

# RAPPORT STAGE APPLICATIF

*éMission carbone*



LABORATOIRE  
**JEAN KUNTZMANN**

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES - INFORMATIQUE

**MI6- Chesnot Naëlia - Lacan Chloé - Lavis Gautier - McKenna Kevin - Ngaba Billy - Reat Etienne**

07/04/2020

## Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes nous ayant aidé et soutenu pendant toute la durée de notre projet, plus particulièrement :

- Monsieur Clovis Galiez, tuteur de notre projet, pour nous avoir accordé du temps afin de répondre à nos questions et nous conseiller.
- Monsieur Régis Perrier, responsable de tous les projets, pour nous avoir conseillé.
- Madame Françoise Jung, responsable du parcours L3 “Mathématiques et Informatique”, pour le suivi du projet.
- Le groupe GT bilan carbone du LJK, pour avoir géré notre projet, et plus particulièrement :
  - Madame Gaëlle Rave, pour nous avoir sorti tous les listings de mission.
  - Madame Anne Meyer, pour nous avoir donné le nombre de personnel dans chaque métier/tutelle ainsi que le nombre de semaines travaillées.
  - Monsieur Frédéric Audra, gestionnaire d’infrastructures, pour nous avoir fourni la liste du matériel du laboratoire.
  - Monsieur Arthur Vidard, chercheur, pour avoir aidé à mettre en place ces listings.
  - Monsieur Eric Blayo, enseignant-chercheur, pour avoir aidé à mettre en place ces listings.

## Préface

Ce rapport présente le déroulement de notre stage applicatif en collaboration avec le Laboratoire Jean Kuntzmann à Grenoble. Ce projet permet à terme de calculer l'équivalent carbone sur les achats ainsi que les déplacements quotidiens et lors des missions. Cela leur permettra de savoir où ils pourraient diminuer leurs émissions.

Ce rapport contient une partie présentant le contexte de notre projet ainsi que le cahier des charges.

Une deuxième partie technique expliquera les différents changements d'idées que nous avons pu avoir ainsi que toutes les méthodes utilisées. Elle contient aussi les résultats finaux avec quelques graphiques ainsi que les problèmes rencontrés et leurs solutions.

Dans la troisième partie se trouve toute notre organisation concernant notre groupe de travail.

La dernière partie renseigne sur tous les apports du projet que ce soit du point de vue technique, du point de vue de la gestion, de la pédagogie ou du point de vue personnel.

<b><u>Sommaire</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>I/ Présentation</b>	<b>4</b>
Présentation du contexte et des objectifs	4
Réalisation de fin de projet	5
Cahier des charges	5
<b>II/ Rapport technique</b>	<b>5</b>
Données reçues du client	5
Evolution du projet	7
Modèles régressifs	8
Les biens	8
Les trajets domicile / travail	10
Les missions	11
Tests et validation	13
Finalisation du projet	13
Résultats	14
Risques et difficultés	18
biens	18
trajet domicile-travail	19
déplacements pour les missions	19
Conclusion	20
<b>III/ Rapport de gestion de projet</b>	<b>21</b>
Découpage des tâches	21
Acteurs et organisation de l'équipe	21
Diagramme de Gantt	23
Moyen de communication mis en place par le chef de projet	24
Difficultés rencontrées et solutions apportées	25
Conclusion	25
<b>IV/ Apports du projet</b>	<b>26</b>
Apports scientifiques et techniques	26
Apport sur la gestion de projet	26
Apport sur la formation pédagogique	26
Apport personnel	26
<b>V/ Conclusion</b>	<b>27</b>
Sources	28
Annexe	<b>30</b>

## I/ Présentation

### 1. Présentation du contexte et des objectifs

Les laboratoires de recherche Grenoblois sont en train de mettre en place un bilan carbone de leurs activités afin de mesurer la diminution de leur empreinte carbone sur plusieurs années.

Afin de comprendre les besoins du client et du projet, nous répondons aux questions ci-dessous.

Questions	Réponses
Qui ?	Le projet servira au laboratoire de recherche LJK de Grenoble.
Quoi ?	On fera une estimation de l'équivalent carbone du LJK.
Où ?	Nous travaillons dans les bâtiments de l'IM2AG, et ainsi qu'en télétravail, mais nous irons aussi dans le bâtiment de l'IMAG pour avoir des informations.
Quand ?	Nous avons réalisé le projet du 10 au 18 décembre puis du 30 mars au 30 avril.
Comment ?	Nous ferons de la programmation (python et R), nous avons aussi construit une base de données sous excel grâce à différents sites. (ADEME, DELL, APPLE)
Combien ?	Nous disposons d'un budget de 0€.
Pourquoi ?	Ce projet a pour but de créer un outil de mesure calculant l'empreinte carbone d'un laboratoire dans le but d'effectuer des simulations pour la réduire.

