCO₂eq (49 %)**.

Proposition "de sobriété" : réduire les trajets et utiliser davantage le train.

Certains trajets peuvent être réalisés différemment : à titre d'exemple, en 2019, 40 aller-retours en voiture ont été faits entre le laboratoire et le campus de Grenoble, ce qui représente 1,25 tCO₂eq. Si ces trajets avaient été faits en train, cela n'aurait émis que 130 kg CO₂eq, **soit une économie de 1,1 tCO₂eq (6 %)** sur un an.

En utilisant ainsi davantage le train sur certains trajets, l'économie de **CO₂eq** émis augmente. De plus, les données des missions montrent que certains trajets sont réalisés plusieurs fois, sur un laps de temps court (exemple : 9 aller-retours Le Bourget-du-Lac – Chindrieux ont été faits entre juin et octobre 2019). S'organiser au mieux en amont, avec les différentes personnes qui sont susceptibles d'aller au même endroit, permettrait d'économiser des trajets et ainsi de réduire encore leur empreinte. Cette réduction peut raisonnablement être estimée à 10 % d'émissions de CO₂eq, soit **2 tCO₂eq**, sur une année.

La marge de manœuvre n'est pas grande concernant cette solution de sobriété car les chercheurs ont souvent besoin d'utiliser une voiture pour aller dans des endroits reculés loin de gares ferroviaires et/ou de transporter du matériel lourd durant les missions. Néanmoins, une réduction de 10 % semble raisonnable.

→ Cumuler ces 2 solutions permettrait de réduire les émissions de GES de **11,7 tCO₂eq/an, soit de 59 %**.

- Véhicules personnels

En 2019, les émissions de GES liées à l'utilisation de véhicules personnels se sont élevées à 19,3 tCO₂eq. Pour ces véhicules, la **solution de sobriété** étudiée ci-dessus peut être envisagée : cela permettrait une économie de 20 %, soit de **3,9 tCO₂eq**.

→ En additionnant les mesures possibles sur les véhicules du laboratoire et les véhicules personnels, l'économie d'émission de GES peut atteindre **15,6 tCO₂eq/an, soit 40 %**.

- Trajets en avion

Il a été mis en évidence plus haut que les déplacements en avion représentent une grande part des émissions de GES d'Edytem – LCME, sur le périmètre étudié : **73 %** des émissions liées aux missions proviennent de ces déplacements, soit **34 %** des émissions totales du laboratoire et **95 tCO₂eq en 2019**.

Cette empreinte carbone est répartie comme suit :

	Motif du déplacement			
	Colloques	Réunions	Terrain	Jury de thèses
Empreinte carbone associée (tCO ₂ eq)	17	8,5	65	4,5

Figure 20 : la répartition des émissions de GES liées aux déplacements en avion à Edytem – LCME en 2019

En 2019, les missions sur le terrain représentent la majorité de l'empreinte carbone de ces déplacements. Cependant, les colloques, réunions et jurys de thèse représentent tout de même 32 % de cette empreinte.

Afin de visualiser au mieux les trajets parcourus en avion, une cartographie rassemblant ces déplacements a été réalisée sur l'outil uMap. Voici ce qui en ressort :



Figure 21 : les déplacements en avion dans le monde pour Edytem – LCME en 2019

Légende :

- Épingles rouges : déplacement pour un colloque ou un congrès
- Épingles jaunes : déplacement pour une réunion
- Épingles violettes : déplacement pour un jury de thèse
- Épingles vertes : déplacement pour une mission sur le terrain

Il est rapidement constatable que les membres du laboratoire ont des missions sur tous les continents. Cependant, des solutions existent pour diminuer l'empreinte carbone associée.

Proposition 1 : Éviter de prendre l'avion pour les trajets à l'intérieur du pays. En effet 29 trajets intra-muros ont été faits en 2019, comme le montre ce zoom ci-dessous :

