

Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées
828 Boulevard des Maréchaux 91120 Palaiseau
UMR METIS
4 place Jussieu 75005 Paris



Bilan carbone de l'UMR METIS

HOFFMANN PERRINE

Spécialité : Développement durable
Mention de confidentialité : Non confidentiel

Responsable de stage ENSTA : Didier Dalmazzone
Responsables de stage METIS : Valérie Plagnes et Agnès Ducharne

Stage effectué du 12/05/2021 au 04/08/2021

1 Résumé

Pour atteindre l'objectif de 1,5°C établi lors des accords de Paris en 2015, le GIEC recommande de réduire fortement nos émissions de gaz à effet de serre. Pour ce faire, tout le monde doit contribuer à réduire l'empreinte carbone nationale et internationale, les particuliers comme les laboratoires. C'est dans ce but que j'ai été recrutée par l'UMR METIS, laboratoire d'hydrogéologie et biogéochimie de La Sorbonne, pour effectuer leur bilan carbone et trouver les leviers d'action pour le réduire. Dans ce rapport, on expliquera la démarche générale et les différents postes considérés. On commentera également les résultats obtenus et les différents leviers d'action possibles pour réduire l'empreinte carbone du laboratoire.

Mots clés

Empreinte carbone, gaz à effet de serre, 1,5°C, leviers d'action, laboratoire

Abstract

To reach the 1,5°C goal fixed during the Paris Agreement of 2015, the IPCC recommended that we hardly reduce our greenhouse gases emissions. For that to be done, everybody has to contribute to reducing the national and international carbon footprint : people as well as laboratories. In this context, I have been hired by the UMR METIS, an hydro-geology and biogeochemistry laboratory to calculate their carbon footprint and to find solutions to reduce it. In this report, we will explain the global approach and the different emission sources that we consider. We also will comment on the results and the possible solutions to reduce the carbon footprint of the laboratories.

Keywords

Carbon footprint, greenhouse gases, 1,5°C, solutions, laboratory

2 Remerciements

Je souhaite remercier tout particulièrement mes deux maîtres de stage, **Valérie Plagnes** et **Agnès Ducharne** pour leur soutien, leur accompagnement et leur bienveillance tout au long de mon stage. Merci à **Louis Rouyer-Denimal** pour son aide et ses conseils et à **Gurpreet Dass** pour son enthousiasme. Merci à **Lucille Zribi** pour son travail, ses conseils et son aide dans la réalisation du bilan carbone. Je souhaite également remercier l'ensemble du groupe Développement Durable Climaction de METIS pour son soutien, et j'espère qu'ils feront perdurer longtemps leurs convictions en faveur de l'écologie.

Je remercie **Aurélien Baro**, **Valérie Girard** et **Bénédicte Sabatier** pour leur aide dans la collecte des données. Je remercie également tous les **membres du laboratoire** qui ont accepté de répondre à mes questionnaires et plus généralement je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la collecte des données et à la réalisation du bilan carbone.

Je remercie enfin **la direction du l'UMR METIS** qui a financé mon stage et a soutenu ma démarche.

Table des matières

1	Résumé	2
2	Remerciements	3
3	Contexte	5
3.1	L'unité de mesure de l'empreinte carbone : la $tCO2_e$	5
3.2	Emissions nationales et empreinte carbone	6
3.3	Empreinte carbone d'un français moyen	6
4	Cadre et méthodologie	8
4.1	Cadre de l'étude	8
4.2	Les membres du laboratoires	8
4.3	La méthodologie générale	9
4.4	Les incertitudes	10
4.5	Bilan de la méthode	11
5	Les différents postes considérés	12
6	Résultat général et analyse	14
7	Résultats par postes d'émission	16
7.1	Les achats - 41%	16
7.2	Les missions - 30%	19
7.3	La pollution numérique - 9%	25
7.4	L'alimentation - 9%	27
7.5	Les déplacements domiciles/travail - 6%	30
7.6	Les bâtiments - 5%	32
7.7	Autres - <1%	33
7.8	Les femmes sont plus investies dans l'écologie ?	34
8	Leviers d'action	36
8.1	Réponses aux sondages - L'avis des membres du laboratoires	36
8.2	Améliorer le bilan carbone	38
8.2.1	Les Achats	38
8.2.2	Les missions	39
8.2.3	Le numérique	40
8.2.4	L'alimentation	41
8.2.5	Les déplacements domicile/travail	42
8.2.6	Les autres postes	42
8.3	Le bilan général après l'application des leviers d'action	43
8.4	Améliorer la faisabilité du bilan carbone	44
8.5	Comparaison avec les autres laboratoires	44
9	Conclusion	47
10	Annexes	48
10.1	Annexe 1 - Constats divers sur le changement climatique	48
10.2	Annexe 2 - Les chiffres du réchauffement climatique	49
10.3	Annexe 3 - Impact des solutions proposées par le HCC sur les émissions de gaz à effet de serre en France	50
10.4	Annexe 4 - Autres résultats pertinents concernant les missions SU	51
10.5	Annexe 5 - Réponses aux questions et remarques sur les sondages	53

3 Contexte

En 2019, le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) publie un rapport spécial sur le réchauffement planétaire de 1,5°C [1]. Ce rapport a entraîné une prise de conscience réelle et intense de la part de tous et toutes qui s'est accompagnée d'une volonté d'agir pour limiter ce réchauffement climatique. Pour cela, les citoyens français et les entreprises doivent à tout prix réduire leur empreinte carbone [2].

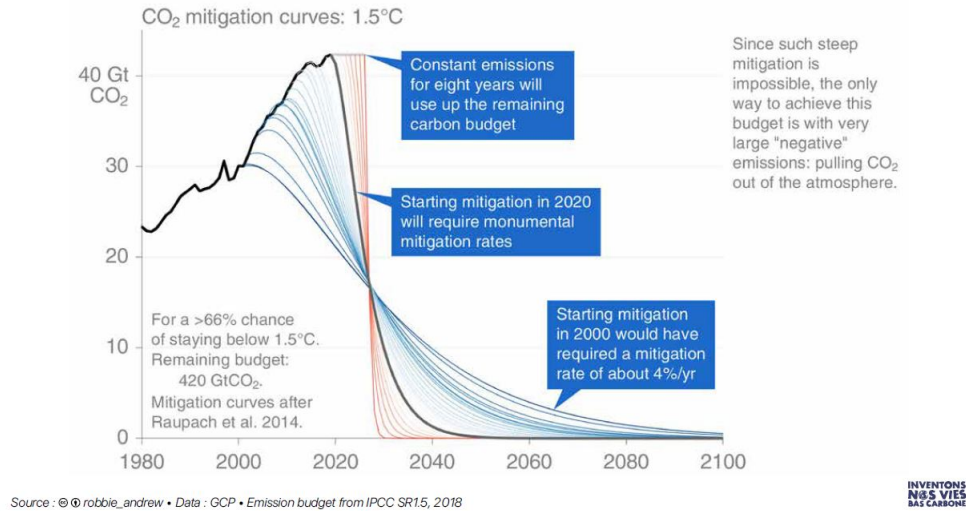


FIGURE 1 – Budget carbone pour tenir 1,5°C en 2100

3.1 L'unité de mesure de l'empreinte carbone : la tCO_2e

On mesure une empreinte carbone en masse de CO_2 équivalent. Cette unité prend en fait en compte tous les gaz à effet de serre qui peuvent être présents dans l'atmosphère. En effet, un gaz à effet de serre a une durée de vie dans l'atmosphère qui lui est propre ainsi qu'une capacité à absorber l'énergie. La combinaison de ces deux facteurs est appelée Potentiel de Réchauffement Global (PRG) qui correspond à la quantité de réchauffement d'un gaz sur une période donnée (50 ou 100 ans). Nous utiliserons donc le tableau suivant pour ramener une tonne de méthane par exemple à son équivalent en tCO_2e en fonction de son PRG [3].

	PRG, Potentiel de Réchauffement Global (eq CO ₂)	
	sur une période de 20 ans	sur une période de 100 ans
CO ₂ (dioxyde de carbone)	1	1
CH ₄ (méthane)	84	28
N ₂ O (protoxyde d'azote)	264	265
CF ₄ (tétrafluorure de carbone)	4880	6630
HFC-152a (1,1-difluoroéthane)	506	138

Valeurs conventionnelles de gaz à effet de serre en « équivalent CO₂ » (©Connaissance des Énergies, d'après 5^e rapport du GIEC)

FIGURE 2 – PRG des différents gaz à effet de serre sur 50 ans et sur 100 ans

Par défaut, on va considérer le PRG d'un gaz sur 100 ans dans nos calculs. Ainsi, pour une tonne de méthane émise, on va considérer 28 tonnes de " CO_2 " équivalent (28 tCO_2e). Il est important de bien

comprendre que même si l'on raisonne en termes de CO_2e , le calcul prend bien en compte tous les gaz à effets de serre présents dans l'atmosphère. Les 5 gaz présentés font partie des gaz à effets de serre considérés par les accords de Kyoto, accord international visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre mondiaux. [4]

3.2 Emissions nationales et empreinte carbone

Il est important de bien comprendre la différence entre les émissions nationales de gaz à effet de serre et l'empreinte carbone. Les émissions nationales de gaz à effet de serre ne prennent en compte que les gaz à effets de serre émis sur le territoire considéré. L'empreinte carbone, prend en compte également l'import et l'export en attribuant l'empreinte carbone des exportations au pays client et l'empreinte carbone des importations au pays considéré. Ainsi, même si les émissions territoriales de la France ont baissé ces dernières années, l'empreinte carbone des français, stagne voire augmente [5].

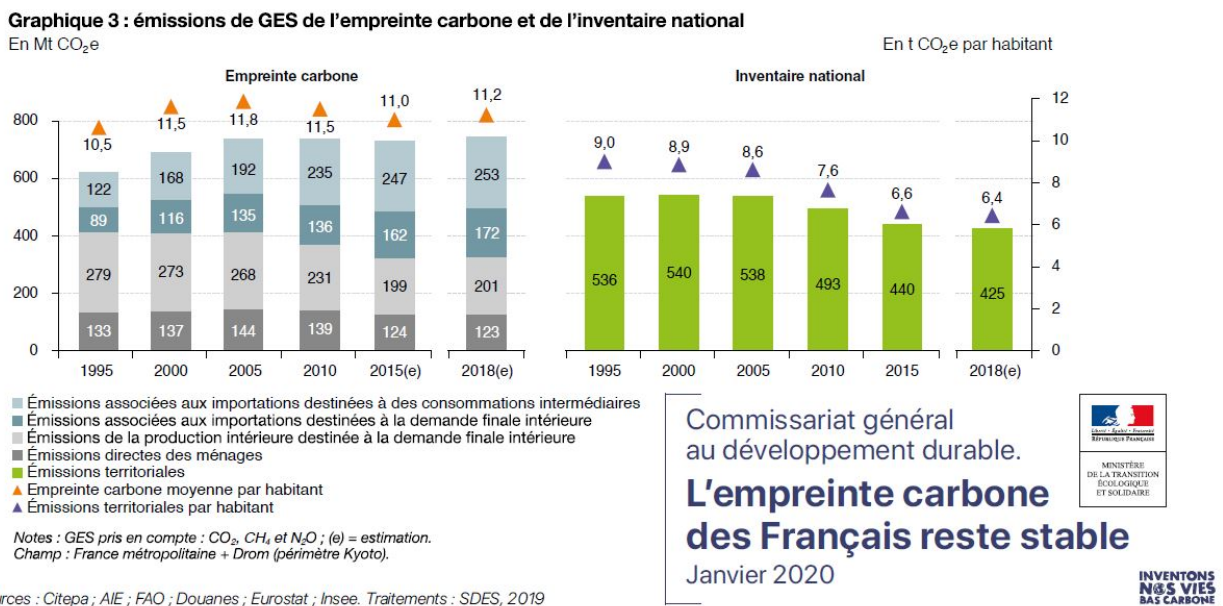
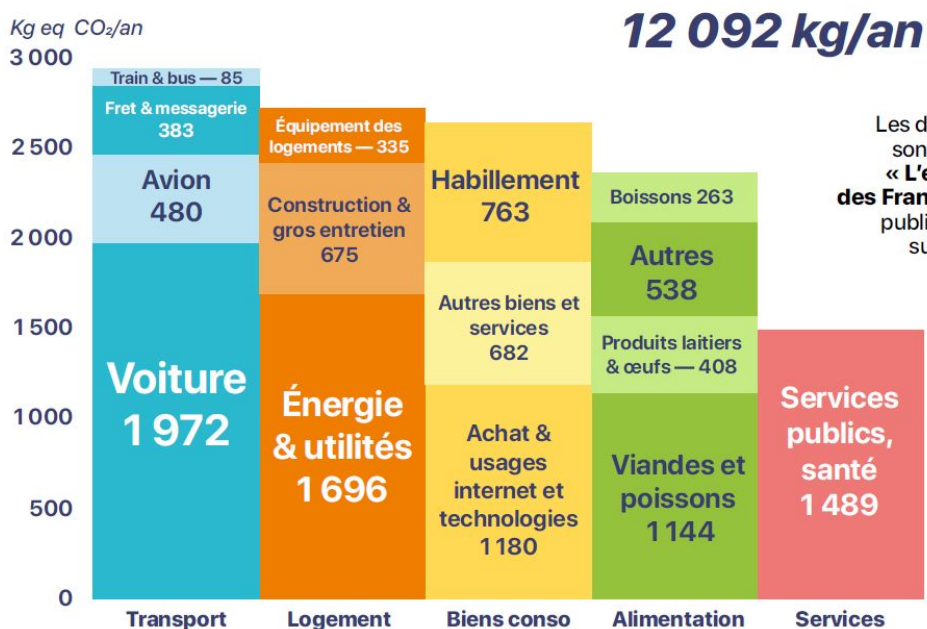


FIGURE 3 – Empreinte carbone et émissions territoriales - Evolution depuis 1995

3.3 Empreinte carbone d'un français moyen

De nos jours, un français émet en moyenne 12 tCO_2e par an. Dans ce bilan, le poste le plus lourd est le transport. Ce dernier prend en compte, les déplacements personnels en voiture ou en moto, les transports en commun et les déplacements pour le tourisme (l'avion) pour un total de 2,9 tCO_2e par an et par personne. En deuxième arrive le logement. Ce poste prend en compte le chauffage, l'électricité, l'eau, le gaz, ainsi que l'achat et l'utilisation d'électroménager, et de fournitures durables pour la maison (meubles, ustensiles, bibelots etc...), pour un total de 2,7 tCO_2e . Ensuite, avec 2,6 tCO_2e , il y a le poste de la consommation de biens et de services. Cela prend en compte l'achat et l'utilisation de numérique, les achats vestimentaires et les autres achats divers. L'avant dernier poste est l'alimentation, avec 2,3 tCO_2e par an et par personne. La viande y représente près de la moitié. Enfin, le dernier poste est celui des services publics et ils représentent 1,5 tCO_2e par an et par personne. C'est un poste sur lequel un français moyen ne peut avoir d'influence. Néanmoins, ce poste d'émission comprend l'enseignement, les travaux publics mais aussi la recherche. C'est dans ce contexte que les laboratoires ont tout intérêt à réduire leur empreinte carbone pour permettre à l'ensemble des français de réduire la leur.

RÉPARTITION DE L'EMPREINTE CARBONE D'UN·E FRANÇAIS·E



Les données du graphique sont issues de l'Article : « **L'empreinte carbone des Français, un sujet tabou ?** » publié en novembre 2018 sur le site Ravijen.fr.

Sources : Statistiques.developpement-durable.gouv.fr ; Carbone 4 ; Agreste ; Insee • Année 2015-2016 • Traitement : ravijen.fr, 2018

INVENTONS
NOUS VIES
BAS CARBONE

Le total de l'empreinte carbone d'un français moyen est donc de 12 tCO₂e. Pour respecter l'objectif de 2°C maximum d'ici 2100, le GIEC nous affirme qu'il faudrait réduire cette empreinte carbone à 2 tCO₂e par an et par personne seulement d'ici 2100. Ce chiffre nous permet de prendre conscience de l'urgence climatique et de la nécessité de réaliser des bilans carbone. L'objectif est ensuite de trouver les solutions les plus adaptées pour les réduire.

Comme nous l'avons remarqué, le domaine de la recherche est compris dans le poste d'émission "services publics" du français moyen. Il est donc également pertinent pour un laboratoire de réaliser son bilan carbone pour ensuite réduire son empreinte et participer de même que tous les français à atteindre l'objectif de 2 tCO₂e par personne d'ici 2100.

4 Cadre et méthodologie

4.1 Cadre de l'étude

Pour réaliser notre étude du bilan carbone de l'UMR METIS, il est important de définir le cadre de l'étude afin de ne compter que les émissions dues à la vie du laboratoire et d'éviter les doublons avec l'empreinte carbone personnelle des membres.

Nous considérons l'année 2019 pour le calcul du bilan carbone du laboratoire. Cette année a été choisie, car, en raison de la crise sanitaire, l'année 2020 n'était pas significative de l'activité habituelle du laboratoire (pas ou peu de missions à l'étranger). L'année 2019 est donc l'année la plus récente et significative possible. Cependant, d'autres laboratoires ont quand même effectué leur bilan carbone en 2020 pour observer l'impact de la crise sanitaire sur les émissions de gaz à effet de serre.

Dans notre étude, nous prendrons en compte toute action, tout achat, tout déplacement d'un membre du laboratoire qu'il n'aurait pas été amené à faire s'il n'avait pas travaillé pour l'UMR METIS. Par exemple, si une personne dépose ses enfants à l'école avant d'aller travailler, on comptera dans le bilan carbone le trajet de l'école au laboratoire mais pas celui du domicile à l'école.

Une autre règle importante pour cadrer notre étude et le principe suivant [6] :

"Quelque chose que l'on paie, compte dans notre bilan carbone. Quelque chose que l'on ne paie pas ne compte pas dans notre bilan carbone."

Par exemple, si un membre du laboratoire est invité en tant que conférencier à l'étranger et que son transport et son logement sont payés par l'organisme d'accueil, alors ce déplacement n'est pas à prendre en compte dans notre bilan carbone. En revanche, si l'UMR METIS invite un conférencier à La Sorbonne et lui paie son logement et sa restauration pendant le séjour, cela comptera dans notre bilan carbone.

Enfin, notre laboratoire est sous 3 tutelles : Sorbonne Université (SU), Centre National de Recherche Scientifiques (CNRS) et Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE). SU et CNRS sont les deux tutelles principales. Lors de notre étude il faudra bien prendre en compte les données des deux (voire trois) côtés.

4.2 Les membres du laboratoire

Les membres du laboratoire étaient au nombre de 100 en 2019. Ils sont répartis par statut (Chercheur, Enseignant Chercheur, ITA et doctorants/post-doctorants), et par domaine d'étude (principalement hydrogéologie (H2GS2) ou biogéochimie).