Un bilan carbone consiste à compter les émissions de gaz à effet de serre afin d'évaluer les émissions directes et induite d'une activité. Cela permet de savoir d'où proviennent les plus grandes émissions de CO2. Il y a plusieurs postes d'émissions :

- les déplacements, où l'on comptabilise par rapport à la distance parcourue, au moyen de transport utilisé,
- les biens achetés, où l'on compte le coût de fabrication et d'acheminement,
- l'énergie utilisée,
- le chauffage.

Nous ne calculerons seulement le bilan carbone des deux premiers points, les suivants sont calculés par un autre organisme.

Il se peut que l'on ne connaisse pas toutes les données, par exemple pour un déplacement, on peut connaître la distance parcourue mais pas le moyen de transport. On a donc une donnée manquante. Certaines de ces données vont pouvoir être approximé. Dans notre exemple, grâce à la distance, on peut avoir une valeur moyenne de l'équivalent carbone, en effet si la valeur est

particulière on pourra facilement supposé le moyen de transport, par exemple si la distance est de 10 000 km, alors on supposera que le moyen de transport est l'avion. Parfois il est plus difficile de déterminer exactement la donnée manquante, dans ce cas, la valeur que l'on attribuera sera une valeur moyenne possible. Par exemple si la distance est 50km, alors nous ferons une moyenne avec plusieurs moyens de transport (voiture, bus, train ).

Les objectifs de ce projet sont dans un premier temps : d'estimer un coût carbone pour les données manquantes et d'évaluer l'erreur commise. Dans un deuxième temps appliquer ce modèle régressif sur les données de déplacement et d'achat du Laboratoire Jean Kuntzmann tout en estimant la marge d'erreur

## 2. Réalisation de fin de projet

Notre objectif final était d'avoir une estimation la plus fine possible de l'empreinte carbone du laboratoire et d'avoir un affichage qui pointe les secteurs ou actes les plus polluants. Pour réaliser cette tâche nous nous sommes appuyés sur différents outils :

Spyder (Python) pour le squelette principal du code pour réaliser les calculs, estimations, gestion de fichier...

Nous avons utilisé différentes bibliothèques Python :

- geopy avec Nominatim et geodesic pour obtenir les coordonnées des différentes missions et calculer la distance qui les sépare du laboratoire.
- sqlite3 pour la gestion de la base de données.
- csv, glob pour la gestion de fichiers.
- math, numpy pour réaliser des calculs

Nous avons également fait appel aux logiciels DB Browser (SQLite) pour voir l'évolution au cours du développement de notre base de données ainsi que Rstudio pour l'affichage des graphiques contenant des informations et Docker pour la finalité du projet.

## 3. Cahier des charges

Le cahier des charges est en annexe à la fin du rapport.

# II/ Rapport technique

## 1. Données reçues du client

Nous avons commencé à travailler sur le projet en n'ayant aucune donnée du LJK. Nous avons établi notre base de données avec pour fil conducteur qu'il allait nous falloir l'équivalent carbone pour des déplacements ainsi que pour des biens notamment du matériel informatique provenant de DELL et d'Apple. Grâce à cette base de données, nous avons pu établir un lien entre un objet, un moyen de transport et son équivalent carbone. Ainsi si l'on a comme moyen de transport : voiture, que l'on sait que la motorisation est essence, alors l'équivalent carbone pour un kilomètre parcourue est 0,259 kgCO<sub>2</sub>e.

Nous avons reçu après notre première semaine de travail les premières données concernant les biens dans deux fichiers .excel. Nous avons cherché à faire correspondre notre base de données avec les données de ces fichiers, afin que les noms des appareils soient “rangés” dans le même ordre. En effet, on peut avoir comme nom d’appareil :

|iPad mini 4 128GB| ou |iPad| |mini 4 128GB| ou |128GB iPad mini 4| ...

Dans notre base de donnée nous avons établis un ordre dans le nommage des biens que nous avons écrit dans une seule colonne. En faisant correspondre nos données au données fournis cela a permis de faciliter la recherche des équivalents carbone par notre programme et ainsi d’être plus précis dans le bilan CO2.