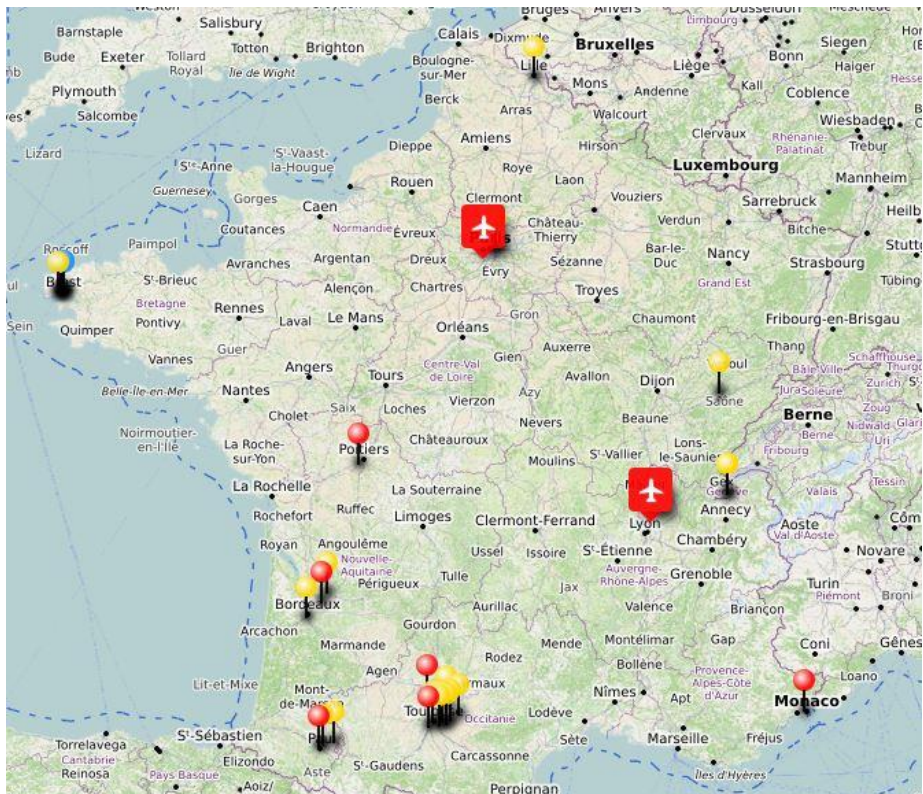


Figure 22 : zoom sur les trajets réalisés en avion pour Edytem – LCME en 2019 en France

Rappel :

Épingles rouges : déplacement pour un **colloque** ou un **congrès**

Épingles jaunes : déplacement pour une **réunion**

Seule une mission terrain a été réalisée parmi ces déplacements. Les autres étant des réunions ou colloques, qui peuvent être remplacé par des **visioconférences** ou pour lesquels le déplacement peut être effectué en **train**. Cela permettrait une économie de **11,6 tCO₂eq, soit de 12 %** sur l’empreinte liée aux déplacements en avion.

A titre informatif, 1h 30 de visioconférence rassemblant 10 personnes émet en moyenne **1 kgCO₂eq, soit l’équivalent d’un trajet de 8 km en voiture. C’est donc bien moins émetteur qu’une réunion ou un colloque nécessitant le déplacement en avion du même nombre de personnes.**

De manière générale, développer la visioconférence pour les réunions lointaines, les colloques et les jurys de thèse est une solution très efficace pour réduire l’empreinte carbone des déplacements en avion :

- ➔ En remplaçant toutes les réunions et jurys de thèses pour lesquels le déplacement a été effectué en avion par des visioconférences ou en effectuant ces déplacements en train, et en limitant les colloques, **25 tCO₂eq, soit 26 %, pourraient être économisés.**

*Proposition 2 : **déléguer** des missions lointaines à des scientifiques **déjà sur place.***

Les missions lointaines aux Iles Kerguelen ou en Amérique du Sud pourraient être déléguées à des scientifiques dont le lieu de travail est plus proche, d’autant plus que ces scientifiques sont souvent déjà en relation avec ceux d’Edytem – LCME.

- ➔ La délégation du travail est possible, et l’économie d’émission de GES associée peut raisonnablement être estimée à **15 tCO₂eq, soit 16 %.**

*Proposition 3 : **optimiser** les déplacements.*

En effet, durant certaines missions, les scientifiques n’ont pas le temps de finir leurs manipulations ou relevés sur place, ce qui les amène à revenir l’année suivante pour finir leur travail et qui double ainsi le trajet réalisé pour mener à bien leur mission.