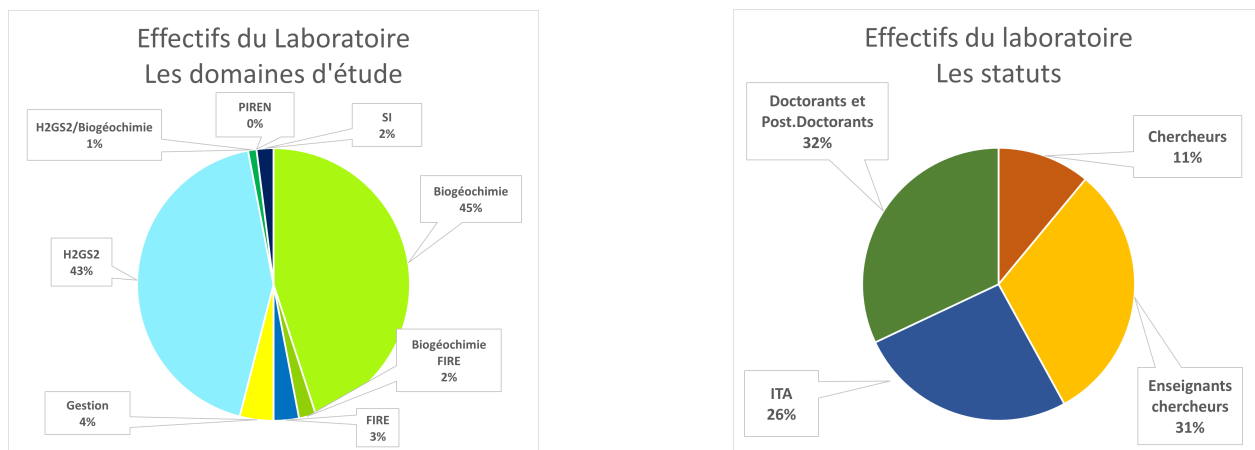


FIGURE 5 – Statistiques sur les membres du laboratoire de l'UMR METIS

Ces informations nous serviront notamment à effectuer des graphiques statistiques pour ensuite trouver des leviers d'actions adaptés.

4.3 La méthodologie générale

La méthode générale est simple. Grâce aux services administratifs, ou bien par l'intermédiaire de sondages, nous possédons des données de tous types qui qualifient l'activité du laboratoire. Ces données peuvent être sous forme unitaire (exemple : achat d'un ordinateur portable), monétaire (exemple : achat de produits chimiques pour un total de 1 500 €) ou bien sous forme de kilomètres de déplacement (exemple : 100 km en voiture effectués).

D'un autre côté, nous disposons des coefficients de l'ADEME qui nous permettent d'associer une masse carbone à chaque activité du laboratoire. Ces coefficients sont également sous 3 formes différentes [7] :

- Les bilans par unité (... $kgCO_2e/unité$). Exemple : Un repas végétarien : 0,5 $kgCO_2e$ par repas
- Les ratio monétaire (... $kgCO_2e/k€$). Exemple : Achat de produit chimique : 1,6 $kgCO_2e/k€$
- Les bilans par kilomètres (... $kgCO_2e/km$). Exemple : 1 km en voiture implique 0,178 $kgCO_2e$

A chaque donnée, il suffira donc d'appliquer le coefficient approprié.



FIGURE 6 – Schéma de la méthodologie générale d'un bilan carbone [6]

4.4 Les incertitudes

Le calcul d'incertitudes est une part non négligeable de notre étude. La base de données de l'ADEME [7] donne pour cela des incertitudes sur les coefficients qu'elle fournit. Par exemple, l'incertitude pour un facteur monétaire est de 80%.

Pour des données qui ne sont pas issues de l'ADEME, nous leur appliquerons les incertitudes suivantes issues d'un guide méthodologique d'un autre bilan carbone [6] :

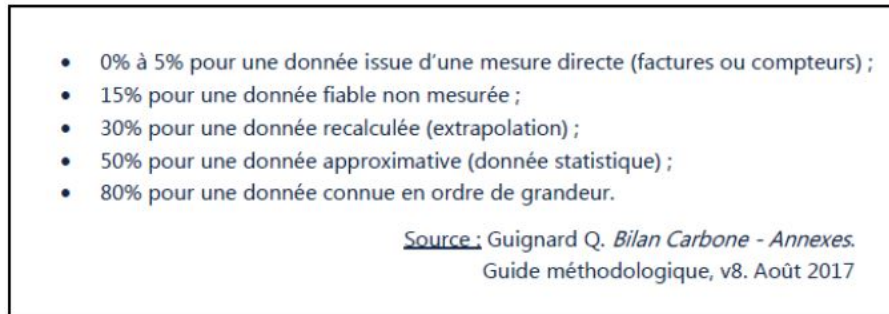
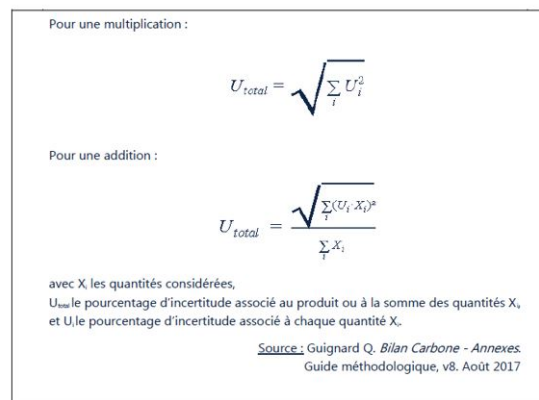


FIGURE 7 – Incertitudes sur les données ne provenant pas de la base de données de l'ADEME

Ensuite, nous utilisons les formules d'incertitudes suivantes pour déterminer l'incertitude d'une somme est d'un produit.



Extrait du rapport de l'Option Neutralité Carbone concernant la propagation des incertitudes

FIGURE 8 – Formules d'incertitudes [6]

Nous pouvons remarquer que lorsque l'on effectue un produit, l'incertitude sur le total augmente. En revanche, lors d'une somme, les erreurs ont tendance à se compenser et donc l'incertitude générale diminue.

On peut également signaler que lorsque l'on utilisera un facteur faute de mieux, on lui attribuera une incertitude de 80%. Cette donnée nous vient du travail de Lucille Zribi qui a réalisé le bilan carbone du LSCE en 2019 [6].

4.5 Bilan de la méthode

Pour effectuer le bilan carbone du laboratoire il faut donc :

- 1- Récolter les données nécessaires
- 2- Définir des postes d'émissions
- 3- Poste par poste appliquer à chaque données le coefficient de la base de l'ADEME approprié
- 4- Calculer l'incertitude pour chaque donnée puis pour chaque poste d'émission
- 5- Regrouper les données de tous les postes pour obtenir le bilan carbone général du laboratoire

5 Les différents postes considérés

Les postes considérés sont les suivants :

- **Les achats** : Ce poste prend en compte tout ce que le laboratoire a acheté en 2019 pour la vie et l'activité du laboratoire. Il peut s'agir de biens ou de services. Par exemple : un spectromètre, un service de reproduction, un buffet traiteur pour 50 personnes, des nouveaux ordinateurs, un service de maintenance, des vêtements de terrain etc... Ce poste ne prend pas en compte l'achat de titre de transport, d'hébergement et de restauration d'une personne en mission.
- **Les missions** : Ce poste prend en compte toutes les émissions de gaz à effet de serre d'un membre qui part en mission. Il y a 5 types de missions : les missions de terrain, les colloques, les jurys de thèse, les réunions, la formation et l'enseignement. Dans ce poste on prend donc en compte les émissions du transport, de l'hébergement et de la restauration d'un chercheur en mission sur place.
- **La pollution numérique** : Nos mails, nos recherches internet, notre stockage cloud et même notre connexion internet font fonctionner des serveurs qui se situent la plupart du temps à l'international. Les fermes de serveurs se trouvent souvent dans des pays où l'électricité est très peu décarbonée et cela entraîne des émissions de gaz à effet de serre non négligeables. C'est tout cela que l'on prend en compte dans ce poste.
- **L'alimentation** : Nous avons fait le choix de prendre en compte dans notre bilan carbone les déjeuners des membres du laboratoire. Plus un repas est carnier, plus il émet de gaz à effet de serre. C'est pour ne rien négliger et envisager toutes les pistes de solutions que nous avons décidé de prendre en compte les déjeuners dans le bilan carbone.
- **Les déplacements domicile/travail** : Cet aspect prend en compte l'impact carbone de trajet que les membres du laboratoire effectuent pour se rendre au travail en plus de leurs déplacements personnels. En effet, comme nous l'avons dit plus haut : si une personne dépose ses enfants à l'école avant d'aller travailler, on comptera dans le bilan carbone le trajet de l'école au laboratoire mais pas celui du domicile à l'école.
- **Les bâtiments** : Ce poste prend en compte à la fois la construction des bâtiments amortie sur leur durée de vie et l'ensemble du dispositif d'eau et de chauffage.
- **Les déchets** : Ici, on prend en compte le traitement des déchets du laboratoire.
- **Les heures de calculs externalisées** : Les chercheurs du laboratoire sont parfois amenés à utiliser des serveurs extérieurs pour faire tourner leurs codes. Ces serveurs consomment de l'électricité et donc émettent des gaz à effet de serre.
- **L'électricité** : L'électricité en France est très décarbonée, on s'attend donc à un impact carbone faible. Cependant, son calcul est pertinent puisqu'il nous permet de réaliser à quel point l'électricité est bas carbone.

Le choix de ces différents postes d'émission a été évident pour certains postes, inspiré par des sources extérieures pour d'autres et parfois ce sont des initiatives inspirées de l'actualité.

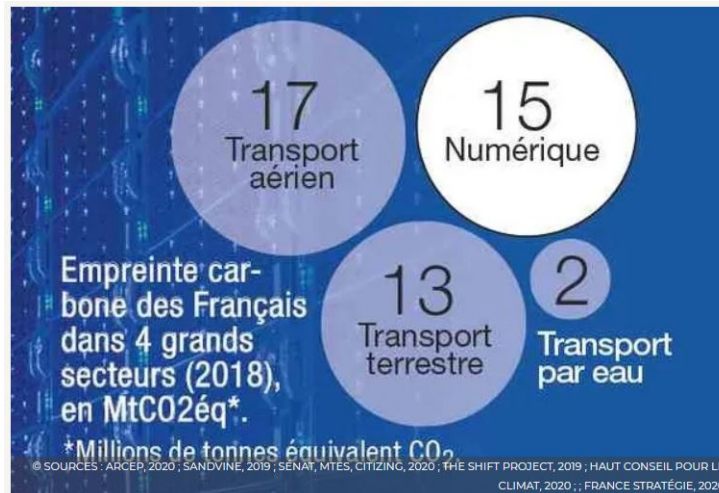


FIGURE 9 – Représentation de l'importance du numérique dans l'empreinte carbone des français [8]

Par exemple, prendre en compte les achats, les missions, les bâtiments et les trajets domicile/travail est une évidence. Prendre en compte les déchets, les heures de calcul externes et l'alimentation fut un choix inspiré du bilan carbone d'autres laboratoires et du travail d'autres personnes. Enfin, prendre en compte la pollution numérique fut une initiative inspirée de l'actualité. En effet, avec la crise sanitaire, le monde scientifique s'est d'autant plus penché sur l'empreinte environnementale du numérique et sa place non négligeable dans l'empreinte carbone (4% des émissions de gaz à effet de serre mondiales [8]). Nous avons donc fait le choix de le prendre en compte dans notre bilan carbone.

Ainsi, la méthodologie décrite appliquée aux postes évoqués ci-dessus donne le résultat suivant.

6 Résultat général et analyse

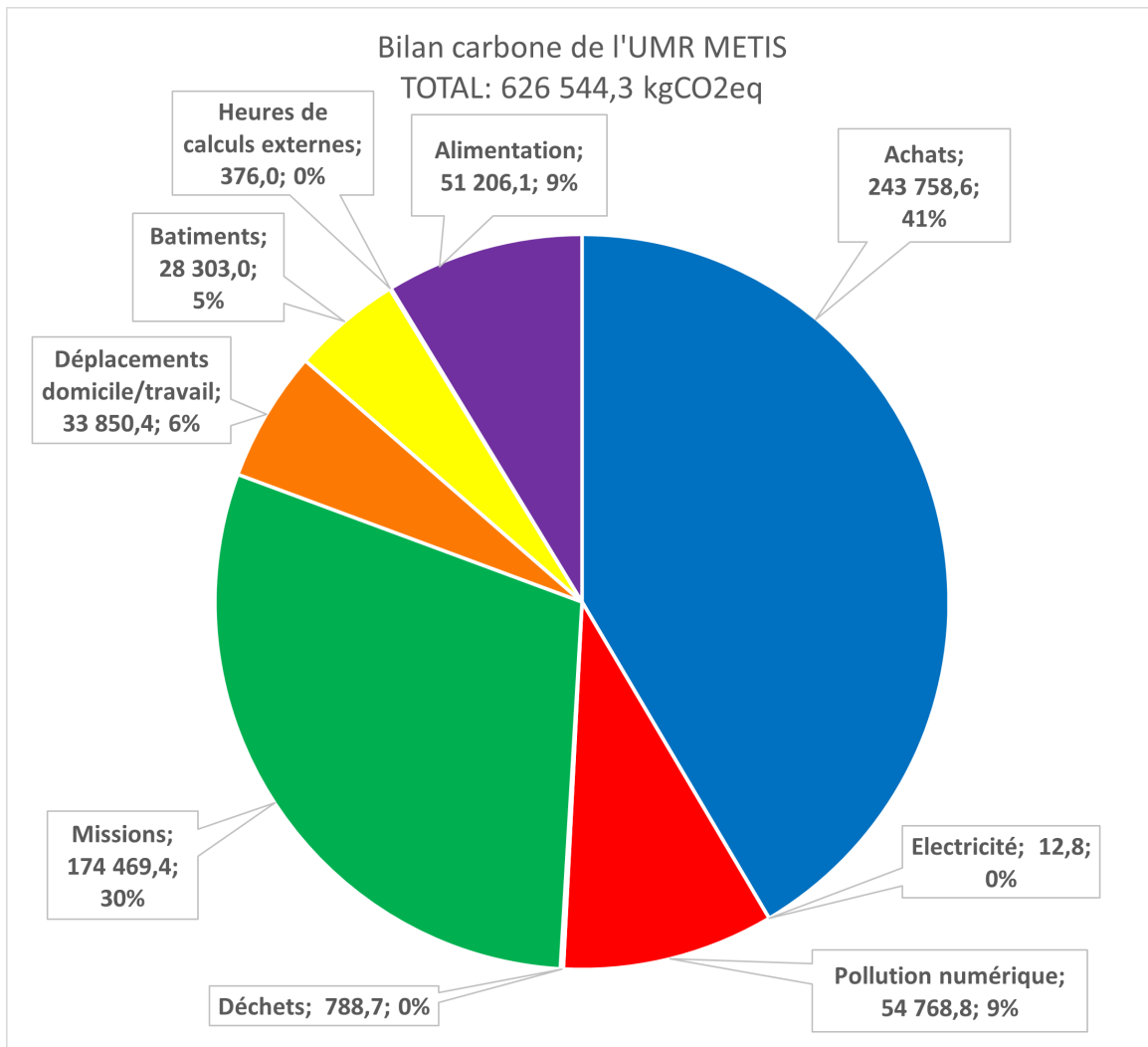


FIGURE 10 – Bilan carbone de l'UMR METIS

Le bilan carbone de l'UMR METIS s'élève donc à 626,5 tCO_2e . En 2019, le laboratoire comptait 100 membres, ce qui donne un bilan carbone de 6,3 tCO_2e par personne.

Le poste d'émissions le plus important est le poste "Achat". Il représente 41% du bilan carbone. Juste après, arrive le poste "Missions", avec 31% du bilan global. C'est donc sur ces 2 postes qu'il faudra travailler majoritairement pour réduire significativement le bilan carbone.

Les postes "Alimentation", "Pollution numérique" et "Déplacements domiciles travail" sont aussi des postes non négligeables où des leviers d'action sont envisageables.

L'incertitude du bilan carbone est de 6,00%. En effet, malgré les nombreuses incertitudes sur les coefficients de l'ADEME, la somme de toutes les données exploitées a tendance à faire diminuer les incertitudes, d'où l'obtention de cette incertitude de 6,00% qui est très satisfaisante.

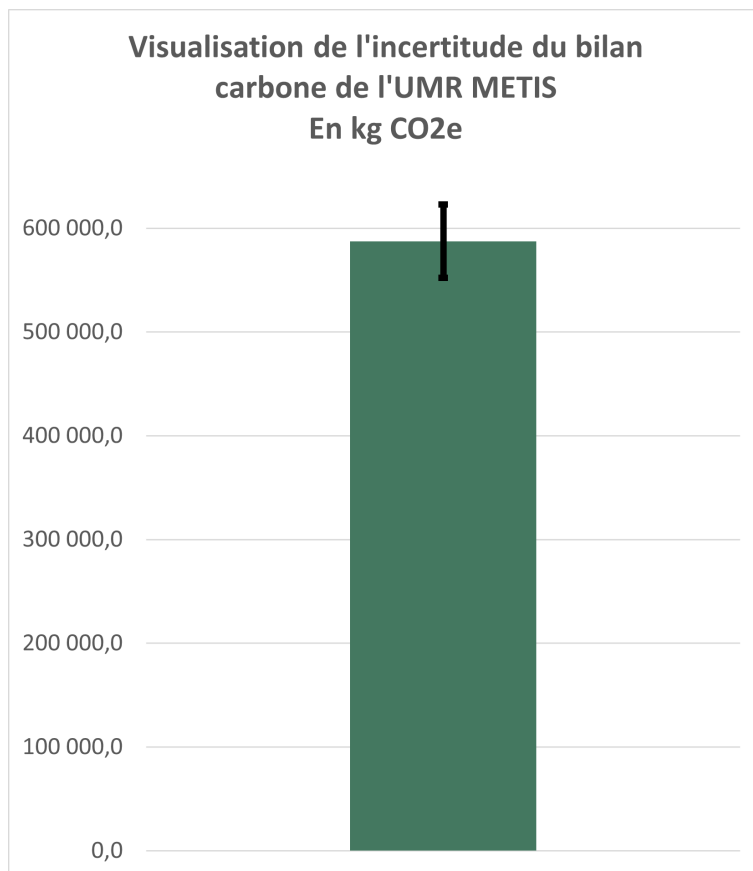


FIGURE 11 – Incertitude sur le bilan carbone de l'UMR METIS

7 Résultats par postes d'émission

7.1 Les achats - 41%

La méthode

Pour les achats, nous disposions de deux fichiers Excel, un pour SU et l'autre pour CNRS.

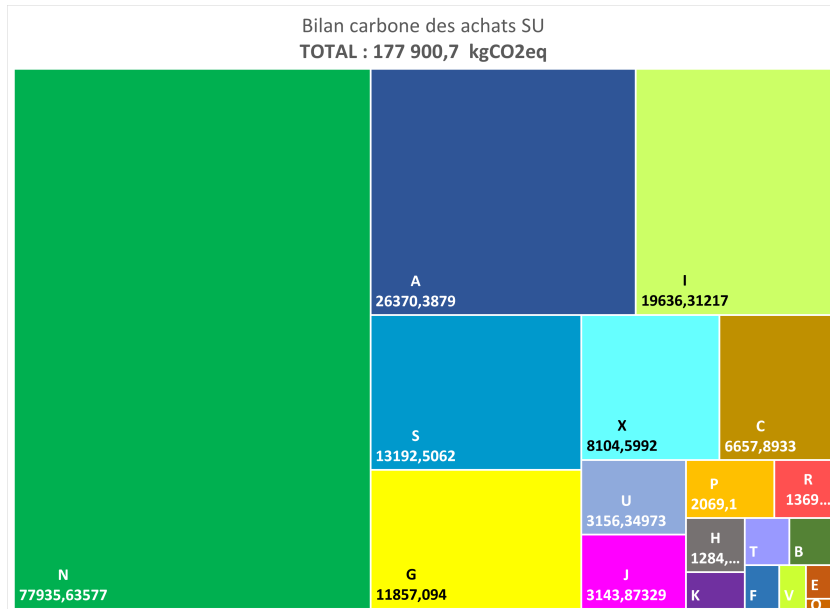
Pour SU, le fichier faisait plus de mille lignes. Nous disposions du montant de l'achat et du code NACRE. Le code NACRE (Nouvel Accompagnement pour la Création et la Reprise d'Entreprise)[9] est un code littéral et numérique qui nous permettait d'identifier la nature de l'achat. Une fois la nature de l'achat identifiée, nous l'associons à un ratio monétaire de la base de l'ADEME ainsi qu'à son incertitude et nous obtenions le total en $kgCO_2e$. Pour CNRS la méthode était la même à l'exception près que nous ne disposions pas du code NACRE mais seulement de l'intitulé de l'achat.