Nous avons reçu ensuite les réponses au questionnaire concernant les déplacements Domicile/Travail dans un fichier .csv. Avec ces documents, nous avons ré-agencé notre base de données. En effet certaines informations étaient trop précises et certaines ne l’étaient pas assez. Nous avons aussi vérifié manuellement si les données paraissaient cohérentes. Par exemple, si nous avons seulement 3 trajets aller par semaines, nous avons supposé que la personne avait renseigné le nombre d’aller retour qu’elle effectuait et non le nombre d’aller simple. Nous avons donc multiplié ces données par 2.

Nous avons reçu plusieurs fichiers .excel concernant les déplacements lors des missions : trois fichiers provenant de l’INRIA, un fichier explicatif, un fichier avec des distances entre villes, et un avec des missions, contenant le lieu de départ, le lieu d’arrivée et le moyen de transport utilisé.

Ensuite, nous avons reçu huit fichiers contenant les missions de l’IMAG. Deux de ces fichiers contenaient les missions au départ de Grenoble. Nous avons comme données le lieu de départ et d’arrivée. Parfois dans les commentaires il y avait un moyen de transport que nous avons récupéré manuellement pour renseigner la mission.

Dans deux autres de ces fichiers, il y avait les déplacements de personnes invitées par le LJK à venir à Grenoble. Dans ces données nous avons, la ville d’arrivée, ainsi que parfois un prix et parfois la ville de départ. En regardant plus précisément les données, nous nous sommes aperçus que les fichiers ne contenaient pas seulement des missions pour Grenoble. En effet parfois en commentaire il y avait d’autres villes et parfois un moyen de transport. Nous avons analysé ces données afin d’avoir le plus d’informations possible.

Les derniers fichiers contenaient des doublons de ces mêmes missions mais avec des informations différentes contenant notamment le prix. Malheureusement, dans ces fichiers, parfois le prix correspondait à l’hébergement ou contenait l’hébergement, nous nous sommes rendu compte de ce soucis en lisant les commentaires. De plus, retrouver sa mission soeur était compliqué. Nous n’avons donc pas beaucoup utilisé ces données. Nous les avons utilisé pour créer un modèle régressif sur les moyens de transport afin d’ajouter des données à notre modèle.

Nous avons aussi reçu des informations concernant la répartition du personnel au LJK ainsi que le nombre de semaines de vacances. Ces éléments nous ont permis de compléter des données

manquantes concernant les trajets domicile travail. Les données sur les vacances nous ont permis d'étendre l'étude des trajets domicile travail sur une semaine à sur un an afin de pouvoir étudier toutes les données sur l'année 2019. Les données sur la répartition du personnel nous a permis de compléter le sondage. En effet, tout le personnel n'ayant pas répondu nous avons eu besoin d'attribuer un équivalent par personne "manquante".

Toutes ces données nous ont été transmises par notre tuteur de stage par mail.

## 2. Evolution du projet

Nous avons eu une approche du problème qui a évolué dans le temps.

En effet, les cours du dernier semestre nous ont permis de rectifier la trajectoire afin d'avoir un projet fonctionnel et un code pratique d'utilisation.

Concernant le stockage de nos données nous étions partis pour créer des dictionnaires dont la clé aurait été le nom de notre élément recherché. Le kgCO<sub>2</sub>e aurait été associé à cette clé. Cela aurait permis à partir d'un nom d'appareil par exemple de retrouver le coût CO<sub>2</sub> associé.

Ayant eu un cours sur les bases de données et l'utilisation de SQL, nous avons décidé de changer notre structure et de choisir un modèle plus adapté à notre problème. Nous avons cherché à créer une base de données sous python car c'est un langage que l'on connaissait déjà. Il existe le module SQLite permettant de faire cela.

Pour calculer les distances entre deux endroits nous avons aussi beaucoup évolué depuis l'idée initiale. En effet, initialement nous avons rempli une feuille excel avec la distance entre toutes les capitales du monde et Paris.