- En prévoyant un séjour plus long lors des missions lointaines, maximisant les chances de finir la mission en faisant un seul voyage jusqu'au terrain d'étude, un gain de 10 tCO₂eq, **soit de 11 %, est possible.**
- Ainsi, ces 3 proposition permettent d'envisager une économie d'émission de GES totale de **53 %, soit 50 tCO₂eq/an.**

L'ensemble des mesures proposées pour réduire les émissions de GES liées aux missions montre qu'une économie de **48 %, soit 65,6 tCO₂eq/an, est possible.**

4.3.4 Déplacements domicile – travail



Les déplacements domicile – travail représentent **108 tCO₂eq, soit 37 %** des émissions totales. **93 %** d'entre elles sont émises par les déplacements en **voiture.**

Grâce à l'enquête sur ces déplacements, des données ont pu être obtenues : ainsi, en 2019, le taux moyen de remplissage des voitures personnelles pour ces déplacements était de **1,4**. Ce taux peut être amélioré en incitant le personnel du laboratoire au covoiturage. Pour cela, un panneau a été conçu par 3 élèves de classe de 3^{ème} en stage au laboratoire : ce panneau permet aux personnes désirant covoiturer de dire où elles habitent et si elles souhaitent proposer leur véhicule ou monter dans celui d'un tiers. *Les effets de ce dispositif seront visibles à la rentrée, le panneau ayant été mis en place peu avant la fermeture estivale du laboratoire.*

Proposition 1 : Augmenter le covoiturage. Atteindre un taux de remplissage de 2 personnes permettrait de réduire les émissions de **26 %** sur l'ensemble de l'empreinte carbone des déplacements.

Proposition 2 : recourir au télétravail. En effet, d'après l'étude de l'ADEME "Caractérisation des effets rebonds induits par le télétravail", une journée de télétravail par semaine fait économiser **au minimum 187 kg CO₂eq** par personne et par an en moyenne. Pour ce laboratoire de 99 personnes, cela donnerait donc une économie de $187 * 99 = 18,5$ tCO₂eq par jour hebdomadaire télétravaillé par an, soit **17 %** d'émissions en moins.

- Finalement, l'économie totale d'émission de GES envisageable s'élève à **43 %** sur les émissions liées aux trajets domiciles – travail.

Cette économie pourrait même être revue à la hausse car en 2020, le nombre de jours télétravaillés par semaine au laboratoire était de 1,7 contre 0,6 en 2019, **soit une augmentation de 1,1 jour.** Enfin, à la question "Combien de jours par semaine pourriez-vous vous envisager de maintenir en télétravail une fois la crise sanitaire finie ?", la réponse a été en moyenne de 1,5 jour par semaine, ce qui confirme cette tendance.