Pour tout ce qui concerne l'achat de matériel scientifique, nous avons un facteur spécifique intitulé "Equipement scientifique" issu d'une autre base de données : la base de données américaine CEDA [6]. Ce facteur nous a été donné par Lucille Zribi.

Intitulé facteur ADEME	Ratios monétaires
Petites fournitures	0,367 kgCO ₂ e/€
Equipement scientifique	0,4 kgCO ₂ e/€
Service R&D	0,25 kgCO ₂ e/€
Produits chimiques	1,6 kgCO ₂ e/€
Produits informatiques	0,4 kgCO ₂ e/€
Gratifications	0,11 kgCO ₂ e/€
Restauration hébergement	0,32 kgCO ₂ e/€
Textiles et Habillement	0,6 kgCO ₂ e/€
Edition	0,28 kgCO ₂ e/€
Formation	0,12 kgCO ₂ e/€
Maintenance	0,17 kgCO ₂ e/€
Impression	0,17 kgCO ₂ e/€
Activité récréatives	0,11 kgCO ₂ e/€
Machines et équipements	0,7 kgCO ₂ e/€
Santé et Hygiène	0,12 kgCO ₂ e/€

FIGURE 12 – Différents ratio monétaires [6] [7]

Les résultats



Codes Couleur	
A	Approvisionnement généraux
B	Bâtiments infrastructures
C	Communication culture documentation
D	Missions
E	Etudes conseils assurances
F	Fret Expédition transport
G	Gaz de labo
H	Hygiène santé
I	Informatique et télécom
J	Aménagement du laboratoire
K	Elevage et expérimentation animales
L	Médical
N	Chimie et biologie
P	Physique nucléaire et corpusculaire
Q	Expérimentation végétale
R	Atelier - Mécanique Automatique
S	Spectrométrie
T	Electronique
U	Sciences de la terre
V	Vide et ultra vide
X	Dépenses hord achats

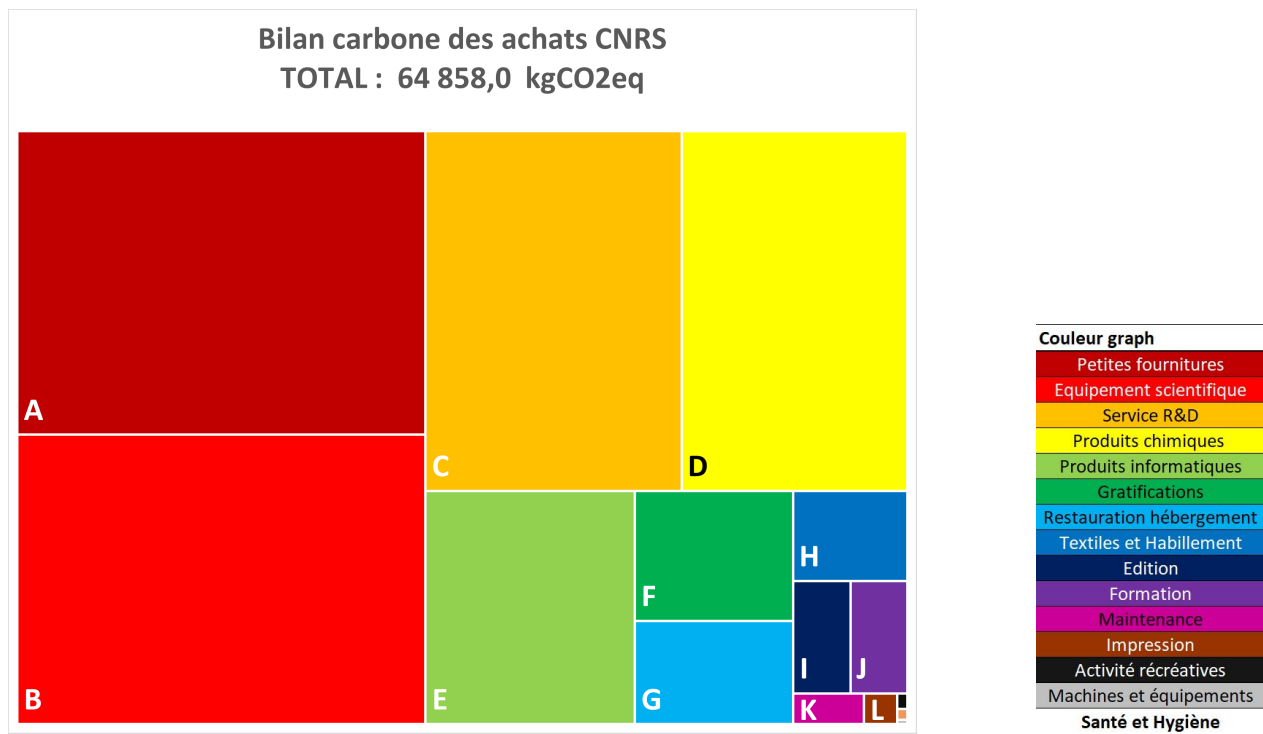


FIGURE 13 – Empreinte carbone des achats SU

Incertitudes

L'incertitude pour un facteur monétaire est de 80% tandis que l'incertitude sur le prix est nulle. Ainsi, l'incertitude pour l'empreinte carbone de chaque achat est de 80%. En faisant la somme de tous les achats des 2 tutelles on obtient une incertitude sur les achats de 8,26%. Le bilan carbone des achats est donc de $243758,6 \pm 20143,5$ ce qui est un résultat satisfaisant.

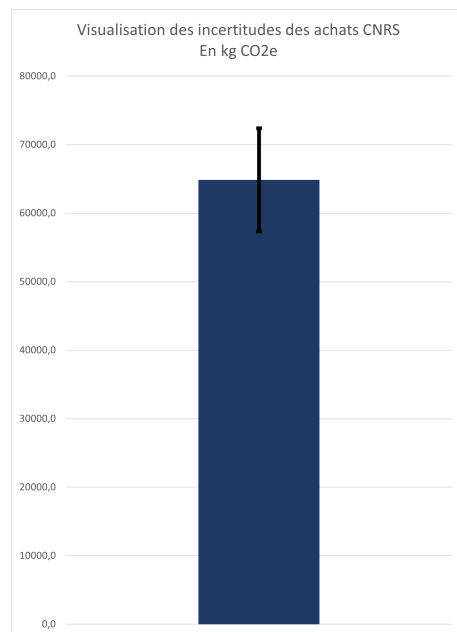
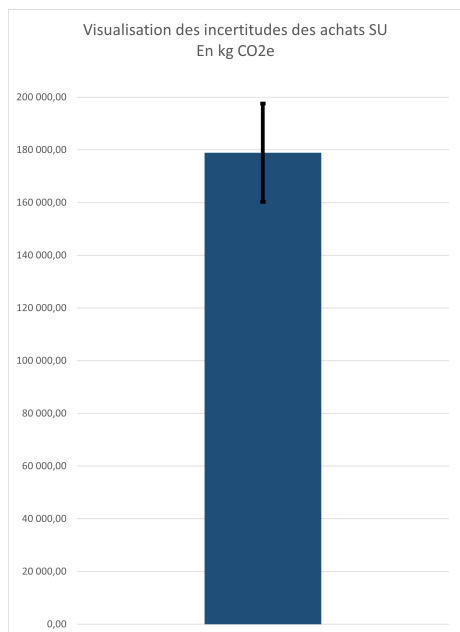


FIGURE 14 – Empreinte carbone des achats CNRS

Les limites

Les facteurs de l'ADEME sont souvent attribués "faute de mieux" ce qui fait que leur incertitude est en fait sous-estimée. De plus, le matériel scientifique, la verrerie, les produits chimiques etc... coûtent en général plus cher que les petites fournitures ou produits chimiques du quotidien. Ces prix élevés associés aux ratios monétaires ont tendance à gonfler artificiellement le bilan carbone du laboratoire.

7.2 Les missions - 30%

La méthode

Il y a beaucoup de choses à prendre en compte dans les missions et donc beaucoup de fichiers Excel à traiter. Côté SU, nous disposons d'un fichier répertoriant les divers déplacements en voiture, train et avion ; et un fichier avec les autres frais divers (hébergement et restauration). Côté CNRS, nous disposons de deux fichiers répertoriant des activités de missions réservées hors Globéo (agence de voyage d'affaire avec une plateforme de réservation interne aux laboratoires de recherche), et un fichier excel avec les activités de missions réservées via Globéo.

Pour chacun des fichiers mentionnant des déplacements, nous ne disposons que de la ville de destination et de l'intitulé de la mission. Il fallait alors rechercher la distance à vol d'oiseaux correspondante, puis attribuer un moyen de locomotion (train, voiture, avion) en fonction de la distance et de l'intitulé de la mission. Ces attributions ont été vérifiées avec les maîtres de stage qui avaient une meilleure vision globale des activités du laboratoire.

Selon la locomotion, il fallait également appliquer un facteur sur la distance à vol d'oiseaux [6] :

- Pour la voiture et le train : distance à vol d'oiseau $\times 1,3$
- Pour l'avion : distance à vol d'oiseau + 95 km

Enfin, nous multiplions la distance par 2 pour avoir l'aller retour et nous lui appliquons les facteurs suivant de l'ADEME [7] :

- Avion : $0,167 \text{ kgCO}_2\text{e/km}$
- Train : $6,59 \text{ gCO}_2\text{e/km}$
- Voiture : $0,178 \text{ kgCO}_2\text{e/km}$

A tout cela s'ajoute également l'utilisation des véhicules de fonction. Ils sont au nombre de 2 et pour chacun, nous disposions d'un carnet manuscrit où il était inscrit la destination et le kilométrage au compteur au début et à la fin du trajet. Il était donc facile d'avoir accès au nombre de kilomètres et d'ensuite appliquer le facteur kilométrique de l'ADEME concernant la voiture.

Les résultats

Résultats principaux

Pour SU :

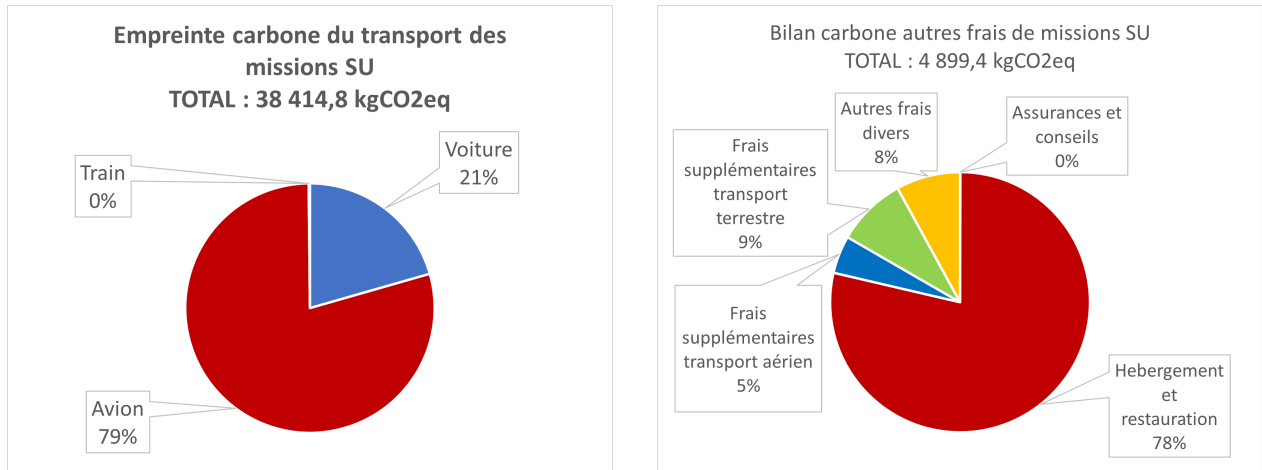


FIGURE 15 – Empreinte carbone des missions SU

Pour CNRS :

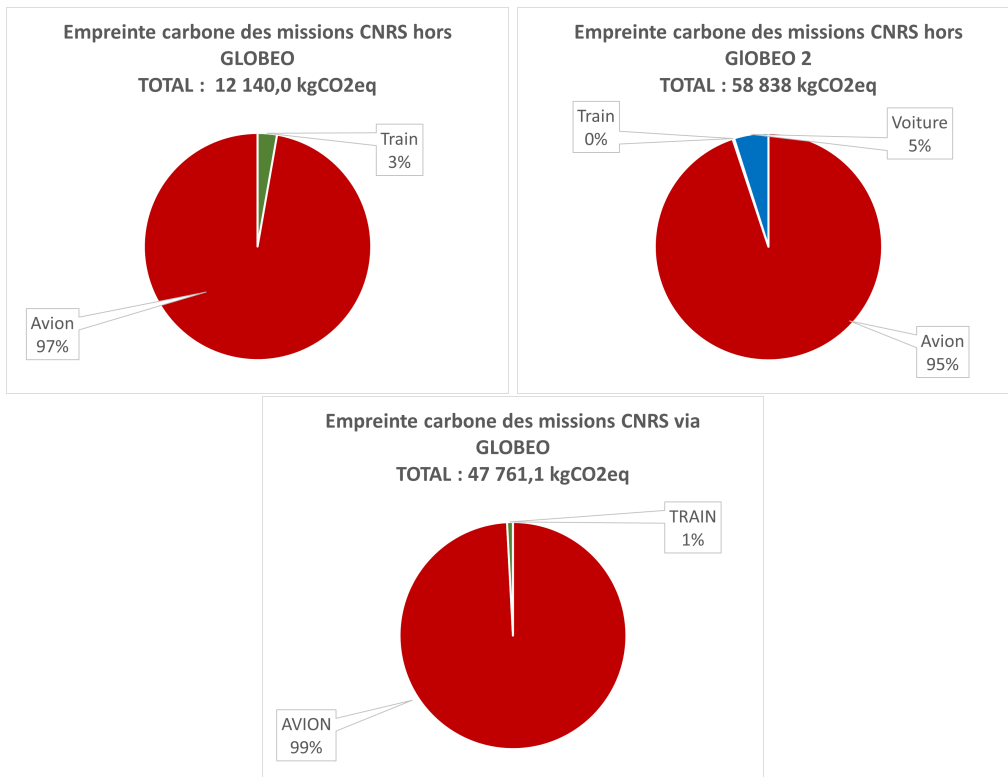


FIGURE 16 – Empreinte carbone des missions CNRS

Tout compris :

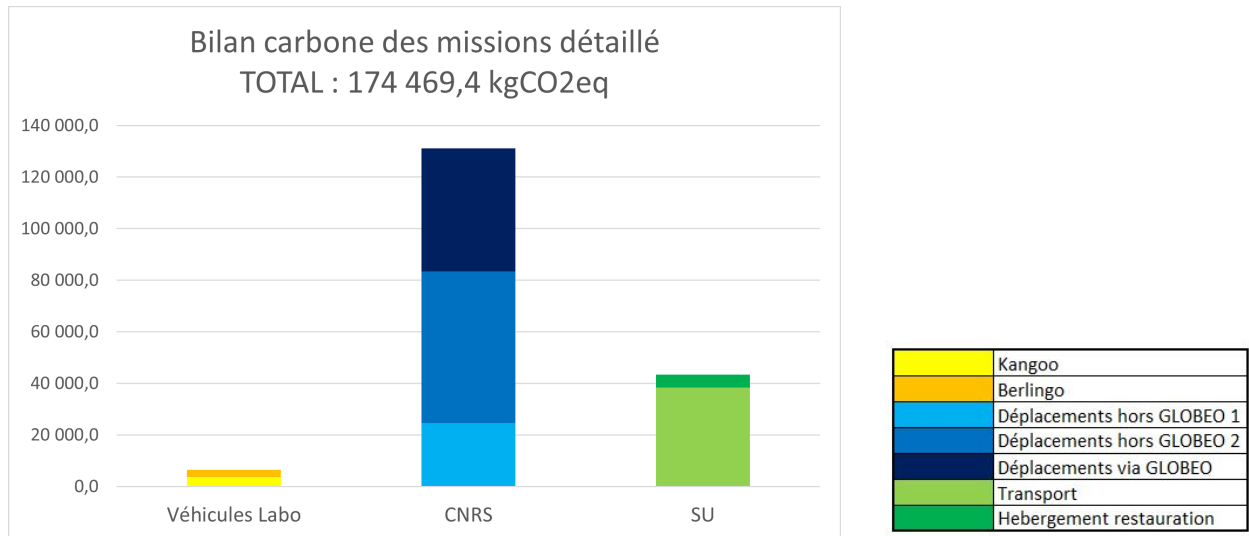


FIGURE 17 – Empreinte carbone des missions

Missions	174 469,4	17 131,0	9,82%
SU	43 314,2	12 440,6	28,72%
Transport	38 414,8	4 025,4	10,48%
Autres frais de mission	4 899,4	654,7581	13,36%
CNRS	131 155,2	11771,306	8,98%
Déplacements hors GLOBEO 1	24 556,0	3145,1526	12,81%
Déplacements hors GLOBEO 2	58 838,1	8697,3283	14,78%
Déplacements via GLOBEO	47 761,1	7282,0422	15,25%
Véhicules labo	6 443,8	376,28138	5,84%
Berlingo	3 652,6	294,47676	8,06%
Kangoo	2 791,2	234,24585	8,39%

FIGURE 18 – Respectivement : Intitulé du poste d'émission - Empreinte carbone en kgCO₂e - Incertitude en kgCO₂e - Incertitude en pourcentage

Résultats secondaires

On se concentre maintenant sur le transport des missions SU. Ces graphiques nous montrent que même si la majorité des voyages sont effectués en voiture ou en train, le nombre de kilomètres effectués est quand même plus important en avion et donc forcément, l'empreinte carbone de l'avion est très majoritaire :

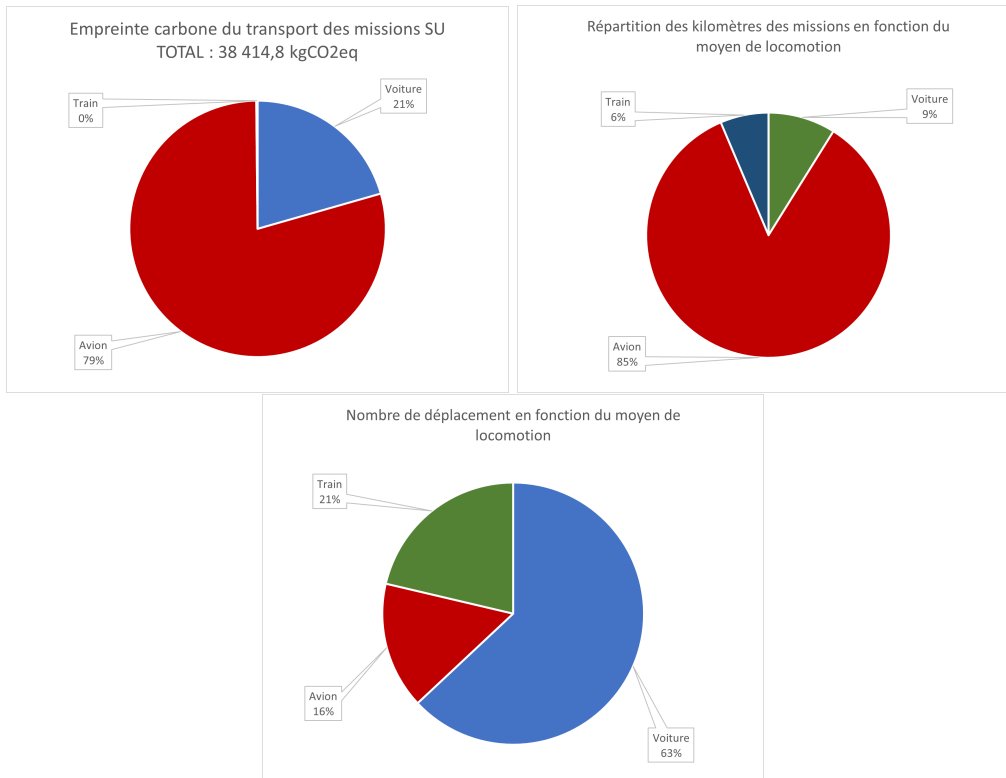


FIGURE 19 – Analyse de l’empreinte carbone des transports des missions SU en fonction du moyen de locomotion

D’autres résultats intermédiaires sont disponibles en annexe.