En cherchant une méthode plus précise, nous avons trouvé un module python, qui grâce à internet, permet d'avoir la longitude et la latitude d'une adresse. Ainsi, en donnant le point d'arrivée et de départ, nous avons pu, grâce à une fonction du module, calculer la distance à vol d'oiseau. Ce même module permet aussi de choisir un moyen de transport. Cependant pour la voiture il s'est avéré inefficace pour les grands trajets au delà de 30 kms. En effet, le programme examine chaque carrefour et prend la route qui le rapprochera le plus rapidement du point d'arrivée. Cette méthode très précise à 1 ou 2 kms près, n'a finalement pas été utilisée car trop gourmande en temps d'exécution et donc pas adaptée au traitement d'une vaste base de données. Nous avons donc cherché à établir une relation entre la distance à vol d'oiseau et la distance réelle. Nous avons trouvé cette relation sur le site de l'[ADEME](#). Nous n'avons pas pu utiliser cette méthode pour les trajets en train car il faut que la ville de départ et celle d'arrivée contiennent une gare, ce qui n'était pas toujours le cas. Nous avons donc établi une relation entre la distance à vol d'oiseau et la distance en train. Pour les déplacements en avion nous avons considéré qu'ils faisaient au plus court et sans escale.

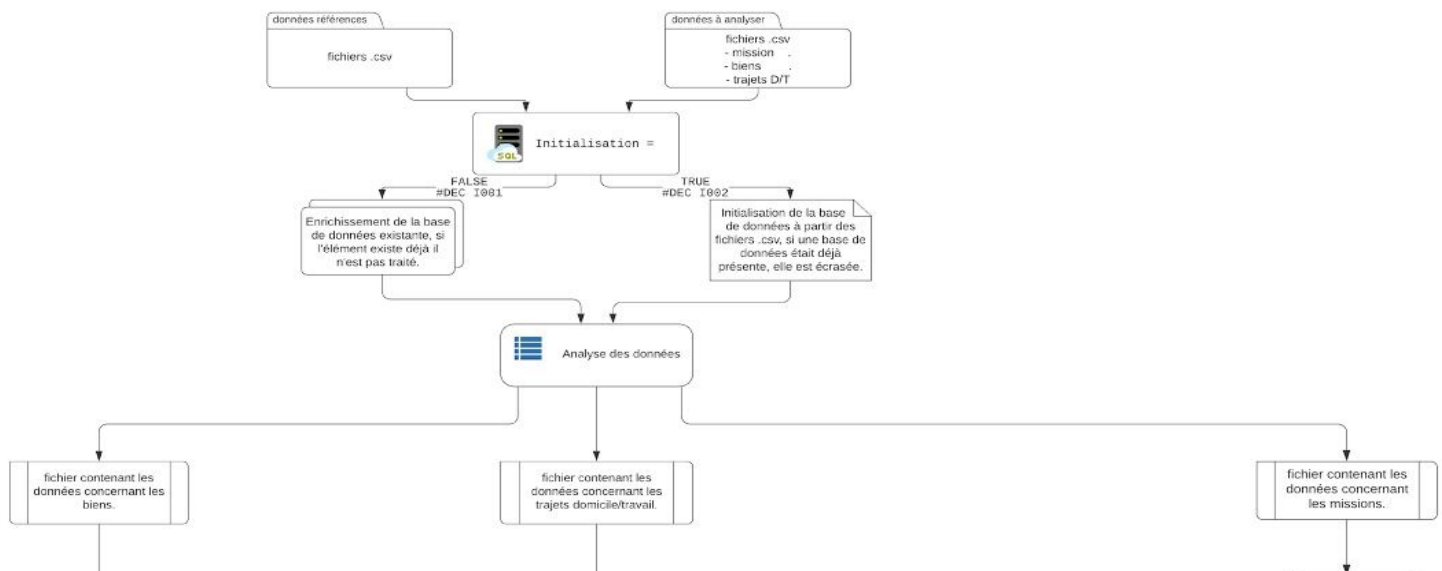


### 3. Modèles régressifs

Notre code se divise en trois grandes parties, une pour estimer les émissions de CO2 des biens, une autre pour les émissions des trajets domicile/travail et une dernière pour estimer l’empreinte carbone des missions.

Pour estimer l’empreinte carbone de ces trois parties nous avons créé trois modèles régressifs. Afin de les expliquer nous avons créé un logigramme permettant de visualiser facilement le fonctionnement du code. Dans cette partie, nous regardons en détail le logigramme. En annexe il y a le logigramme complet. A chaque décisions nous avons attribué un code (#DEC ...) que l’on retrouve dans le code source du programme, afin de retrouver facilement la partie concernée. ([logigramme](#))