4.3.5 Vue d'ensemble des propositions

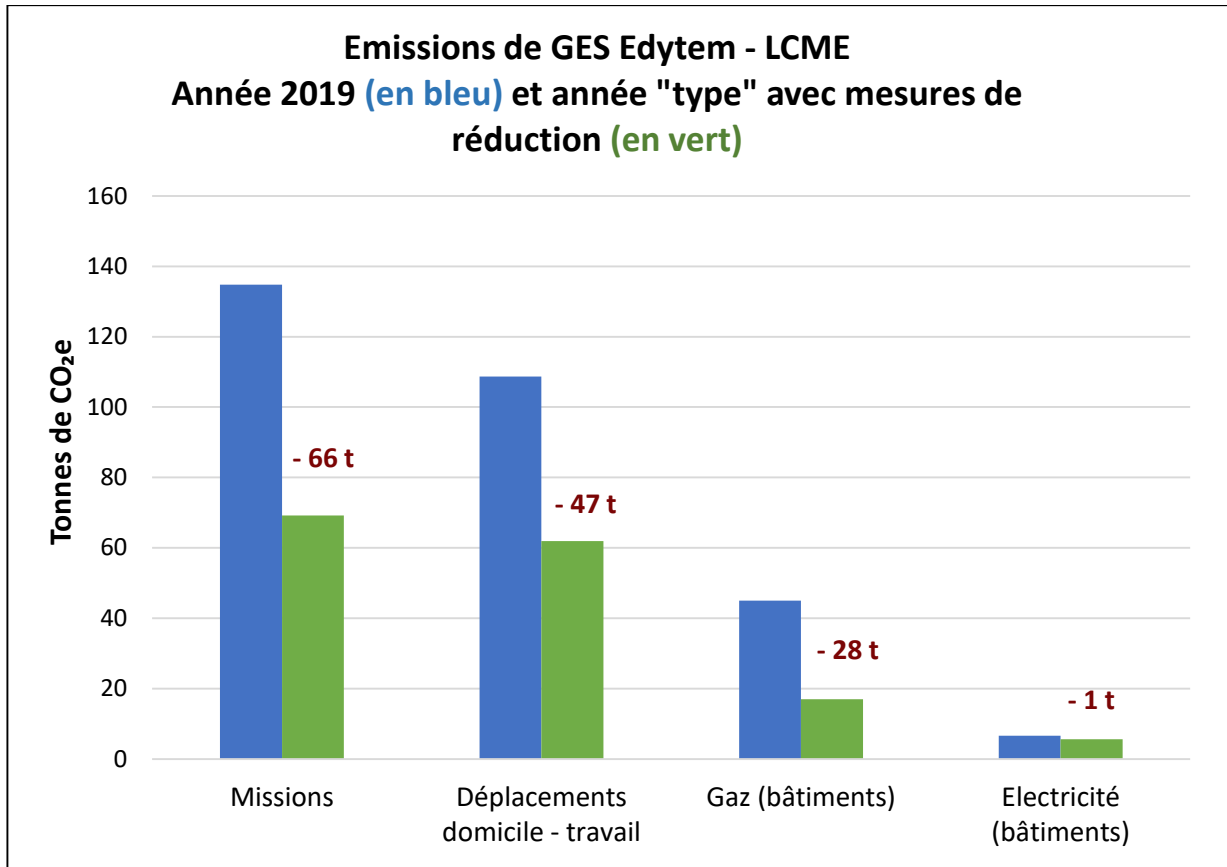


Figure 23 : émissions de GES d'Edytem – LCME en 2019 (en bleu) et pour une année tenant compte des propositions de réduction (en vert)

L'économie totale d'émissions de GES simulée avec l'ensemble des propositions formulées plus haut s'élève à **141 tCO₂eq, soit 48 %** sur l'ensemble des émissions de GES du périmètre étudié.

L'objectif de réduction de 50 % affiché au départ est donc proche, sur le papier. Dans les faits, cela nécessitera un accord commun de tout le laboratoire pour des mesures en faveur de la réduction des émissions. Il est certain que certaines mesures, notamment la limitation des missions en avion, seront vivement discutées. C'est aux scientifiques que revient la charge de trouver un consensus entre une diminution de leurs émissions de GES et le bon déroulement de l'activité de recherche du laboratoire.

4.4 Comparaison des années 2019 et 2020

Comme dit en début de rapport, le Bilan GES de l'année 2020 a aussi été réalisé durant ce stage. L'objectif était de voir l'impact concret de la crise sanitaire sur l'empreinte carbone du laboratoire, en sachant que des missions n'ont pas pu être réalisées et que le télétravail et les visioconférences se sont fortement développés. Voici la comparaison des Bilans GES de ces deux années :