Les incertitudes

Les ratios kilométriques de l’ADEME ont une incertitude de 50%. Pour la distance, on prend une incertitude telle que :

$$\Delta(en \%) = \frac{\frac{1km}{\sqrt{3}}}{Distance(en km)} \quad (1)$$

On obtient alors les résultats suivants :

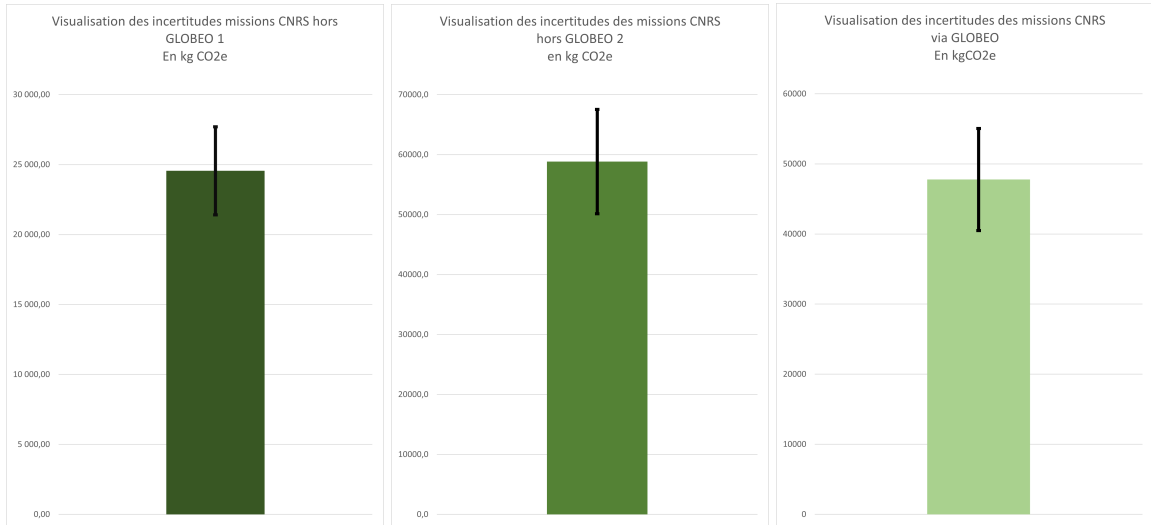


FIGURE 20 – Incertitudes des missions CNRS

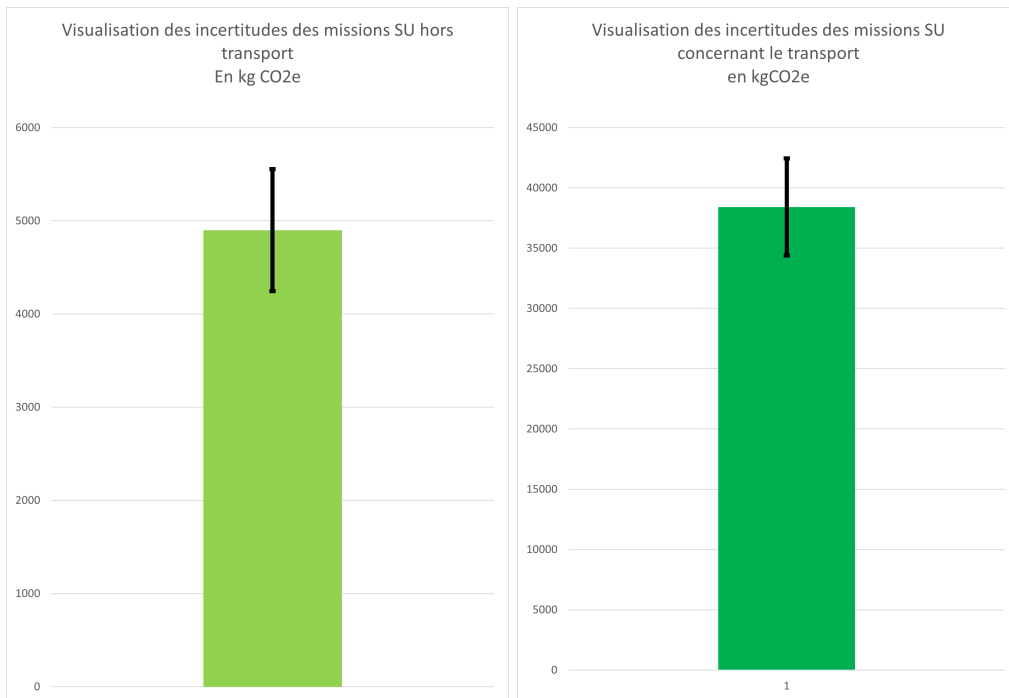


FIGURE 21 – Incertitudes des missions SU

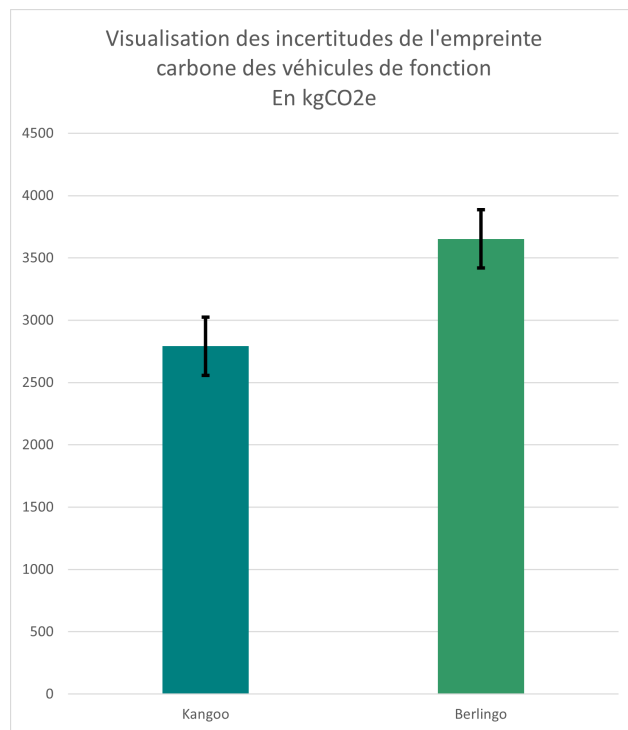


FIGURE 22 – Incertitude des missions avec les véhicules de fonction

Le bilan pour les missions est donc de $174469,4 \pm 17131,0 \text{ kgCO}_2e$

Les limites

Une des plus grosses limites de ce poste d'émission est la présence de doublons. En effet, avec la multiplicité des tableaux Excel, la fréquence de certaines destinations et l'absence de l'aspect nominatif des missions, il n'est pas impossible que certaines missions aient été comptées 2 fois. Cependant, un travail de "nettoyage des doublons" a été réalisé, sur les missions les plus émettrices, avec l'aide des maîtres de stage qui ont une meilleure vision des activités du laboratoire en 2019. Ainsi, s'il reste des doublons, ce sont des missions avec des émissions de gaz à effet de serre modérées.

7.3 La pollution numérique - 9%

La méthode

Pour évaluer ce poste d'émissions, nous avons réalisé un sondage que nous avons diffusé au sein des membres du laboratoire. En plus de leur demander leur nom et leur statut, les questions posées étaient :

- En 2019, combien d'ordinateurs connectés à internet utilisez vous au labo ?
- En 2019, combien de temps utilisez vous votre ou vos ordinateur(s) connecté(s) à internet par jour ?
- En 2019, quel était le volume approximatif de votre stockage cloud ?
- En 2019, en moyenne, combien de mails receviez vous par jour ?
- En 2019, en moyenne, quel était le pourcentage de vos mails reçus qui contenaient des pièces jointes ?
- En 2019, en moyenne, combien de recherches internet effectuiez vous par jour ?
- Aviez vous l'habitude de consulter vos sites internet les plus fréquents directement depuis votre barre personnelle ?
- En 2019, en moyenne, combien d'achats professionnels effectuiez vous par mois sur le web ?

Pour exploiter ces résultats nous avons utilisé les facteurs de l'ADEME suivants [7] :

- Un ordinateur connecté à internet : 90 gCO_2e par heure de connexion
- Un mail : 4g CO_2eq
- Un mail avec pièce jointe : 35 gCO_2e
- Une recherche internet : 15 gCO_2e (8 gCO_2e seulement si le site a été mis en favoris)
- Un achat sur le Web : 7,5 gCO_2e
- Stockage Cloud : 2 $kgCO_2e$ par Go stocké par an

Nous avons également posé 3 questions ouvertes aux membres du laboratoire pour avoir leur avis sur le sujet :

- Selon vous, comment a évolué votre comportement depuis 2019 ?
- Selon vous, que vous manquerait-il (infrastructures, aides financières, formations et sensibilisation, ...) pour avoir un comportement encore plus sobre en carbone dans vos déplacements ?
- Avez-vous des commentaires vis-à-vis de ce questionnaire ? Des remarques diverses ? Des choses à dire sur le sujet ?

Les résultats de ces questions ouvertes seront analysés en partie 8.

Les résultats

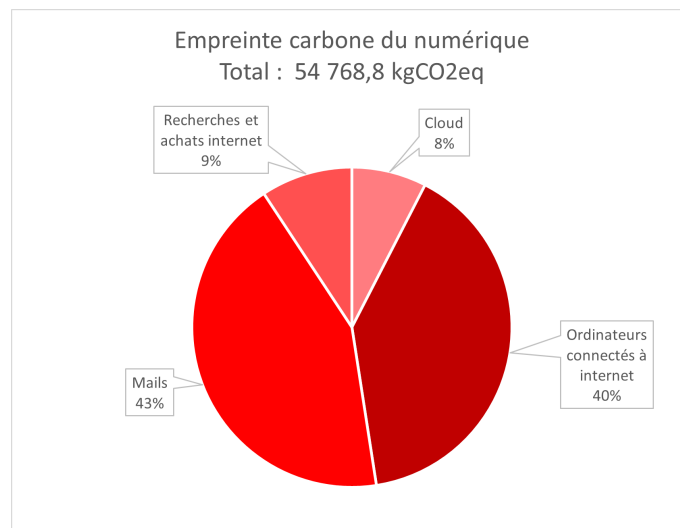


FIGURE 23 – Empreinte carbone du numérique

Nous pouvons remarquer que le temps de connexion à internet et le nombre de mails représentent les émissions les plus importantes. C'est donc sur ces deux postes qu'il faudra trouver des leviers d'action.

Les incertitudes

Concernant le numérique, les facteurs de l'ADEME ont une incertitude de près de 100%. Pour les résultats des questionnaires, on estime que ce sont des données statistiques et donc nous leur appliquons une incertitude de 50%. On arrive ainsi à une incertitude finale sur le numérique de près de 29%. Cette incertitude est représentée ci - dessous :

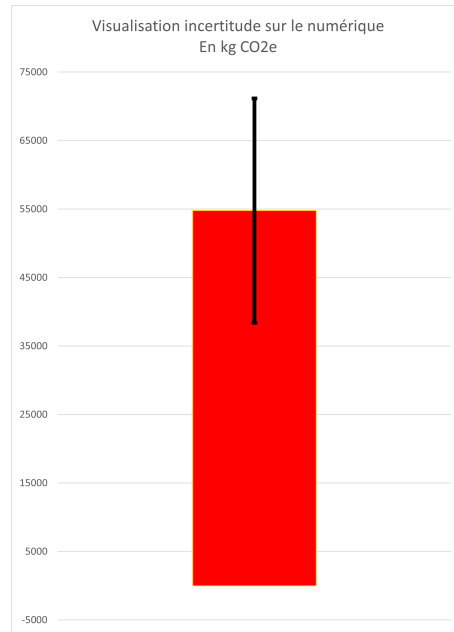


FIGURE 24 – Incertitudes sur le numérique

Le bilan est donc de $54768,8 \pm 16379,8 \text{ kgCO}_2e$

Les limites

Les limites de ce poste concernant majoritairement la fiabilité des réponses des membres du laboratoire. En effet, les questions posées amènent à des réponses plutôt vagues. Il a été remonté par les répondants au sondage que certaines questions étaient dures à estimer et qu'ils avaient répondu "à peu près". Néanmoins, ce sondage nous a permis d'obtenir un bon ordre de grandeur de l'empreinte carbone du numérique. De plus cela nous a permis de prouver la pertinence de quantifier le numérique dans notre bilan carbone.

7.4 L'alimentation - 9%

La méthode

Pour évaluer ce poste d'émissions, nous avons également réalisé un sondage que nous avons diffusé au sein des membres du laboratoire. En plus de leur demander leur nom et leur statut, les questions posées étaient :

- En 2019, en moyenne, sur vos 5 déjeuners par semaine, combien étaient végétariens ?
- En 2019, en moyenne, sur vos 5 déjeuners par semaine, combien contenaient de la viande rouge ?
- En 2019, en moyenne, sur vos 5 déjeuners par semaine, combien contenaient de la viande blanche ou du poisson ?
- En 2019, en moyenne, combien de mails receviez vous par jour ?
- En 2019, en moyenne, quel était le pourcentage de vos mails reçus qui contenaient des pièces jointes ?
- En 2019, en moyenne, sur vos 5 déjeuners par semaine, combien étaient pris chez vous OU ramenés de chez vous ?
- En 2019, en moyenne, sur vos 5 déjeuners par semaine, combien de fois achetiez vous un verre d'alcool (vin, bière, digestif ...) ?
- En 2019, en moyenne, sur vos 5 déjeuners par semaine, combien de fois achetiez vous un soda, un jus ou un sirop ?
- En 2019, buviez vous de l'eau en bouteille le midi ?
- En 2019, faisiez vous des repas zéro déchet le midi ?

Pour exploiter ces résultats nous avons utilisé les facteurs de l'ADEME suivants [7] :

- Un repas végétarien : $0,5 \text{ kgCO}_2e$
- Un repas viande rouge : $6,3 \text{ kgCO}_2e$
- Un repas viande blanche : $1,4 \text{ kgCO}_2e$
- Un verre d'alcool : 1 kgCO_2e
- Une boisson hors eau : 1 kgCO_2e par litre
- Démarche zéro déchet : -130 kgCO_2e par an et par personne (Tous repas compris)

Les 3 questions ouvertes ont aussi été posées dans ce questionnaire. Les réponses sont à retrouver au chapitre 8.

Les résultats

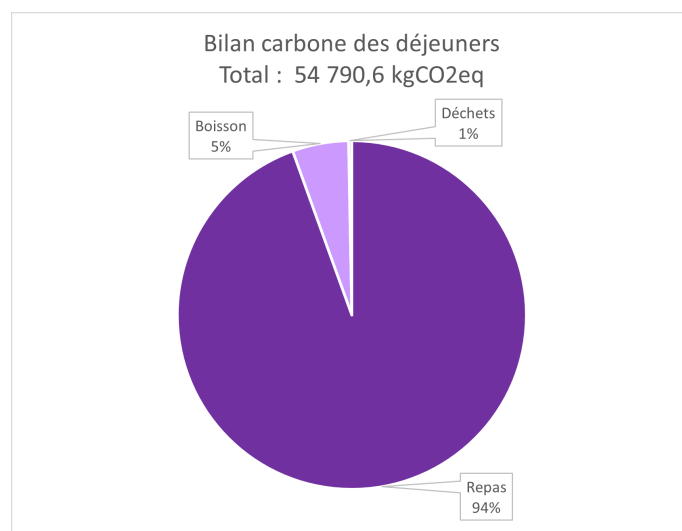


FIGURE 25 – Empreinte carbone générale de l'Alimentation

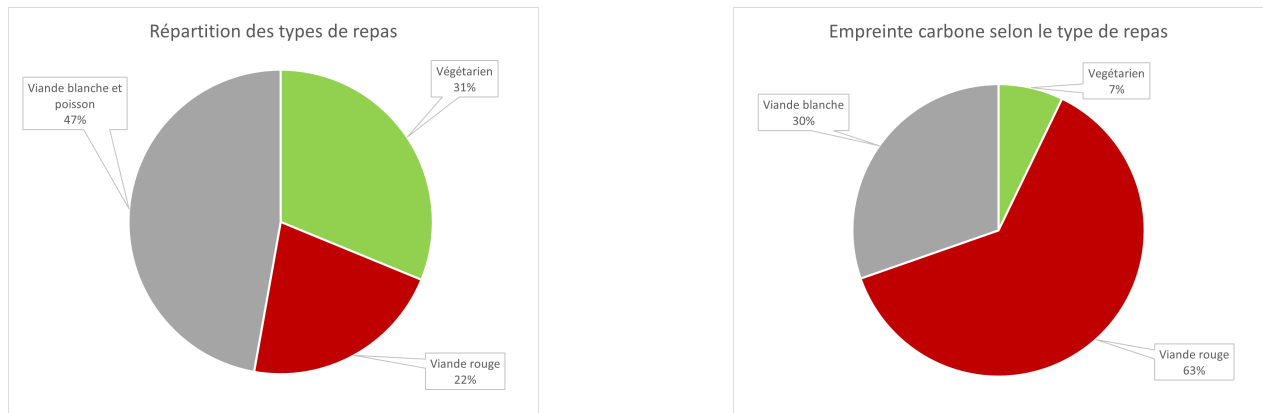


FIGURE 26 – Analyse de l’empreinte carbone des repas selon le type de repas

Nous pouvons remarquer que même si les repas de viande rouge ne représentent que 22% du nombre total de repas, ils représentent quand même plus de 60% des EGES des déjeuners. Tandis que les repas végétariens qui représentent 31% du nombre de repas total, représentent seulement 7% des EGES des déjeuners.