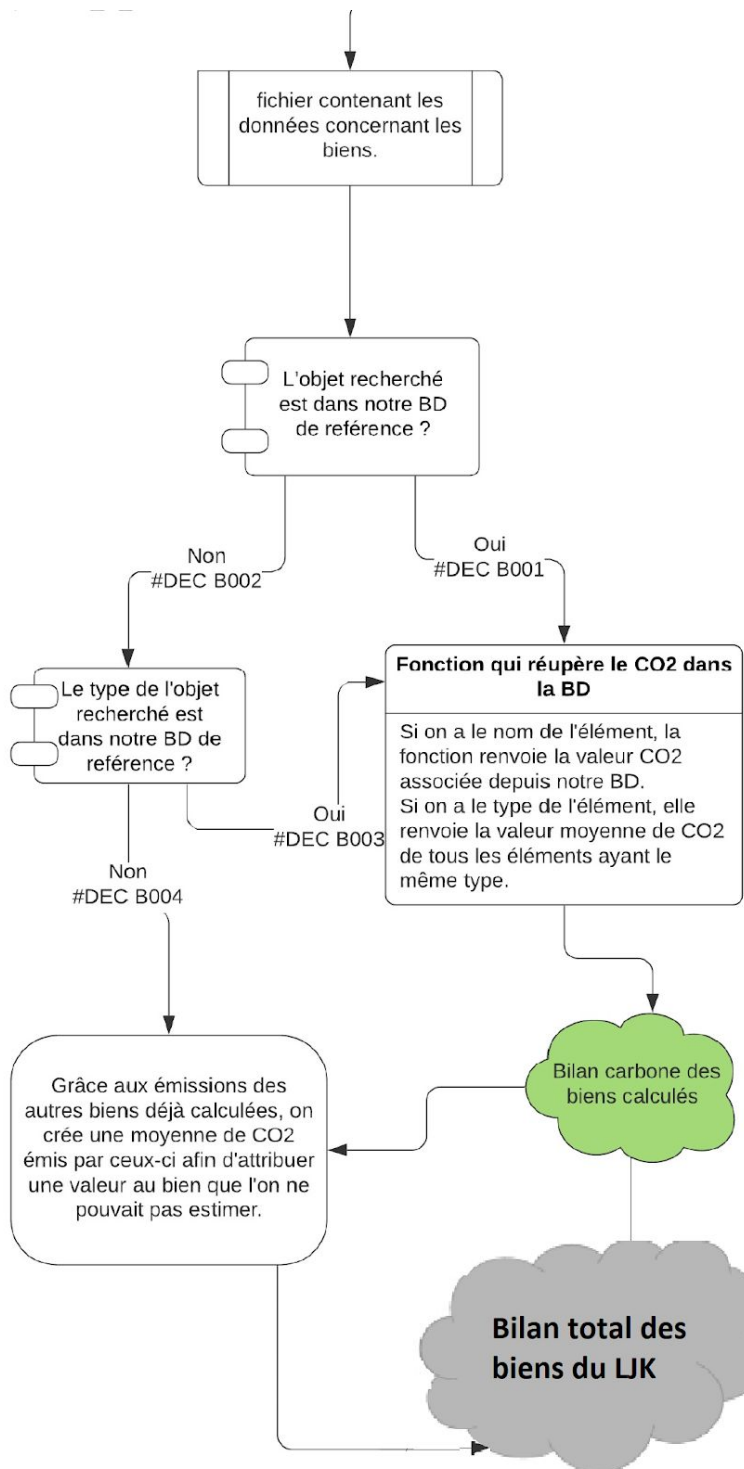
Voici ci dessous la partie commune aux trois parties.



#### - Les biens

Les biens achetés représentent une des catégories dont il faut estimer le bilan carbone. Nous avons reçu un fichier .csv du laboratoire avec tous les biens matériels achetés durant l’année 2019. Ces données représentent : “machines\_LJK”.

Voici un logigramme représentant le fonctionnement de la fonction permettant d’estimer le coût CO2 des biens.