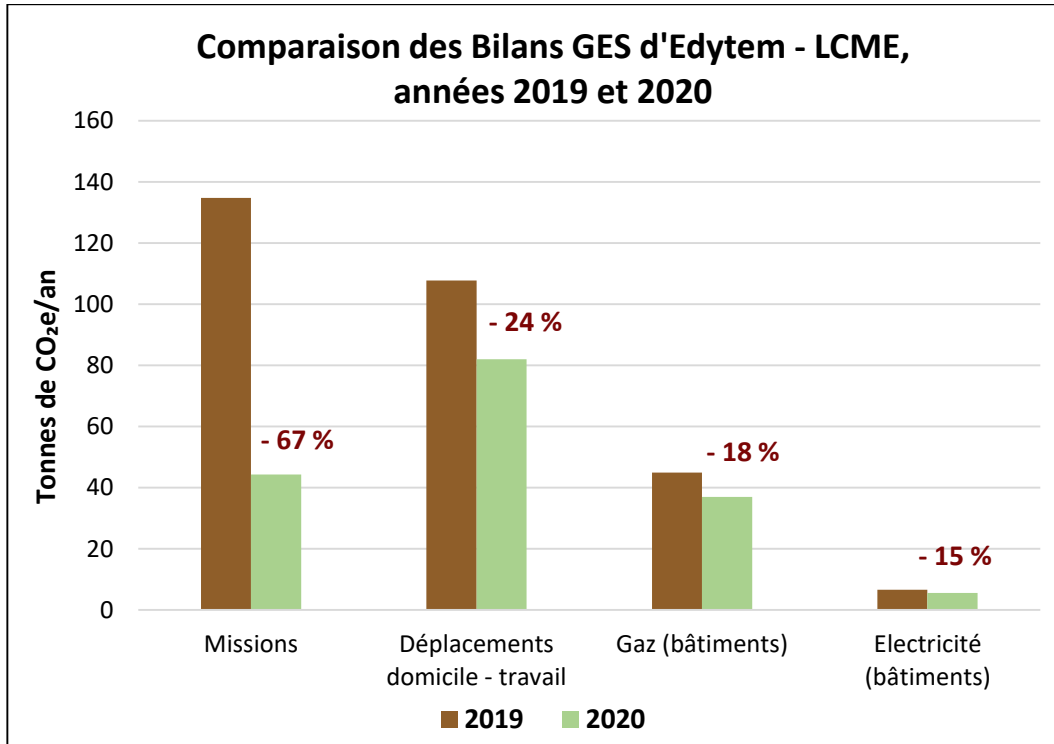


Figure 24 : comparaison des Bilans GES d'Edytem – LCME des années 2019 et 2020

En 2020, les émissions d'Edytem – LCME s'élevaient à **169 tCO₂eq**, soit une **baisse de 43 % par rapport à 2019** sur le périmètre étudié.

Cela montre ainsi que l'impact de la pandémie de Covid-19 a été réel, avec notamment une baisse d'émissions dues aux missions de 67 %, ce qui est considérable. En regardant plus en détail, voici ce qui ressort :

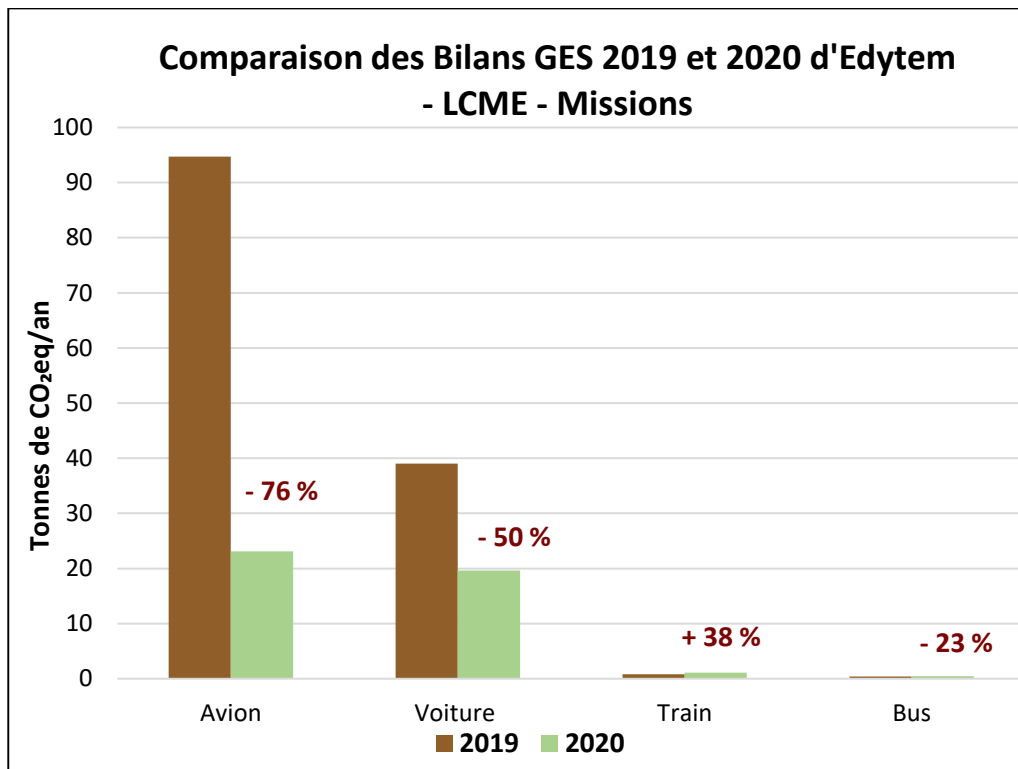


Figure 25 : comparaison des émissions de GES liées aux missions d'Edytem – LCME en 2019 et 2020

L'avion et la voiture ont été responsables des 2 baisses les plus significatives dans les émissions dues aux missions. Pour l'avion, la baisse a même été drastique, puisqu'elle est de **72 tCO₂eq** entre 2019 et 2020 ce qui représente **24 %** des émissions totales de l'année 2019, sur le périmètre étudié. Cela doit encourager à prendre des mesures visant à

limiter les déplacements en avion, car il est concrètement visible ici que c'est l'un des postes les plus émetteurs, sur le périmètre étudié.