Les incertitudes

L’ADEME donne une incertitude de 50% pour les facteurs concernant l’empreinte carbone des repas. Pour les résultats du sondage, nous leur associons une incertitude pour les données statistiques de 50%. L’incertitude finale de l’alimentation est de 11,35%. L’empreinte carbone de l’alimentation est donc de $51206,1 \pm 5814,1 \text{ kgCO}_2e$.

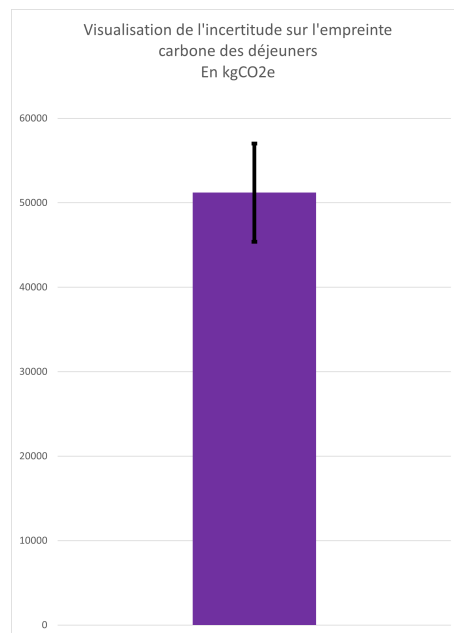


FIGURE 27 – Empreinte carbone générale de l’Alimentation

Les limites

De même que pour le numérique, les limites de ce poste concernent majoritairement la fiabilité des réponses des membres du laboratoire. Les répondants au sondage ont également affirmé qu'ils avaient parfois répondu "à peu près". Ce sondage nous a tout de même permis d'obtenir un bon ordre de grandeur de l'empreinte carbone de l'alimentation et de pointer du doigt l'importance de réduire la consommation de viande pour diminuer le bilan carbone du laboratoire.

7.5 Les déplacements domiciles/travail - 6%

La méthode

Enfin, pour évaluer ce poste d'émissions, nous avons également réalisé un sondage que nous avons diffusé au sein des membres du laboratoire. En plus de leur demander leur nom et leur statut, les questions posées étaient :

- En 2019, en moyenne, lorsque vous n'étiez pas en congés, combien de jours par semaine vous êtes-vous rendu.e à votre lieu de travail ?
- En 2019, quand vous vous êtes rendu.e à votre lieu de travail, en moyenne, combien d'allers-retours par jour avez-vous effectués entre votre domicile et votre lieu de travail ?
- En 2019, combien de kilomètres effectuiez vous en moyenne en voiture pour ce trajet à l'aller ?
- Voiture électrique ?
- En 2019, combien de kilomètres effectuiez vous, en moyenne, en moto ou en scooter pour ce trajet à l'aller ?
- Moto ou scooter électrique ?
- En 2019, combien de kilomètres effectuiez vous, en moyenne, en métro pour ce trajet à l'aller ?
- En 2019, combien de kilomètres effectuiez vous, en moyenne, en bus pour ce trajet à l'aller ?
- En 2019, combien de kilomètres effectuiez vous, en moyenne, en RER ou transilien pour ce trajet à l'aller ?
- En 2019, combien de kilomètres effectuiez vous, en moyenne, en tramway pour ce trajet à l'aller ?
- En 2019, combien de kilomètres effectuiez vous, en moyenne, en mobilité douce pour ce trajet à l'aller ?

Pour exploiter ces résultats nous avons utilisé les facteurs de l'ADEME suivants [7] :

- RER et transilien : $4,50E-3 \text{ kgCO}_2e/\text{passager au km}$
- Métro : $2,50E-3 \text{ kgCO}_2e/\text{passager au km}$
- Tramway : $2,20E-3 \text{ kgCO}_2e/\text{passager au km}$
- Voiture : $0,176 \text{ kgCO}_2e/\text{passager au km}$
- Bus : $0,129 \text{ kgCO}_2e/\text{passager au km}$
- Deux-roues : $0,0644 \text{ kgCO}_2e/\text{passager au km}$
- Vélo et marche : $0 \text{ kgCO}_2e/\text{passager au km}$

Les trois questions ouvertes ont également été posées et les résultats sont également disponibles au chapitre 8.

Les résultats

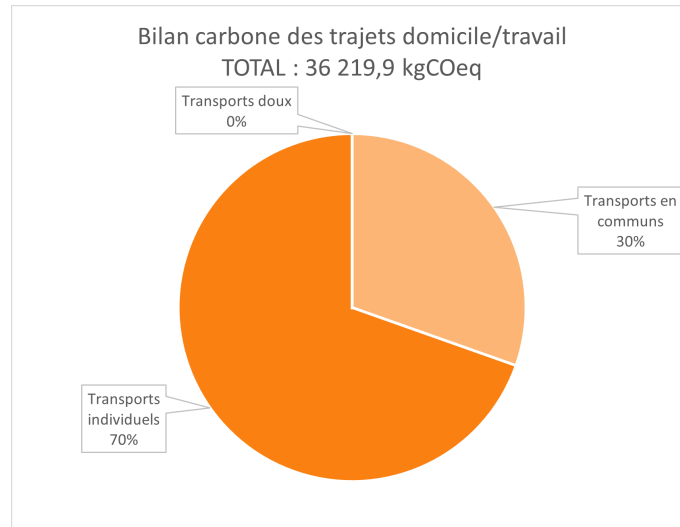


FIGURE 28 – Empreinte carbone des trajets domicile/travail

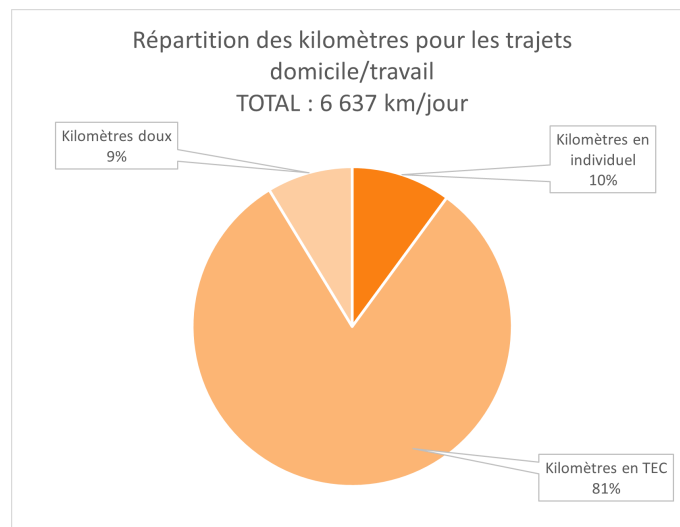


FIGURE 29 – Répartition des kilomètre selon le moyen de locomotion

On peut remarquer que les transports individuels (motos et voitures) ne représentent que 10% des kilomètres effectués quotidiennement par les membres du laboratoire en moyenne. Pourtant, ils représentent 70% des EGES des trajets domicile/travail. Inversement, les transports en commun représentent plus de 80% des kilomètres effectués par les membres du laboratoire pour seulement 30% des EGES des trajets domicile/travail.

Les incertitudes

L'ADEME donne une incertitude de 60% pour les facteurs concernant l'empreinte carbone au kilomètre selon le moyen de locomotion. Pour les résultats du sondage, nous leur associons également une incertitude pour les données statistiques de 50%. L'incertitude finale de l'alimentation est de 28.96%. L'empreinte carbone des déplacements domicile/travail est donc de $33850,4 \pm 9802,6 \text{ kgCO}_2e$.

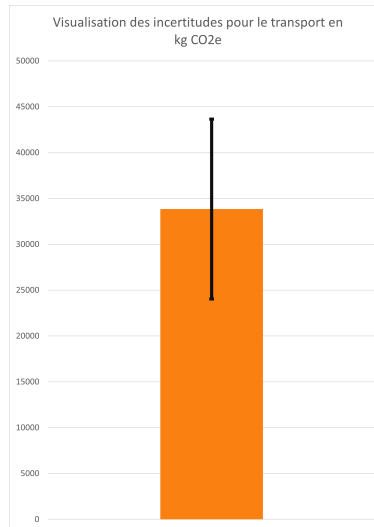


FIGURE 30 – Incertitude des trajets domicile/travail

Les limites

De même que pour le numérique et l'alimentation, les limites de ce poste concernent majoritairement la fiabilité des réponses des membres du laboratoire même si des distances sont plus faciles à estimer qu'un nombre de mails ou qu'une moyenne de repas végétariens. Ce sondage nous a donc permis d'obtenir un bon ordre de grandeur de l'empreinte carbone des déplacements domiciles/travail.

7.6 Les bâtiments - 5%

La méthode

Les factures d'eau et de chauffage sont des données auxquelles nous n'avons pas accès. En effet, ce sont des formalités administratives qui sont gérées globalement à l'échelle de l'UPMC. Il n'y a donc pas de différenciation par couloir et il est donc impossible de remonter aux émissions des gaz à effet de serre de cette manière. En revanche, La Sorbonne université a réalisé son bilan carbone en 2018. Nous avons donc décidé de nous servir de ces chiffres et d'effectuer un simple produit en croix à l'échelle de la superficie du laboratoire.

Les résultats

Le bilan carbone de la Sorbonne nous donne le facteur suivant : $11kgCO_2e/m^2/an$. Ce qui, ramené à la superficie de METIS nous donne les résultats suivants :

Batiments	Superficies en m ²	Incertitudes superficies	Facteur BC SU 2018	Incertitudes facteur SU	kgCO2e bâtiments	Incertitudes Totales	(Ui.Xi) ²
46/56/3	804	20,18%	0,11	80,00%	8844	82,51%	53243670,5
46/56/4	804	20,18%	0,11	80,00%	8844	82,51%	53243670,5
55/56/4	429	23,61%	0,11	80,00%	4719	83,41%	15493617,8
56/66/4	536	22,33%	0,11	80,00%	5896	83,06%	23982013,9
TOTAL	2573	10,80%	0,11	80,00%	28303	42,69%	12081,51367
	Total Incertitudes	12081,51367					

FIGURE 31 – Empreinte carbone des bâtiments de l'UMR METIS

Les incertitudes

Pour une mesure en mètres, on prend la formule d'incertitude suivante :

$$\Delta(en\%) = \frac{\frac{1m}{\sqrt{3}}}{Mesure(enm)} \quad (2)$$

Ensuite, on applique la formule de l'incertitude d'un produit pour obtenir l'incertitude sur une surface et enfin, on applique la formule de l'incertitude d'une somme pour la superficie totale. Cependant, dans le bilan carbone de SU 2018, on n'indique aucun facteur d'incertitude concernant le coefficient de $11kgCO_2e/m^2/an$. Ainsi, on applique à ce facteur une incertitude de 80% qui correspond à l'incertitude "faute de mieux". Le bilan des bâtiments est donc de $28303,0 \pm 12081,5 kgCO_2e$

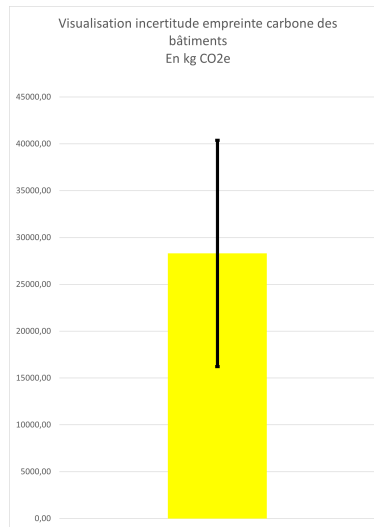


FIGURE 32 – Incertitudes sur l'empreinte carbone des bâtiments

Les limites

Le bilan de SU a été effectué sur toutes les structures d'enseignement de La Sorbonne. Or, on ne chauffe pas de la même manière un amphithéâtre de près de 500 personnes et un bureau pour une personne. Ce facteur est utilisé "faute de mieux" et manque grandement de précision. Néanmoins, cela nous permet quand même d'avoir accès à un ordre de grandeur pour l'empreinte carbone des bâtiments.

7.7 Autres - <1%

Les déchets - 0,13%

L'empreinte carbone des déchets a également été calculée au prorata de l'empreinte carbone des déchets de SU en 2018. En 2018, La Sorbonne comptait 65300 personnes pour un bilan carbone des déchets de 515 000 $kgCO_2e$. En 2019, l'UMR METIS comptait 100 membres. On aboutit donc à un total de 788,7 $kgCO_2e$ pour l'empreinte carbone des déchets.

Pour les différentes incertitudes, voici les choix qui ont été faits. Le nombre de personnes présentes à SU en 2018 est une donnée considérée comme fiable mais non mesurée, on lui attribue une incertitude de 15%, de même pour les effectifs de METIS. Enfin, le bilan carbone de SU 2018 concernant les déchets est une grandeur utilisée faute de mieux, on lui attribue donc une incertitude de 80%. Finalement on arrive à une incertitude de près de 83% pour l’empreinte carbone des déchets de l’UMR en 2019. Le résultat est donc de $788,7 \pm 673,8 \text{ kgCO}_2e$.

Cette manière de calculer est très limitée mais nous l’avons tout de même retenue, faute de mieux. De plus cette méthode a également été utilisée faute de mieux dans d’autres laboratoires.

Les heures de calcul externes - 0,03%

Pour les heures de calcul externes, nous disposons d’un tableau Excel répertoriant l’ensemble des heures de calcul attribuées à tous les chercheurs de l’IPSL. Nous avons alors repéré les membres de l’UMR METIS dans ce tableau pour connaître le nombre d’heures qui leur ont été allouées. Ensuite, nous utilisons le facteur calculé par Lucille Zribi [6] concernant l’empreinte carbone par heure de calcul externe qui est de $4,7 \text{ gCO}_2e/\text{heure}$. 2019, on a attribué 80 000 heures à l’UMR METIS, ce qui donne un total de 376 kgCO_2e .

Pour les incertitudes, nous considérons le nombre d’heure comme une grandeur fiable non mesurée avec donc une incertitude de 15%. Le facteur d’empreinte carbone par heure de calcul est utilisé faute de mieux, avec donc une incertitude de 80%. L’incertitude totale est donc de 81,2%. Cependant, c’est un petit poste d’émission donc cette grosse incertitude n’a pas un fort impact sur l’incertitude du bilan carbone final.

L’électricité - <0,01%

Enfin, l’électricité a également été calculée au pro rata du bilan carbone de La Sorbonne de 2018. Nous obtenons donc un total de $12,8 \pm 10 \text{ kgCO}_2e$ pour l’empreinte carbone de l’électricité. Ce résultat est certes très incertain mais il permet de bien nous rendre compte à quel point l’électricité est décarbonée en France.

7.8 Les femmes sont plus investies dans l’écologie ?

Les sondages effectués pour récolter les données concernant l’alimentation, le numérique et les déplacements domicile/travail nous ont également permis de réaliser des statistiques sur les répondants aux sondages. Voici les résultats obtenus :

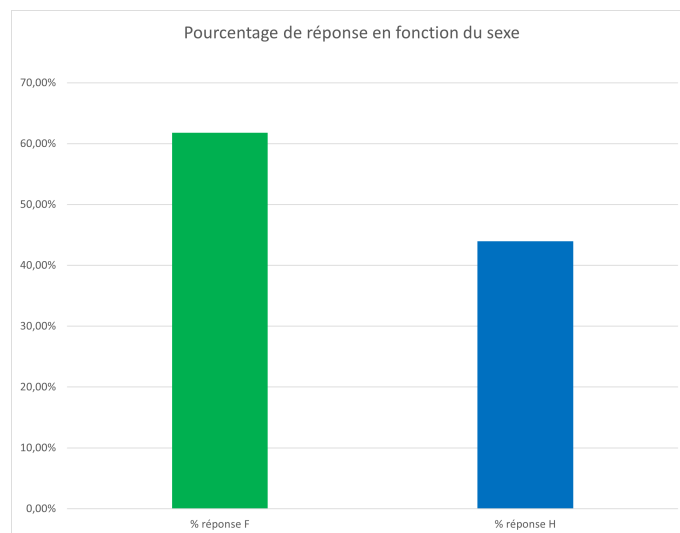


FIGURE 33 – Pourcentage de réponse aux sondages en fonction du sexe

Le premier constat est que les femmes ont en moyenne plus répondu que les hommes.

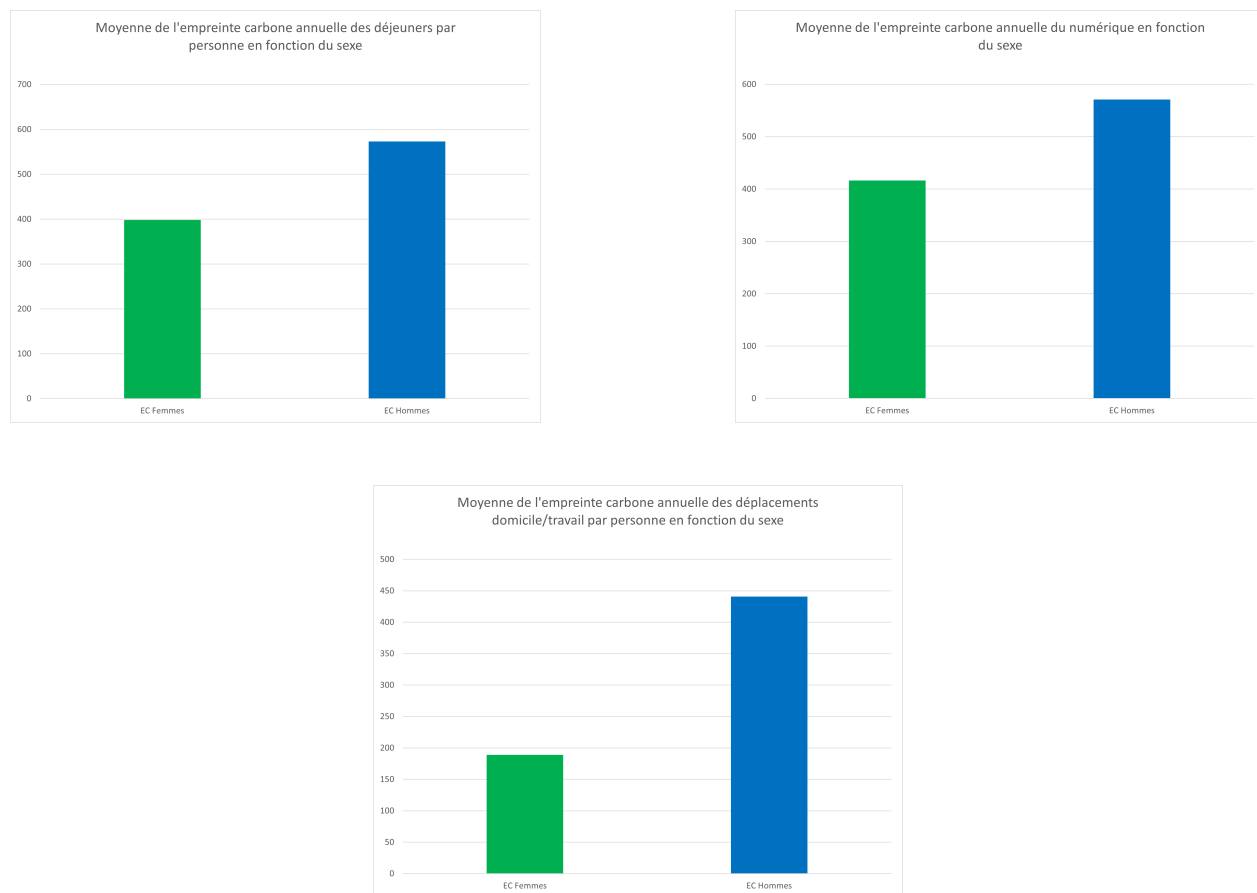


FIGURE 34 – Empreinte carbone des femmes et des hommes dans différents domaines

Le second constat est que les femmes ont tendance à avoir un comportement plus sobre en carbone que les hommes. Ainsi, le bilan carbone associé aux données du sondage est légèrement sous-estimé puisque les personnes qui ont le plus répondu ont le comportement le plus sobre en carbone.

8 Leviers d'action

8.1 Réponses aux sondages - L'avis des membres du laboratoire

A la fin de chaque sondage étaient donc posées 3 questions ouvertes aux membres du laboratoire :

- Selon vous, comment a évolué votre comportement depuis 2019 ?
- Selon vous, que vous manquerait-il (infrastructures, aides financières, formations et sensibilisation, ...) pour avoir un comportement encore plus sobre en carbone dans vos déplacements ?
- Avez-vous des commentaires vis-à-vis de ce questionnaire ? Des remarques diverses ? Des choses à dire sur le sujet ?

Voici ce qui a été répondu :

Pour le numérique

Evolution depuis 2019 :

Concernant l'évolution du numérique depuis 2019, il y a eu des avancées dans le bon sens mais aussi dans le mauvais sens notamment à cause de la crise sanitaire. En effet, avec l'augmentation du télétravail, nous avons augmenté notre temps de connexion à internet, notre nombre de mails échangés, ce qui a forcément augmenté l'empreinte carbone du numérique. Cependant, cette augmentation du numérique nous a aussi incité à prendre de bonnes habitudes d'utilisation. Par exemple, augmenter la durée de vie des appareils, changer de moteur de recherche pour un plus éthique, diminuer le streaming pour certains (même si la tendance mondiale est à la hausse) et enfin être plus vigilant sur l'extinction des appareils.

Certains ont également fait remonter le fait qu'avec la crise sanitaire il y a eu moins d'impressions. Cela ne rentre pas dans l'empreinte carbone du numérique, mais ce n'est pas non plus à négliger pour l'empreinte carbone de l'UMR METIS.

Ce qu'il manque pour améliorer les choses :

Pour réduire l'empreinte carbone du numérique, les membres de l'UMR METIS se focalisent sur 2 axes principaux : améliorer la durée de vie des appareils et leur maintenance et augmenter la sensibilisation autour de ce poste d'émission.

Certes, le fait de garder les appareils plus longtemps ne fait pas vraiment partie du poste "numérique" néanmoins, c'est un levier d'action majeure qu'il ne faut surtout pas négliger. Les membres du laboratoire incitent alors à investir dans des appareils qui fonctionnent plus longtemps et dont la maintenance est plus simple.

Pour ce qui est du deuxième axe, il provient du fait que beaucoup ont été surpris par l'empreinte carbone du numérique. Ils ne pensaient pas que l'impact serait si important. Ils souhaitent alors être plus informés et sensibilisés sur le sujet.

Certains proposent également que le temps de trier les boîtes mails et le stockage cloud soit compté dans le temps de travail. D'autres proposent enfin l'utilisation de serveurs de stockage plus locaux pour bénéficier de la décarbonisation de l'électricité en France et ainsi diminuer l'impact carbone du stockage cloud.

Pour les déjeuners

Evolution depuis 2019 :

Depuis 2019, un grand nombre de personnes a diminué sa consommation de viande. Certains n'en mangent plus à la cantine, d'autres ne mangent plus de viande rouge et d'autres encore sont même devenus totalement végétariens. Concernant les déchets, une grande majorité lutte activement pour les réduire. Cela passe par une meilleure vigilance vis-à-vis du tri, le refus de fournitures jetables (refus du sac plastique, des couverts jetables etc...), voire d'une orientation vers une démarche zéro déchet. Enfin, beaucoup de personnes ont également affirmé consommer plus de produits locaux ou bio depuis 2019.

La crise sanitaire a eu un impact mitigé sur l’empreinte carbone des déjeuners des membres du laboratoire. Pour certains, c’était l’occasion de manger plus souvent chez eux ou d’emporter plus souvent des repas de chez eux et donc de mieux contrôler le contenu de leur assiette et de limiter les déchets. Pour d’autres, la crise sanitaire était synonyme de moins de choix en termes de repas végétariens et surtout beaucoup plus de déchets avec la multiplication des repas "à emporter" emballé dans du plastiques , de l’aluminium etc...

Ce qu’il manque pour améliorer les choses :

Les membres du laboratoire ont débordé d’idées quant aux améliorations possibles pour rendre les déjeuners plus sobre en carbone. Ces propositions sont réparties principalement en 3 catégories : améliorer le contenu des repas, améliorer les infrastructures du laboratoire et améliorer le principe de fonctionnement des RU ou des RE.

Pour le contenu des repas, beaucoup proposent d’améliorer l’option végétarienne. Ils souhaitent plus de choix de plats sans viande ni poisson, voire une sélection 100% végétarienne pour certains jours.

Pour ce qui est d’améliorer les locaux de l’UMR METIS, certains souhaiteraient l’installation en bout de couloir d’une petite cuisine pour faciliter la préparation des repas le midi et faciliter le nettoyage de la vaisselle. Cela inciterait à limiter les emballages jetables. Ils souhaiteraient également l’installation de fontaines d’eau directement reliées au réseau d’eau de SU pour inciter à se servir d’une gourde.

Enfin, pour améliorer le fonctionnement des RU et RE, les membres du laboratoire proposent d’au moins remplacer les couverts plastiques par des couverts en bambou voire de supprimer totalement la distribution de couverts jetables pour inciter à avoir ces propres couverts réutilisables. Il en est de même pour les emballages, ils souhaitent pouvoir emmener leur tupperware pour se faire servir directement dedans et limiter ainsi des déchets inutiles.

Les réponses aux questions et remarques

Les réponses aux questions et remarques de membres du laboratoire ont été mises en annexe dans un souci de clarté et mise en évidence de l’essentiel.

Pour les trajets domicile/travail

Evolution depuis 2019 :

Ce qui ressort le plus dans l’évolution depuis 2019 des modes de déplacements pour se rendre au laboratoire est bien sûr l’influence de la crise sanitaire. De manière évidente, les confinements successifs et l’incitation au télétravail ont largement réduit le nombre de déplacements au laboratoire et donc largement réduit l’impact carbone des déplacements domicile travail.

Certaines personnes ont cependant changé leur mode de transport depuis la crise sanitaire. La plupart du temps, ce sont des changements positifs comme utiliser le vélo pour éviter l’affluence des transports en communs, ou bien privilégier la marche. Mais pour d’autres, leurs changements sont plutôt négatifs. Par exemple, 2 personnes ont augmenté l’utilisation de la voiture car il y avait moins de personnes sur les routes et donc moins d’embouteillages. Enfin, certaines personnes ont été amenées à acheter des véhicules électriques moins polluants.

Ce qu’il manque pour améliorer les choses :

A travers cette question, les membres de l’UMR METIS ont pointé du doigt un certain nombre de mesures simples pour réduire l’impact carbone des transports.

Pour inciter aux transports en commun, ils proposent par exemple de diminuer leur prix et d’intensifier leur fréquence sur certaines lignes. Pour développer l’utilisation du vélo, ils pointent du doigt la pénurie d’aides financières. Par exemple, dans de nombreuses entreprises le pass navigo est remboursé mais il n’y a aucune aide financière pour le vélo. Ils souhaiteraient également améliorer les infrastructures de sécurité pour les routes et le stationnement des vélos.

Enfin, les membres de l'UMR METIS proposent également des solutions innovantes pour réduire l'empreinte carbone des transports. Ils proposent des aides financières au logement pour pouvoir habiter plus proche de son lieu de travail et donc réduire la distance parcourue chaque jour. Ils proposent également de rendre les bus plus verts et bien sûr d'inciter au télétravail lorsque cela est possible.

Les réponses aux questions et remarques

Les réponses aux questions et remarques de membres du laboratoire ont été mises en annexe dans un souci de clarté et mise en évidence de l'essentiel.

8.2 Améliorer le bilan carbone

Voici les mesures proposées par postes d'émissions :

8.2.1 Les Achats

Certains achats dus à l'activité scientifique ne peuvent pas être supprimés ou diminués. Par exemple l'achat d'un spectromètre. Cependant nous pouvons envisager de diminuer légèrement la consommation de solvant liquide et gazeux si le personnel de laboratoire est sensibilisé à leur impact sur le climat. On peut également envisager de réduire l'achat des petites fournitures, qu'elles soient scientifiques ou pour la vie quotidienne du bureau. Enfin, nous pouvons également supposer que l'on conservera dorénavant les appareils numériques plus longtemps, et donc réduire leur achat. Avec cette proposition de leviers d'action, nous réduisons l'empreinte carbone des achats de 54 542,2 $kgCO_2e$, soit de 22% de l'empreinte carbone des achats actuelle.

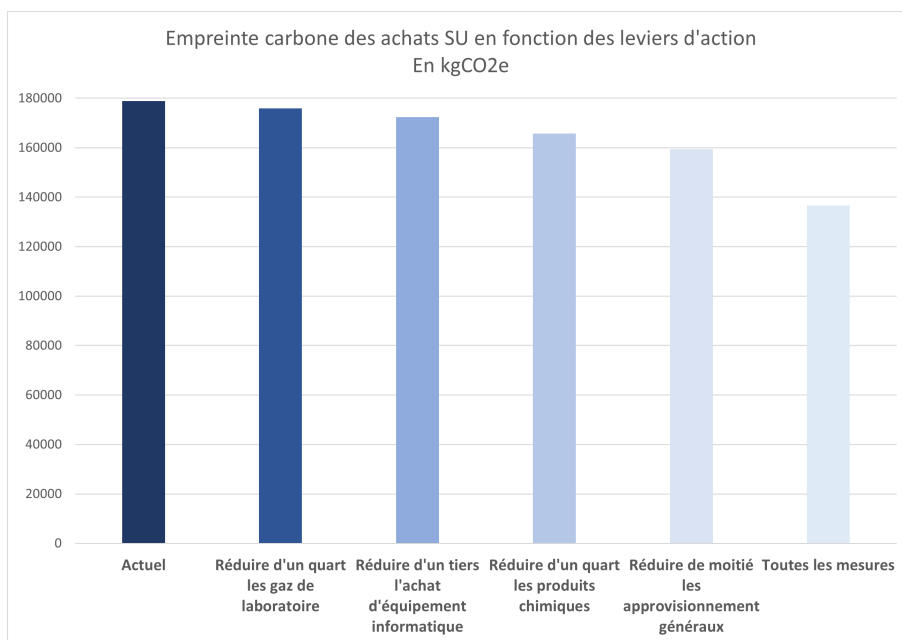


FIGURE 35 – Empreinte carbone des achats SU en fonction des leviers d'actions

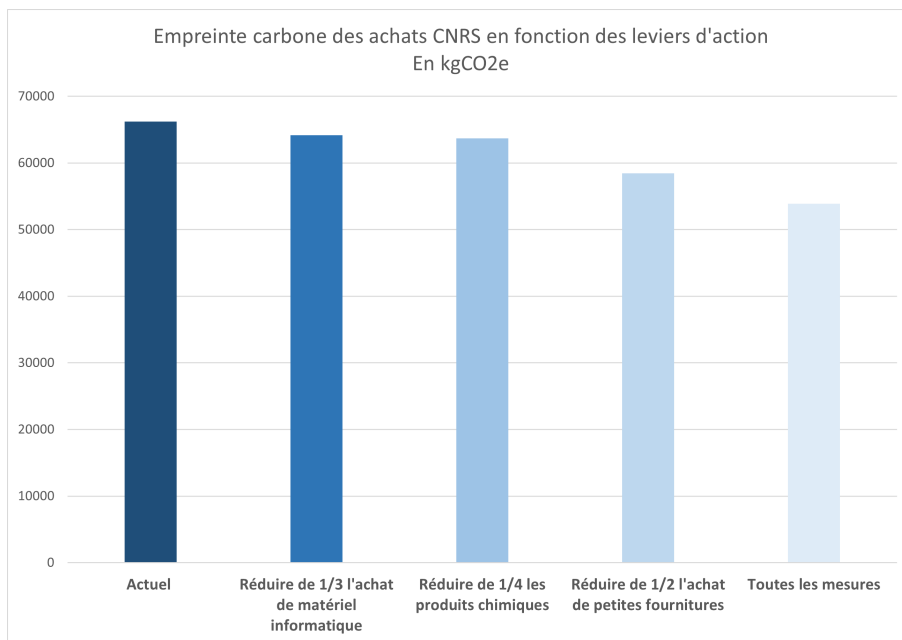


FIGURE 36 – Empreinte carbone des achats CNRS en fonction des leviers d'actions

8.2.2 Les missions

Il y a également des missions sur lesquelles on ne peut pas faire grand-chose en termes de réduction d'impact carbone. Par exemple, toutes les missions de terrains ne sont pas envisageables en train puisque le chercheur doit amener avec lui tout son matériel de mesure qui est souvent lourd et fragile. Le levier d'action le plus efficace est donc de basculer certaines missions qui ne nécessitent pas de matériel en distanciel. Il est facilement envisageable de réduire à 1/4 les réunions en présentiel qui nécessitent de prendre l'avion. De même, il n'est pas impossible de réduire de moitié les missions d'enseignement et les colloques en présentiel qui nécessitent de prendre l'avion. Avec ces propositions de leviers d'actions, on parvient à réduire l'empreinte carbone des missions de plus de 57%. On atteint donc un bilan carbone de seulement 74 366,3 tCO_2e pour les missions de l'UMR METIS.

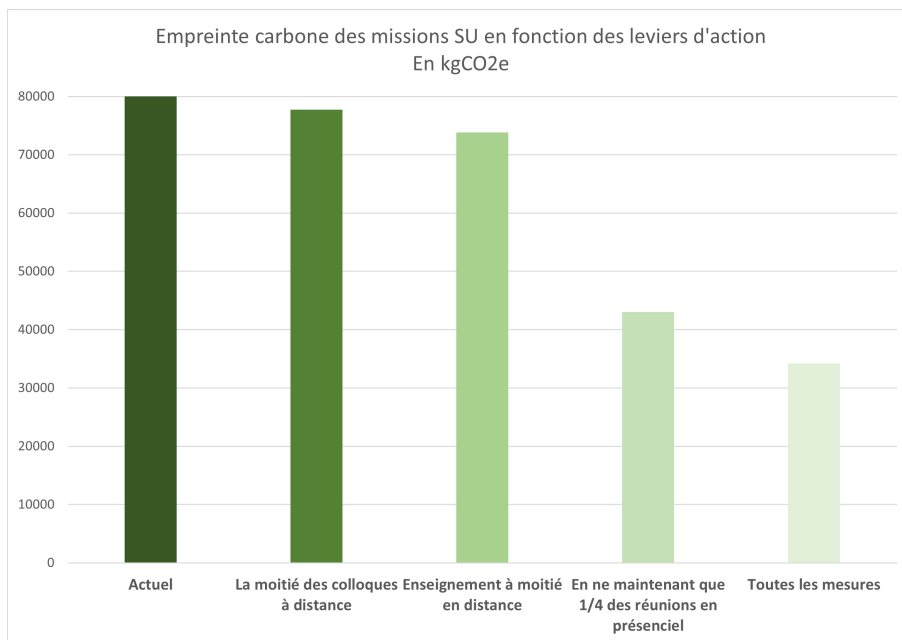


FIGURE 37 – Empreinte carbone des missions SU en fonction des leviers d’actions

8.2.3 Le numérique

Le numérique est un poste également délicat à diminuer en termes d’empreinte carbone puisque l’activité numérique est très souvent inhérente aux recherches des scientifiques du laboratoire. Cependant, si le temps leur permet, beaucoup ont avoué pouvoir supprimer de nombreux mail de leur boîte de réception ou bien trier efficacement leur stockage cloud. Avec de la sensibilisation et de l’information, nous pouvons également parvenir à réduire le temps passé sur internet. En effet, toutes les actions que l’on effectue sur ordinateur ne nécessitent pas internet. Par exemple, faire du traitement de texte ou éditer un code. Cependant, peu de personnes ont le réflexe d’éteindre internet lorsqu’elles font ce genre d’action. D’où l’importance de la sensibilisation du laboratoire à l’impact carbone du numérique. Avec ces propositions de leviers d’actions, on parvient à réduire l’empreinte carbone du numérique de plus de 33%. On atteint donc un bilan carbone de 36 494,1 tCO_2e pour l’utilisation du numérique de l’UMR METIS.

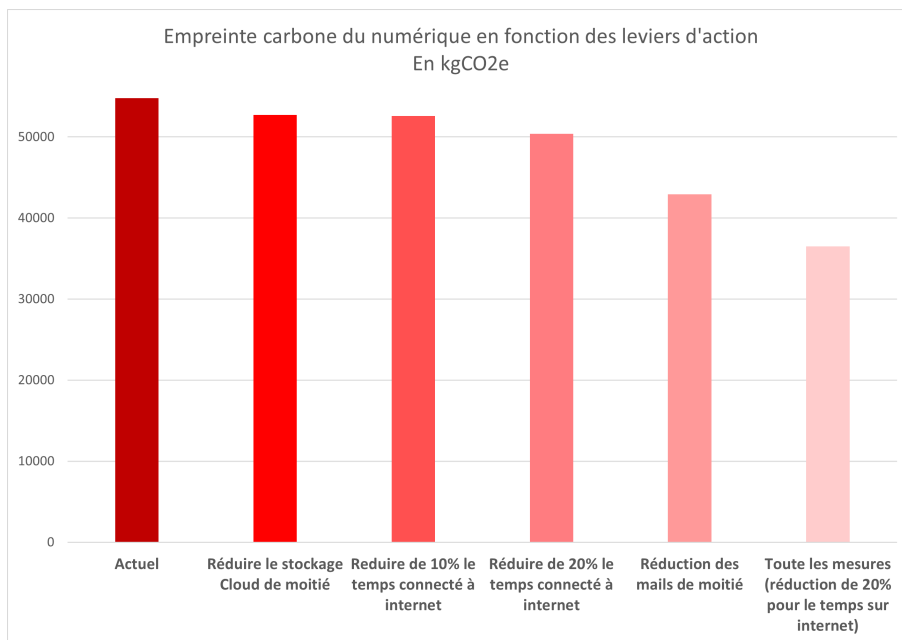


FIGURE 38 – Empreinte carbone du numérique en fonction des leviers d'actions

8.2.4 L'alimentation

L'alimentation est un poste où il est facile d'adopter quelques mesures efficaces pour limiter l'empreinte carbone. Le seul fait de ne manger que des repas végétariens le midi réduit l'impact des repas de plus de 18 tCO_2e ! Si on associe cette mesure à une démarche zéro déchet et que l'on ne boit que de l'eau le midi, l'empreinte carbone diminue des déjeuners diminue de 44 925,9 $kgCO_2e$ pour atteindre 6 280,2 $kgCO_2e$ soit une baisse de plus de 87%. C'est le plus gros pourcentage de baisse que l'on atteindra pour un poste.