L'utilisation du train a, en revanche, **augmenté de 38 %**. Cependant, étant donné le faible facteur d'émission de ce moyen de transport, l'impact sur le Bilan GES est minime. Cela confirme qu'il faut encourager la mobilité en train, bien moins impactant que celle en avion ou en voiture.

Concernant les trajets domicile – travail, voici ce qui est observé :

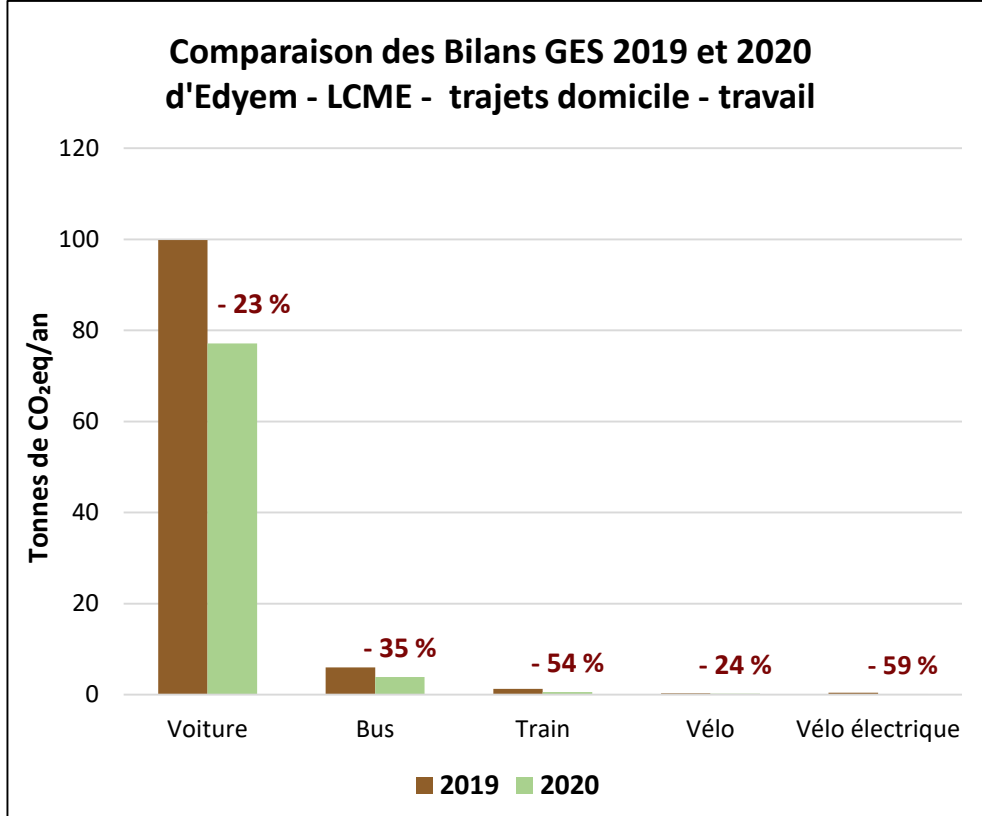


Figure 26 : comparaison des émissions GES liées aux trajets domicile – travail pour Edytem – LCME en 2019 et 2020

Pour ces déplacements, les émissions ont baissé pour tous les moyens de transports. La baisse a été de 24 % au total, alors que l'augmentation du nombre de jours télétravaillés a été de 1,1 jour hebdomadaire supplémentaire par rapport à 2019 : cela confirme le chiffre avancé plus haut, qui indique qu'un jour télétravaillé par semaine réduit l'empreinte carbone des déplacements domicile – travail d'une personne **d'au moins 17 %**.

Il y a donc là aussi confirmation que cette solution fonctionne et impact positivement le Bilan GES du laboratoire.

4.5 Concrétisation des solutions : groupes de travail et prises de décision

Le Bilan GES réalisé sur le laboratoire Edytem – LCME a permis de déceler la part d'émissions de GES de chaque poste étudié et de proposer des solutions en adéquation avec l'objectif de réduire les émissions par 2 d'ici à 2030.