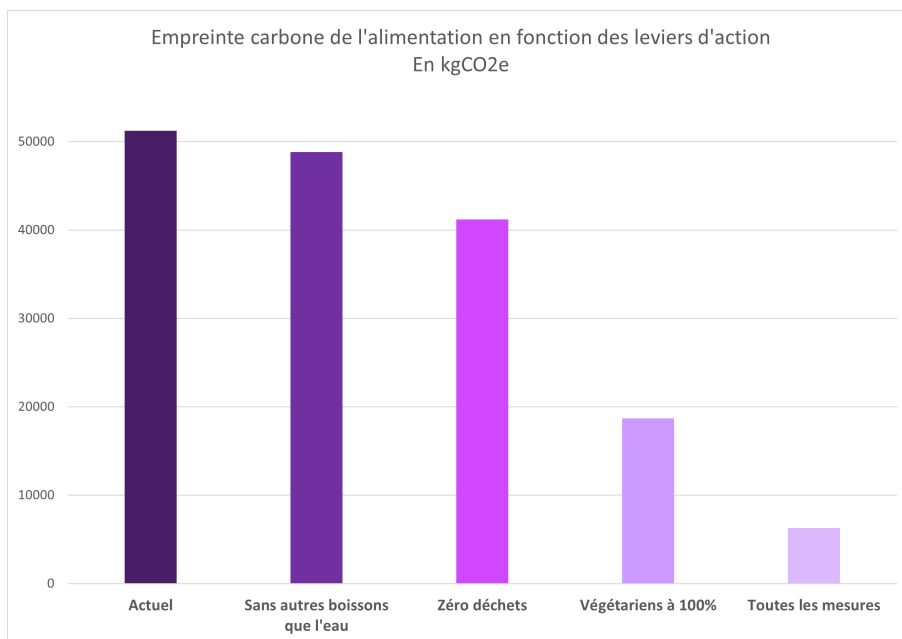


FIGURE 39 – Empreinte carbone de l'alimentation en fonction des leviers d'actions

8.2.5 Les déplacements domicile/travail

Pour les déplacements domicile/travail, la direction à prendre est d'inciter à prendre plus les transports en commun ou le vélo et de conserver une part de télétravail. En dernier recours on peut également inciter à changer un véhicule polluant pour un véhicule plus propre mais les transports en commun seront toujours plus propres. Avec ces propositions de leviers d'actions, on parvient à réduire l'empreinte carbone des trajets domicile/travail de près de 64%. On atteint donc un bilan carbone de 12 101,7 tCO_2e pour ce poste.

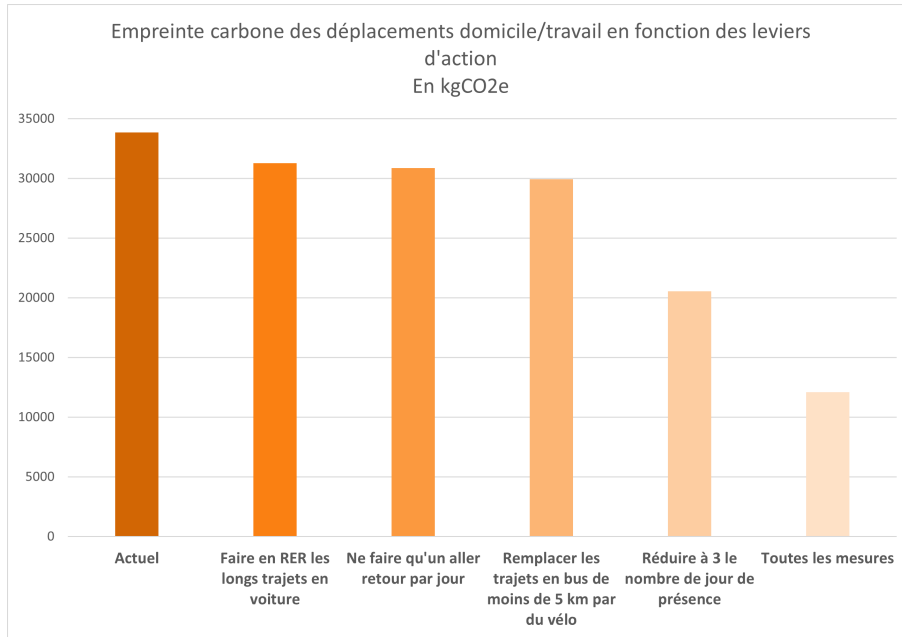


FIGURE 40 – Empreinte carbone des déplacements domicile/travail en fonction des leviers d'actions

8.2.6 Les autres postes

Les autres postes résultent de facteurs d'émissions qui soit ne dépendent pas de nous (Les bâtiments, les déchets et l'électricité par exemple), soit ne sont pas réductibles (comme les heures de calculs externes). Nous ne pouvons donc pas agir dessus.

8.3 Le bilan général après l'application des leviers d'action

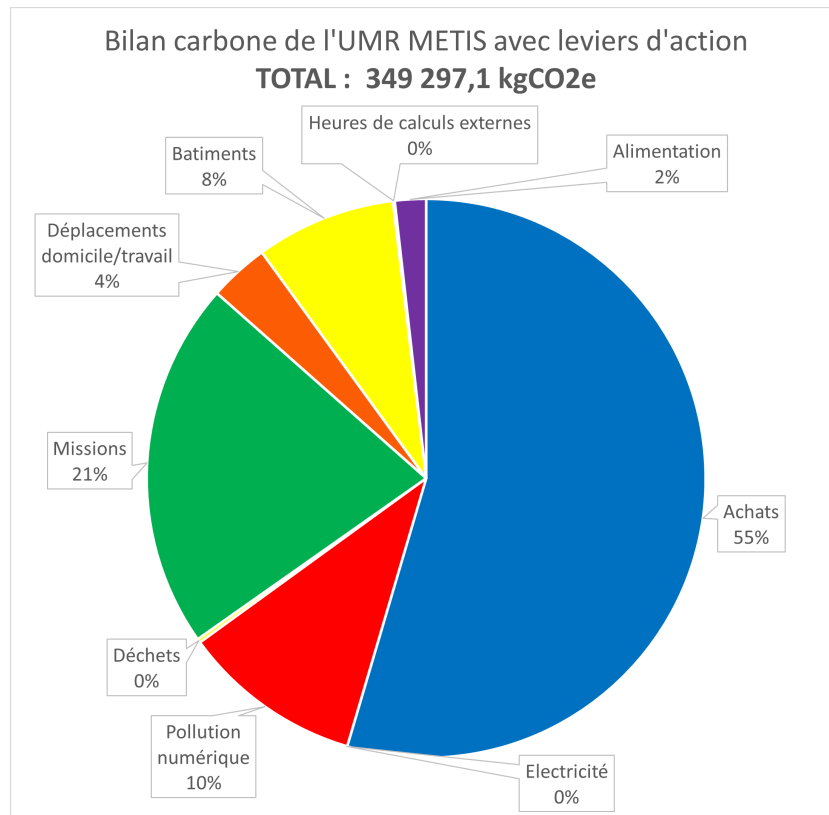


FIGURE 41 – Bilan carbone de l'UMR METIS dans l'éventualité où les leviers d'action proposés sont appliqués

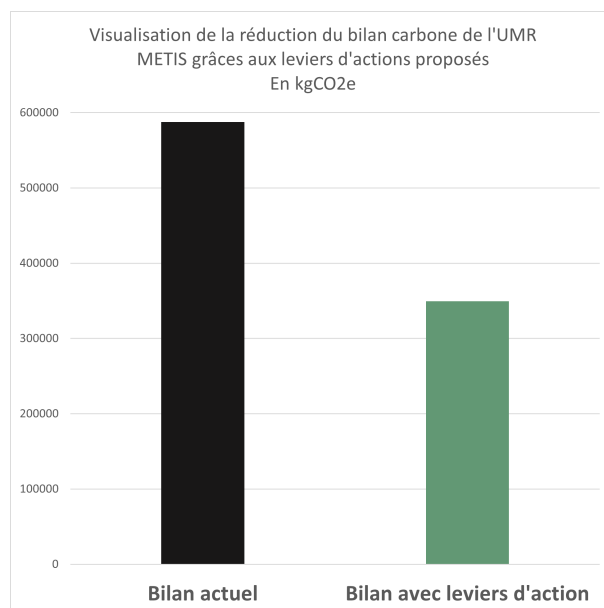


FIGURE 42 – Visualisation de la réduction du bilan carbone de l'UMR METIS grâce aux leviers d'action

Avec les leviers d'action proposés, nous obtenons un bilan carbone de 349 297,1 kgCO₂e avec une baisse de

40,7%. Bien sûr, les leviers d’actions proposés ne sont pas une liste exhaustive et ne tend qu’à être complétée par les différentes actions que proposeront les membres du laboratoire.

8.4 Améliorer la faisabilité du bilan carbone

L’intérêt de faire des bilans carbone est de pouvoir observer leur évolution au cours des années, d’enregistrer des baisses significatives et des leviers d’action futurs à mettre en place. Rappelons que l’objectif à long terme est que d’ici 2050, chaque humain ait une empreinte carbone de seulement $2 \text{ tCO}_2\text{e}$ par an. Dans ce bilan les services publics (dont la recherche) comptent déjà pour $1,5 \text{ tCO}_2\text{e}$, d’où la nécessité de réduire leur empreinte.

Ainsi, ce travail de réalisation du bilan carbone de l’UMR METIS se doit de se terminer par quelques suggestions pour rendre plus simple et plus rapide la faisabilité des éventuels futurs bilans carbone.

Une première mesure serait de faire appel à un professionnel pour créer un interface numérique commun à toutes les missions et qui permettrait de remplir automatiquement un fichier Excel avec les bons facteurs de l’ADEME correspondants et donc la bonne empreinte carbone. Cette automatisation du bilan carbone des missions serait un gain de temps phénoménal puisque c’est ce poste qui nécessite le plus temps à traiter.

Une deuxième mesure est déjà en cours de préparation par le groupe DD-Climaction de l’IPSL. Il s’agit de réaliser un fichier associant chaque code NACRE à son facteur d’émission. Ce fichier, en plus d’assurer une homogénéité dans les calculs des différents bilans des laboratoires de l’IPSL, permettrait de simplifier la réalisation du bilan carbone des achats.

Pour l’alimentation, le numérique et les déplacements domicile/travail, les Excels obtenus étaient très simples à traiter. Maintenant que les questionnaires sont faits, garder cette manière de procéder pour ces postes ne me semble pas déraisonnable.

Enfin, il faudrait trouver une solution pour évaluer plus finement tous les postes qui dépendent des données de SU. Peut être qu’à l’avenir il sera possible de décentraliser les factures d’énergie et donc d’avoir directement accès à ces données.

Un autre point important dans l’amélioration de la faisabilité du bilan carbone est d’éclaircir les limites des postes considérés de manière plus homogène avec les autres laboratoires. Par exemple, la place des déjeuners dans le bilan carbone personnel ou professionnel est souvent questionnée. Sur le long terme, l’idéal serait de construire un guide très complet et précis sur la méthode à utiliser dans tous les cas pour tous les laboratoires qui cherchent à faire un bilan carbone.

8.5 Comparaison avec les autres laboratoires

Effectuer son bilan carbone est une initiative en plein essor pour les laboratoires de SU [10] :



FIGURE 43 – Positionnement des différents laboratoires de SU vis à vis de leur bilan carbone (avant la réalisation du bilan carbone de l'UMR METIS)

Comparer son bilan carbone avec les autres laboratoires permet notamment de s'assurer que les chiffres sont cohérents en termes d'ordre de grandeur. On peut également envisager de s'entraider sur des postes qui sont importants pour nous et pas pour d'autres laboratoires et vice versa.

Il faut surtout bien avoir en tête que le but n'est pas de pointer du doigt tel ou tel laboratoire mais de se serrer les coudes et de se soutenir dans une démarche de diminution des gaz à effet de serre. D'autant plus que selon l'activité du laboratoire, certaines missions sont plus ou moins sobres en carbone et l'on ne peut rien faire pour cela. Voici des exemples de réalisation de bilan de gaz à effets de serre d'autres laboratoires.

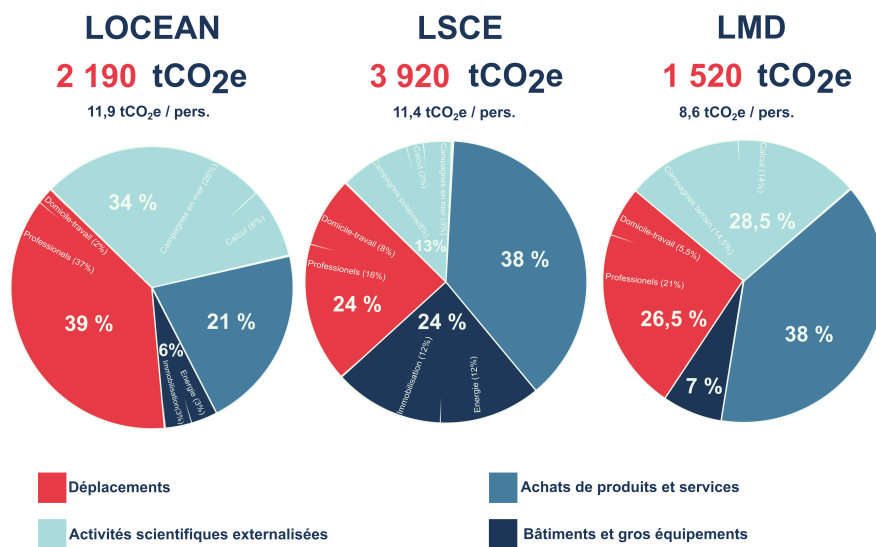


FIGURE 44 – Bilans carbonés des laboratoires LOCEAN , LSCE et LMD

9 Conclusion

Guidés par les accords de Paris et l'objectif 1,5°C du GIEC, l'UMR METIS a souhaité réaliser son bilan carbone de l'année 2019. Après avoir étudié la méthode générale et le cadre de l'étude, nous avons défini 9 postes d'émissions potentiels à évaluer. Chaque poste a fait l'objet d'une méthode et de calculs spécifiques. A travers ces différents postes, nous avons mis en évidence de nombreux facteurs d'émissions dont la valeur nous a parfois surpris.

Une fois le bilan réalisé, nous pouvions l'analyser pour définir au mieux les leviers d'action qui nous permettront de le réduire. Des propositions de solutions ont été faites, cependant, cette liste n'est pas exhaustive et certains trouveront les mesures proposées peut-être un peu drastiques... Par la suite, l'amélioration du bilan carbone fera sans doute l'objet de nombreuses discussions au sein du laboratoire.

En écologie, tout est une question de mesures et démesures dont il faut trouver le juste milieu.

10 Annexes

10.1 Annexe 1 - Constats divers sur le changement climatique

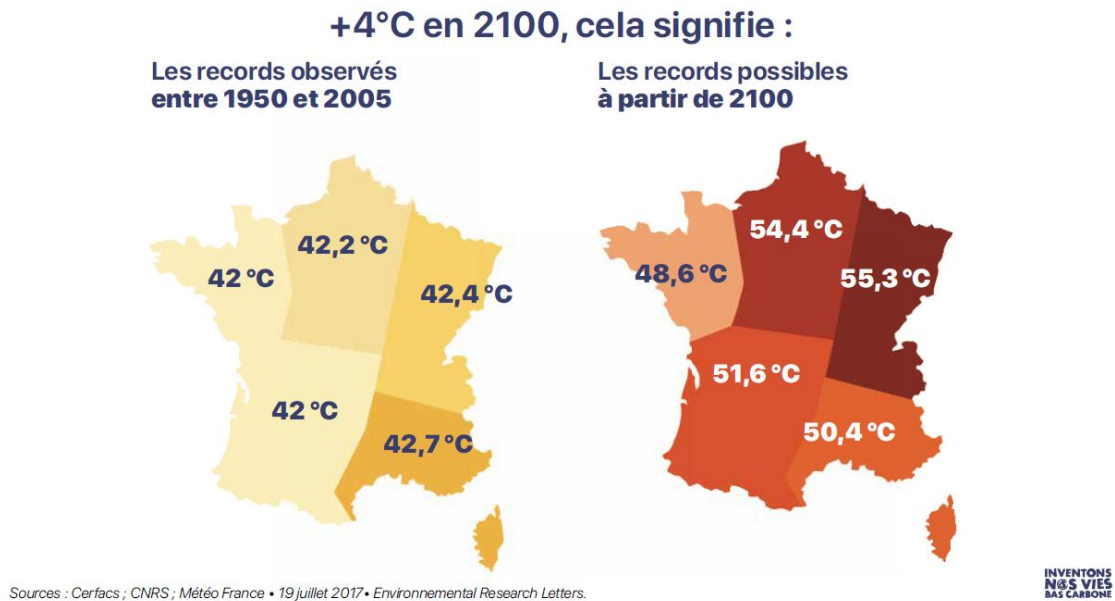


FIGURE 45 – Impact potentiel d'un réchauffement de 4°C d'ici à 2100



FIGURE 46 – Solution proposées par BL en décembre 2018 pour limiter le réchauffement climatique à 1,5°C d'ici à 2100

10.2 Annexe 2 - Les chiffres du réchauffement climatique

Ces chiffres sont issus du rapport 2019 "Chiffres clés du climat : France, Europe , Monde" par DATALAB et le ministère de la transition écologique pour le climat. [11]

Evolution de la température mondiale

On observe l'évolution de la température par rapport à la moyenne de référence qui se situe entre 1961 et 1990.

- Entre 2001 et 2010 : +0,48°C par rapport à la moyenne
- En 2016 : + 1.1°C par rapport à la moyenne

Elévation du niveau moyen des mers

- + 1,7mm/an entre 1900 et 2010

Evolution de la température moyenne en France

- Moyenne annuelle en 2018 : 13.4°C
- 1.6°C au-dessus de la moyenne de référence

Evolution de la date de migration des oiseaux

- Les migrateurs transsahariens reviennent 6.5 jours plus tôt depuis les premières observations de 1987
- Ce chiffre atteint parfois atteint 17 jours pour certains oiseaux

Les émissions de gaz à effet de serre mondiales

- EGES mondiales en 2016 : 53.4 *GtCO₂eq*
- Les EGES ont progressé de plus de 60% entre 1990 et 2018
- Les pays du G20 représentent 80% des EGES

10.3 Annexe 3 - Impact des solutions proposées par le HCC sur les émissions de gaz à effet de serre en France

Effets potentiels sur la décennie de mesures de plans de reprise (atténuation)

Secteur	Politique	Rapidité de déploiement	Atténuation des émissions	Verrouillage d'investissements pro-SNBC	Création emplois
Bâtiment	Rénovation énergétique	●	●	●	●
	Installation chauffage bas-carbone	●	●	●	●
	Microgénération d'énergie	●	●	●	●
	Bâtiments / infrastructures « intelligents »	●	●	●	●
Industrie	Ciment décarboné	●	●	●	●
	Acier décarboné	●	●	●	●
	Récupération chaleur industriel	●	●	●	●
	R&D énergie	●	●	●	●
Énergie	Déploiement énergies renouvelables	●	●	●	●
	Centrales nucléaires	●	●	●	●
	Capture et stockage du carbone	●	●	●	●
	Réseaux « intelligents »	●	●	●	●
	Batteries : stockage	●	●	●	●
	R&D hydrogène	●	●	●	●
	Biogaz	●	●	●	●
Transports	Efficacité / normes d'émission	●	●	●	●
	Développement véhicules et infrastructures électriques	●	●	●	●
	Politiques et infrastructures urbaines de transports doux	●	●	●	●
	Infrastructures et efficacité énergétique du rail	●	●	●	●
	Rail voyageurs	●	●	●	●
	Rail fret	●	●	●	●
Écosystèmes et sols	Régénération et adaptation des forêts et agroforesterie	●	●	●	●
	Restauration et conservation des zones humides	●	●	●	●
	Stockage de carbone dans les sols agricoles	●	●	●	●
	Arrêt de l'artificialisation nette des puits	●	●	●	●
Agriculture	Protéines végétales	●	●	●	●
	Élevage (rations, effluents)	●	●	●	●

● Effet majeur/Déploiement 2020-2021
 ● Effet significatif/Déploiement 2021-2025
 ● Effet faible/Déploiement 2025-2030
 ● Effet nul/Déploiement >2030

FIGURE 47 – Effets potentiels sur la décennie de mesures de plans de reprise

10.4 Annexe 4 - Autres résultats pertinents concernant les missions SU

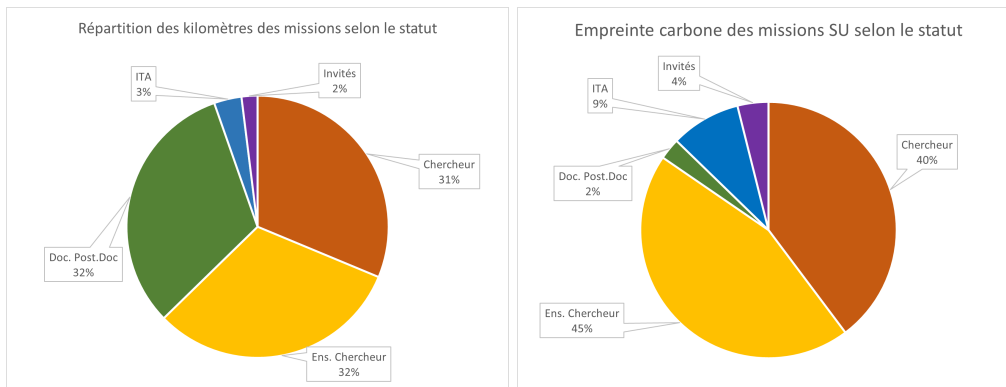


FIGURE 48 – Etude des missions SU en fonction du statut de la personne

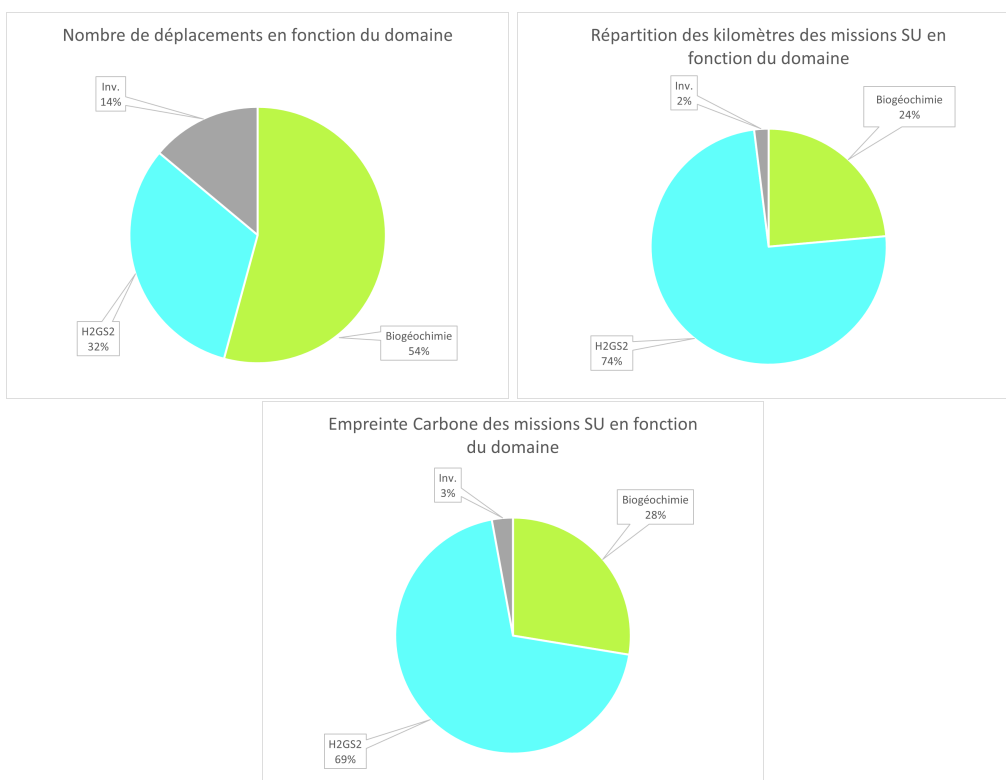


FIGURE 49 – Etude des missions SU en fonction du domaine d'étude

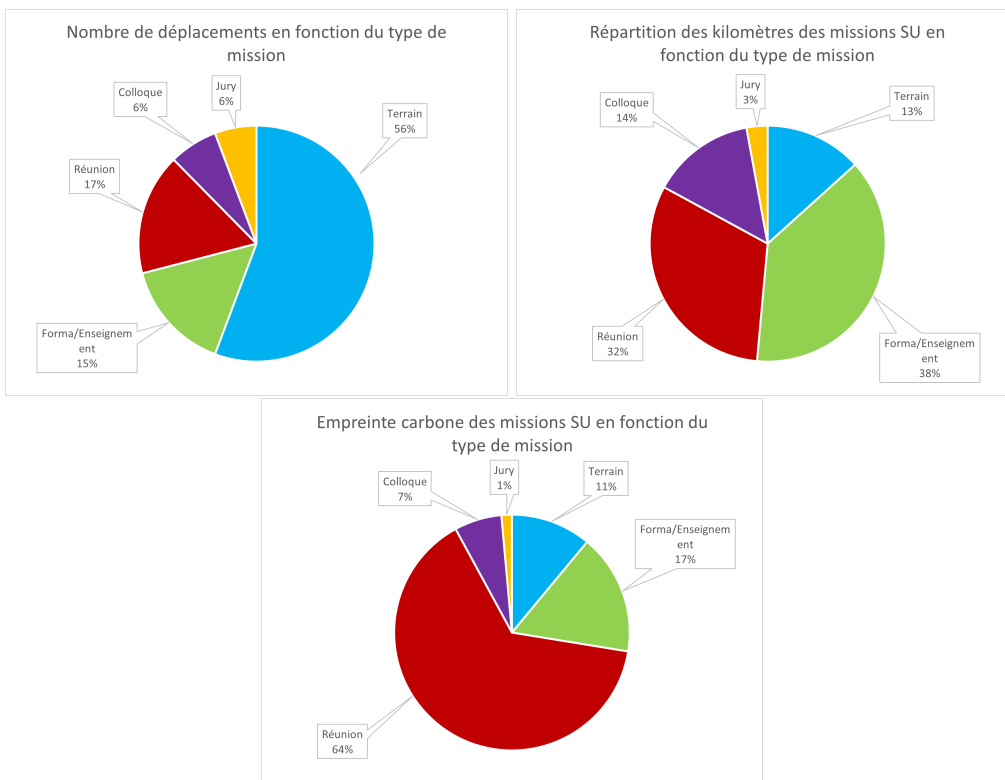


FIGURE 50 – Etude des missions SU en fonction du type de mission

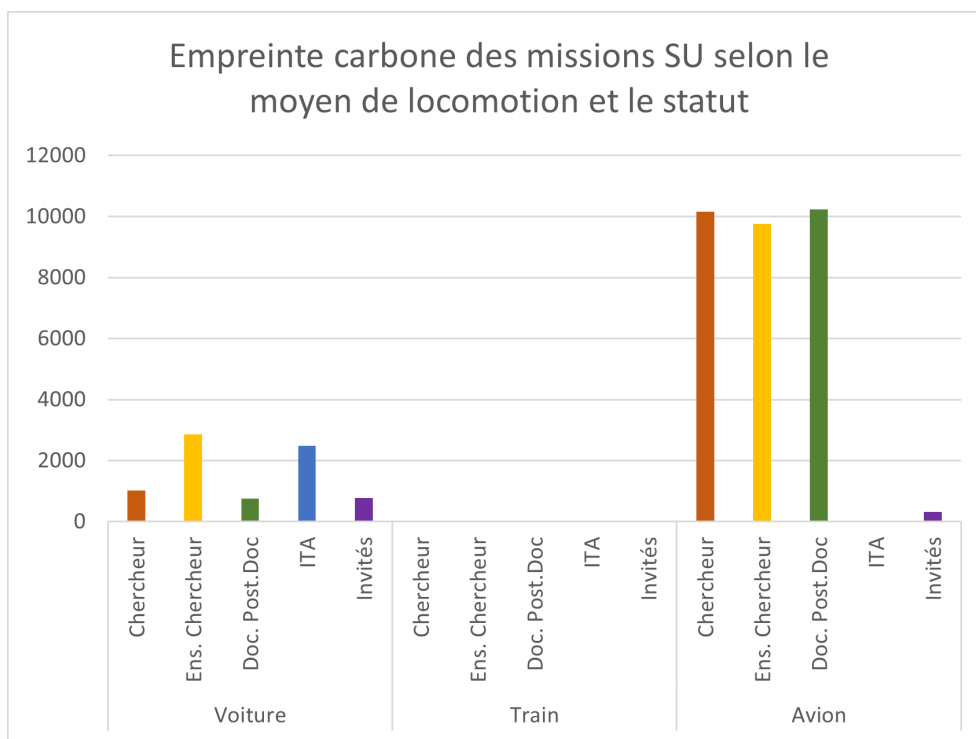


FIGURE 51 – Etude croisée - Influence du statut et du moyen de locomotion sur les EGES des missions SU

10.5 Annexe 5 - Réponses aux questions et remarques sur les sondages

Le numérique

« La moyenne par mois est une question difficile pour les petites quantités d'achat. peut-être mettre une fourchette annuelle (- de 10, entre 10 et 100, + de 100) »

- **Certes, pour une personne qui effectue peu d'achats en ligne, cette fourchette mensuelle n'est pas la plus adaptée. Cependant, pour les personnes effectuant les commandes de matériel et de transports pour les missions en ligne, il était plus simple et plus adapté de choisir un découpage mensuel. C'est donc ce choix qui a été fait, d'autant plus que ce sont ces personnes qui effectuent le plus d'achats et donc qui ont besoin d'une meilleure précision pour évaluer au mieux l'empreinte carbone générale.**

« Vous ne parlez pas des impressions papier. Grâce aux bons écrans d'aujourd'hui, on devrait normalement pouvoir limiter le nombre d'impressions papier, hors ce n'est pas toujours le cas. » « Il n'y a rien sur l'impression dans le questionnaire, peut-être cela ne fait pas partie du numérique? Mon gros défaut est d'imprimer beaucoup trop de documents, pour les cours, pour lire les fichiers attachés en version papier... »

- **Les impressions ne font pas partie du numérique. Elles sont prises en compte dans le poste « Achat » dans la rubrique « Approvisionnement généraux » (SU) ou « Petites fournitures » (CNRS)**

« Difficile d'évaluer le nombre de mails reçus par jour car j'efface les mails au fur et à mesure, en particulier ceux avec une pièce jointe, donc les chiffres donnés sont estimés "à la louche" »

« Les chiffres indiqués (pour 2019, qui plus est) ne peuvent qu'être très approximatifs! »

- **J'ai conscience que ce sont des questions plutôt précises et qu'il est quasiment impossible de se remémorer à l'unité près le nombre de mails reçus par jour en moyenne en 2019. Néanmoins, lorsque l'on effectue un bilan carbone, on réalise avant tout un ordre de grandeur. Il n'y a donc pas besoin d'être très précis, le principal est que cet ordre de grandeur diminue d'une année sur l'autre.**

Les déjeuners

« Les desserts. Vous ne demandez pas si on prenait plutôt un fruit de saison ou un dessert surgelé issu d'une production industrielle. »

- **La plus grosse part de l'empreinte carbone d'un repas passe avant tout par l'aspect végétarien ou non et par la consommation de boissons comme vous avez pu le constater dans la section « pour information ». Pour éviter de prendre trop de temps sur les déjeuners, nous avons donc choisi de nous baser sur les critères de l'ADEME qui donne l'empreinte carbone d'un repas végétarien, viande rouge ou viande blanche en général. Ainsi, nous avons fait le choix de ne pas détailler l'empreinte carbone des desserts, des entrées etc...**

« Ce qui me semble manquer : l'utilisation des imprimantes, les missions sur le terrain, en conférences, ... »

« Pourquoi ne vous intéressez vous pas aux déplacements professionnels longue distance (avion...) »

- **Chacune de ces sources d'émissions est prise en compte dans un autre poste que celui de l'alimentation, des trajets et du numérique. Par exemple l'utilisation des imprimantes est traduite par l'achat de papier et de cartouches qui se retrouvent dans le poste « Achat » dans les sections « Approvisionnements généraux » pour SU et « Petites fournitures » pour CNRS. Les missions de terrain, les déplacements longues distances en avion et les conférences sont toutes prises en compte dans le poste « Missions »**

« Il manque la pause-café (quelle machine est utilisée? capsule ou filtre?) »

« Il manque l'impact des pauses café. »

- **De même que les desserts, le café du midi est négligé. Cependant, l'achat de machine et de café pour le labo est pris en compte dans le poste « Achat » dans « Approvisionnements**

généraux » pour SU et « Petites fournitures » pour CNRS

Les trajets domiciles travail

« Ce qui me semble manquer : l'utilisation des imprimantes, les missions sur le terrain, les conférences »

« Pourquoi ne vous intéressez vous pas aux déplacements professionnels longue distance (avion...) »

- **Chacune de ces sources d'émissions est prise en compte dans un autre poste que celui de l'alimentation, des trajets et du numérique. Par exemple l'utilisation des imprimantes est traduite par l'achat de papier et de cartouches qui se retrouvent dans le poste « Achat » dans les sections « Approvisionnements généraux » pour SU et « Petites fournitures » pour CNRS. Les missions de terrain, les déplacements longues distances en avion et les conférences sont toutes prises en compte dans le poste « Missions »**

« Vous ne faites pas la différence entre les véhicules électriques et les véhicules non électriques pour les vélos et trottinettes alors que l'impact carbone n'est pas le même. D'ailleurs, acheter un véhicule neuf ou d'occasion a aussi un impact carbone différent.

- **Le questionnaire ne prend pas en compte l'empreinte carbone liée à l'achat d'un véhicule mais à son utilisation quotidienne. On ne prend donc pas en compte le fait que le véhicule ait été acheté neuf ou d'occasion. Par ailleurs, étant donné que l'électricité française est très décarbonée, nous avons fait le choix de négliger la charge d'un vélo électrique et de le considérer comme une mobilité douce.**

« Mon aller et mon retour sont différents (métro/bus/marche pour l'aller, RER/marche pour le retour) j'ai mis un panachage »

« Mon mode de déplacement est variable suivant les jours : parfois voiture, le plus souvent vélo. J'ai donc mis des kilométrages au pro-rata »

- **C'est parfait ! De toute manière, il faut savoir qu'un bilan carbone a toujours de grandes incertitudes malheureusement... Ce qui compte, c'est avant tout d'avoir un ordre de grandeur puis de comparer cet ordre de grandeur dans le temps ou avec d'autres Labos.**

« Il faut considérer le temps de travail hebdomadaire et le nombre de jours en télétravail pour interpréter correctement la question du nombre de jours de déplacement par semaine. »

- **En effet, cela a un impact non négligeable sur le bilan carbone. C'est pour cela qu'au début du questionnaire, nous vous demandons combien de jours par semaine en moyenne vous faisiez le déplacement et combien d'aller-retours cela représentait. Nous vous questionnons ensuite sur un trajet aller uniquement. Enfin, pour obtenir le bilan final, nous multiplions l'empreinte carbone de votre aller type par 2 (pour l'aller-retour) puis par le nombre de jours en présence dans la semaine puis par le nombre d'aller-retours par jour de présence. On multiplie ensuite par le nombre de semaines moins le nombre approximatif de semaines de vacances par personne. On obtient alors notre résultat d'empreinte carbone des trajets domicile/travail qui prend bien tout en compte.**

Principaux codes couleur

- Achats : bleu
- Missions : vert
- Déplacements domicile/travail : orange
- Bâtiments : jaune
- Pollution numérique : rouge
- Alimentation : violet
- Autres : gris ou marron

Pour les moyens de locomotion des missions

- Avion : rouge
- Voiture : bleu
- Train : vert

Pour les repas

- Viande rouge : rouge
- Viande blanche et poisson : gris
- Végétarien : vert

Pour les statistiques des sondages

- Femmes : vert
- Hommes : bleu

Sigles

BC : Bilan Carbone
BGES : Bilan de Gaz à Effet de Serre
CEDA : Comprehensive Environmental Data Archive (Données d'archives de compréhension de l'environnement)
CNRS : Centre National de Recherches Scientifiques
DD : Développement durable
EC : Empreinte Carbone
EPHE : École Pratique des Hautes Etudes
EGES : Emissions de Gaz à Effet de Serre
GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HCC : Haut Conseil pour le Climat
IPSL : Institut Pierre Simon Laplace
LC : Long Courrier
LSCE : Laboratoire des Science du Climat et de l'Environnement
METIS : Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les Hydrosystèmes et les Sols
MC : Moyen Courrier
NACRE : Nouvel Accompagnement pour la Création ou la Reprise d'Entreprise
PC : Petit Courrier
PIREN : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Eau et l'Environnement
PRG : Potentiel de Réchauffement Global
RE : Restaurant d'Entreprise
RU : Restaurant Universitaire
SU : Sorbonne Université
UMR : Unité Mixte de Recherche
UPMC : Université Pierre et Marie Curie

Références

- [1] *Rapport spécial sur le réchauffement planétaire de 1.5°C du GIEC* : <https://public.wmo.int/fr/ressources/bulletin/rapport-sp%C3%A9cial-du-giec-sur-le-r%C3%A9chauffement-plan%C3%A9taire-de-15-%C2%B0c>
- [2] *Jeu "Inventons nos vies bas carbone"* : https://www.resistanceclimatique.org/inventons_nos_vies_bas_carbone
- [3] *Connaissance des énergies d'après le 5e rapport du GIEC* : <https://www.connaissancedesenergies.org/gaz-effet-de-serre-quest-ce-que-l-equivalent-co2-170807>
- [4] *Protocol de kyoto à la convention cadre des nations unies*
- [5] *Commissariat général au développement durable* : <https://www.ecologie.gouv.fr/commissariat-general-au-developpement-durable-cgdd>
- [6] *Impact Carbone LSCE 2019 - Lucille Zribi*
- [7] *Base de données de l'ADEME sur les facteurs d'empreinte carbone* : <https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/choix-categorie/siGras/1>
- [8] *Science et Vie* : "Les clés pour comprendre la pollution numérique" : <https://www.science-et-vie.com/technos-et-futur/les-cles-pour-comprendre-la-pollution-numerique-62853?uid=MzA0MTEy>
- [9] *Nouvel accompagnement pour la création ou la reprise d'entreprise* : <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F20016>
- [10] *Première réunion des référent-es Développement Durable des unités et services volontaires au sein de DD Climaction de SU*
- [11] *Datalab : 46 chiffres clés du climat édition 2019 (novembre 2018)*