Afin d'augmenter la visibilité du travail réalisé, un **article de journal** a été préparé et est apparu sur l'édition quotidienne du Dauphiné Libéré du 11 juillet 2021. Le but est d'informer le plus de personnes possibles sur la démarche réalisée et d'avoir un argument supplémentaire pour convaincre les décisionnaires du laboratoire et de l'USMB à prendre les mesures qui s'imposent.

A présent que le laboratoire dispose de ces données, la prochaine étape du Bilan GES est donc celle de la prise de décisions communes et de l'établissement d'une **"Charte de sobriété"** rassemblant les décisions prises et que devra respecter le personnel du laboratoire dans son travail de recherche.

Arriver à cette phase finale nécessite de passer, là encore, par plusieurs étapes : dans un premier temps, la présentation des résultats finaux et des suggestions de solutions a permis aux membres du laboratoire d'en savoir plus sur leurs émissions, dans le cadre de leur travail de recherche. L'étape suivante est la création de **groupes de travail**, où des membres du laboratoire travailleront sur les solutions possibles pour réduire leurs émissions. Chaque groupe de travail pourra être axé sur l'une des sources principales d'émissions de GES du laboratoire : bâtiments, véhicules, missions ou déplacements domicile – travail.

Ces groupes **formuleront des solutions** concrètes, pouvant s'appuyer sur celles proposées dans cette étude, qui seront **votées et adoptées collectivement** par l'ensemble des membres du laboratoire et qui constitueront la **Charte de sobriété** du laboratoire.

Voici, dans les grandes lignes, l'agenda résumant ces différentes dernières étapes :

2 septembre 2021 :

Présentation des résultats et premières **suggestions** de réduction des émissions GES.



Octobre – décembre 2021 :

Groupes de travail : **réflexions** collectives, prises de **décisions**, établissement de la **charte**.



Janvier 2022 :

Application de la charte.



Conclusion & perspectives

Le travail réalisé durant ce stage a permis au laboratoire Edytem – LCME d'avoir une première estimation de son empreinte carbone. C'est la première étape d'une mission qui durera dans le temps : le travail se poursuivra en effet dans les mois à venir, avec les travaux de réflexion collectives ainsi que la prise de décisions visant à limiter l'impact carbone des activités du laboratoire.

Le Bilan GES devra être actualisé tous les trois ans afin de suivre l'évolution de cet impact qui, logiquement, devrait diminuer fortement dans les prochaines années. Dans l'idéal, le périmètre d'étude des prochains Bilans GES pourrait être élargi, afin que le laboratoire dispose de données plus détaillées et puisse enrichir son plan d'action pour réduire les émissions de GES liées à ses activités.

De manière générale, la discussion avec les membres du laboratoire, mais aussi de l'Université Savoie Mont Blanc a montré que la majorité de ces acteurs a aujourd'hui pris conscience que leurs actions, dans le cadre de leur métier ou en dehors, affectent l'environnement et qu'il devient prioritaire de protéger celui-ci.

C'est un constant positif, même si la France est encore loin de l'objectif de neutralité carbone qu'elle s'est fixé pour 2050. Les mesures en faveur de la limitation de l'empreinte carbone du pays, même si leur mise en place est encore difficile à généraliser, progressent. La prochaine décennie sera la dernière pour pouvoir limiter l'impact du changement climatique sur la biodiversité et l'humanité, à condition d'amener la société consumériste actuelle vers une sobriété pérenne.

A son échelle, ce stage participe à ce changement vers une nouvelle inertie pour laquelle l'utilisation raisonnée des ressources de la planète devra être l'un des fondamentaux.

Liste des figures et bibliographie

Figure 1 : émissions de GES partielles du laboratoire Edytem - LCME – année 2019, source personnelle.

Figure 2 : émissions de GES liées aux transports durant les missions pour Edytem – LCME - année 2019, source personnelle.

Figure 3 : émissions GES liée aux déplacements domicile – travail pour Edytem – LCME - année 2019, source personnelle.

Figure 4 : comparaison des émissions de GES entre 2019 et 2020 pour Edytem – LCME, source personnelle.

Figure 5 : comparaison des émissions de GES liées aux missions d'Edytem – LCME en 2019 et 2020, source personnelle.

Figure 6 : les différentes entités en lien avec le stage (1/2), source : sites web des différents laboratoires.

Figure 7 : les différentes entités en lien avec le stage (2/2), source : sites web des différents laboratoires.

Figure 8 : consommations d'électricité et de gaz d'Edytem – LCME en 2019 et 2020, source : données USMB.

Figure 9 : kilomètres effectués par les véhicules d'Edytem – LCME en 2019 et 2020, source personnelle.

Figure 10 : les kilomètres effectués pour chaque moyen de transport pour les missions d'Edytem – LCME – 2019, source personnelle.

Figure 11 : statistiques issues de l'enquête sur les déplacements domicile – travail – 2019 et 2020, source personnelle.

Figure 12 : un exemple pour la communication ludique !, source : Franck Delbart.

Figure 13 : les incertitudes pour chaque source d'émission de GES étudiée dans le Bilan GES d'Edytem – LCME, source personnelle.

Figure 14 : émissions de GES partielles du laboratoire Edytem - LCME – année 2019, source personnelle.

Figure 15 : émissions de GES liées aux transports durant les missions pour Edytem - LCME - année 2019, source personnelle.

Figure 16 : les émissions de CO₂eq émises par une personne sur 1 kilomètre, avec différents moyens de transports, source : ADEME, rubrique "facteurs d'émissions"

Figure 17 : émissions GES liée aux déplacements domicile – travail pour Edytem – LCME - année 2019, source personnelle.

Figure 18 : statistiques issues de l'enquête domicile – travail pour Edytem – LCME, années 2019 et 2020, source personnelle.

Figure 19 : scénarios pour la réduction des émissions de GES liées au chauffage des bâtiments d'Edytem - LCME, source personnelle.

Figure 20 : la répartition des émissions de GES liées aux déplacement en avion à Edytem – LCME en 2019, source personnelle.

Figure 21 : les déplacements en avion dans le monde pour Edytem – LCME en 2019, source personnelle.

Figure 22 : zoom sur les trajets réalisés en avion pour Edytem – LCME en 2019 en France, source personnelle.

Figure 23 : émissions de GES d'Edytem – LCME en 2019 (en bleu) et pour une année tenant compte des propositions de réduction (en vert), source personnelle.

Figure 24 : comparaison des Bilans GES d'Edytem – LCME des années 2019 et 2020, source personnelle.

Figure 25 : comparaison des émissions de GES liées aux missions d'Edytem – LCME en 2019 et 2020, source personnelle.

Figure 26 : comparaison des émissions GES liées aux trajets domicile – travail pour Edytem – LCME en 2019 et 2020, source personnelle.

Annexes

Données Excel :

- Synthèse des données du BGES Edytem – LCME
- Statistiques sur l'enquête domicile - travail du laboratoire Edytem – LCM
- Résultats enquête domicile - travail Edytem – LCME, 2019
- Résultats enquête domicile - travail Edytem – LCME, 2020
- REF_consos_batiments_USMB_Fev2021_DDifolco
- Missions LCME 2019
- Missions LCME 2020
- Missions Edytem 2019
- Missions Edytem 2020
- Boîte à idées Edytem – LCME

Données complémentaires :

- Lien pour la cartographie des trajets en avion :
https://umap.openstreetmap.fr/fr/map/missions_bges_634339#6/46.096/4.460
- Article Dauphiné Libéré du 11.07.2021 Suggestions d'améliorations de l'outil GES1point5
- Sources diverses
- Evaluation initiale des compétences Mickaël Minotto

Remerciements

Ce stage s'achève et clos une période d'études de 5 années. 5 années durant lesquelles j'ai appris beaucoup, tant humainement qu'intellectuellement. 5 années passées à Polytech, Annecy d'abord, puis Chambéry.

C'est le début d'une nouvelle période, celle de la vie active. Celle pour laquelle j'ai envie d'œuvrer en trouvant toujours un sens dans les choix et les directions que je prendrai.

Je remercie Franck Delbart qui m'a choisi pour réaliser cette mission et qui m'a fait confiance durant ce stage. Je remercie Olivier Gilbert du Bureau d'Etude Ardae qui m'a co-tuteuré et m'a apporté son expérience précieuse, ainsi que Valentine Avenet dont les conseils étaient tout aussi justes et constructifs. L'humour de ces trois personnes a apporté une plus-value non négligeable dans le stage.

Enfin, je remercie ma famille et mes proches qui me soutiennent dans mes projets de vie. Une profonde et sincère pensée pour l'un d'eux, collègue de promotion et ami, qui nous a soudainement quitté cet été. Merci à toi, Brice, de m'avoir accompagné jusqu'à là.

Me voilà désormais tourné vers l'avenir avec une expérience enrichissante qui s'achève, et d'autres qui démarrent.