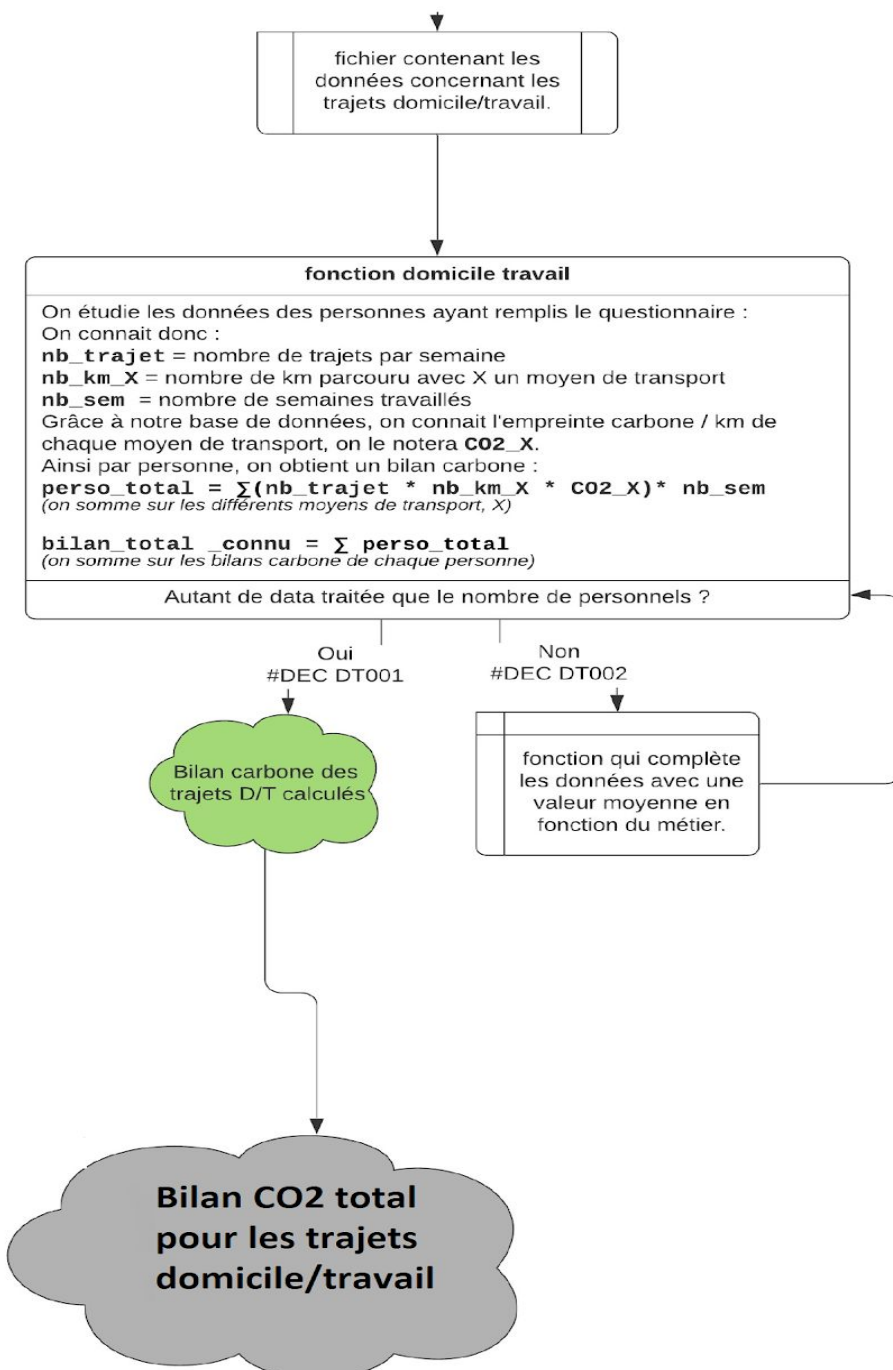
Logigramme du fonctionnement de la méthode permettant de trouver le bilan CO2 des biens achetés par le LJK

Le bilan CO2e récupéré ici ne correspond pas au bilan carbone exact. En effet, en plus d'avoir une incertitude connue sur les biens traités, il y a des données manquantes notamment concernant les petites fournitures (papiers, encre, imprimantes, feutres tableaux...) qui sous estiment l'empreinte carbone.

## - Les trajets domicile / travail

Les trajets domicile / travail représentent la seconde part des émissions de CO2. Grâce à un sondage fait par le LJK, nous avons pu avoir le nombre de kilomètres effectués par semaine par personne. De plus, nous avons des précisions sur le mode de transport utilisé. En effet, par mode de transport un nombre de kilomètres par semaine lui est associé. Concernant l'utilisation de la voiture, nous avons des précisions concernant le carburant utilisé ainsi que la part de covoiturage. Toutes ces données représentent le fichier "déplacement\_domicile\_travail".

Nous avons créé une méthode qui en fonction de la distance et du moyen de transport renvoie le CO2 émis. Grâce à cette fonction, on peut estimer le coût carbone des trajets d'une personne ayant répondu au questionnaire.



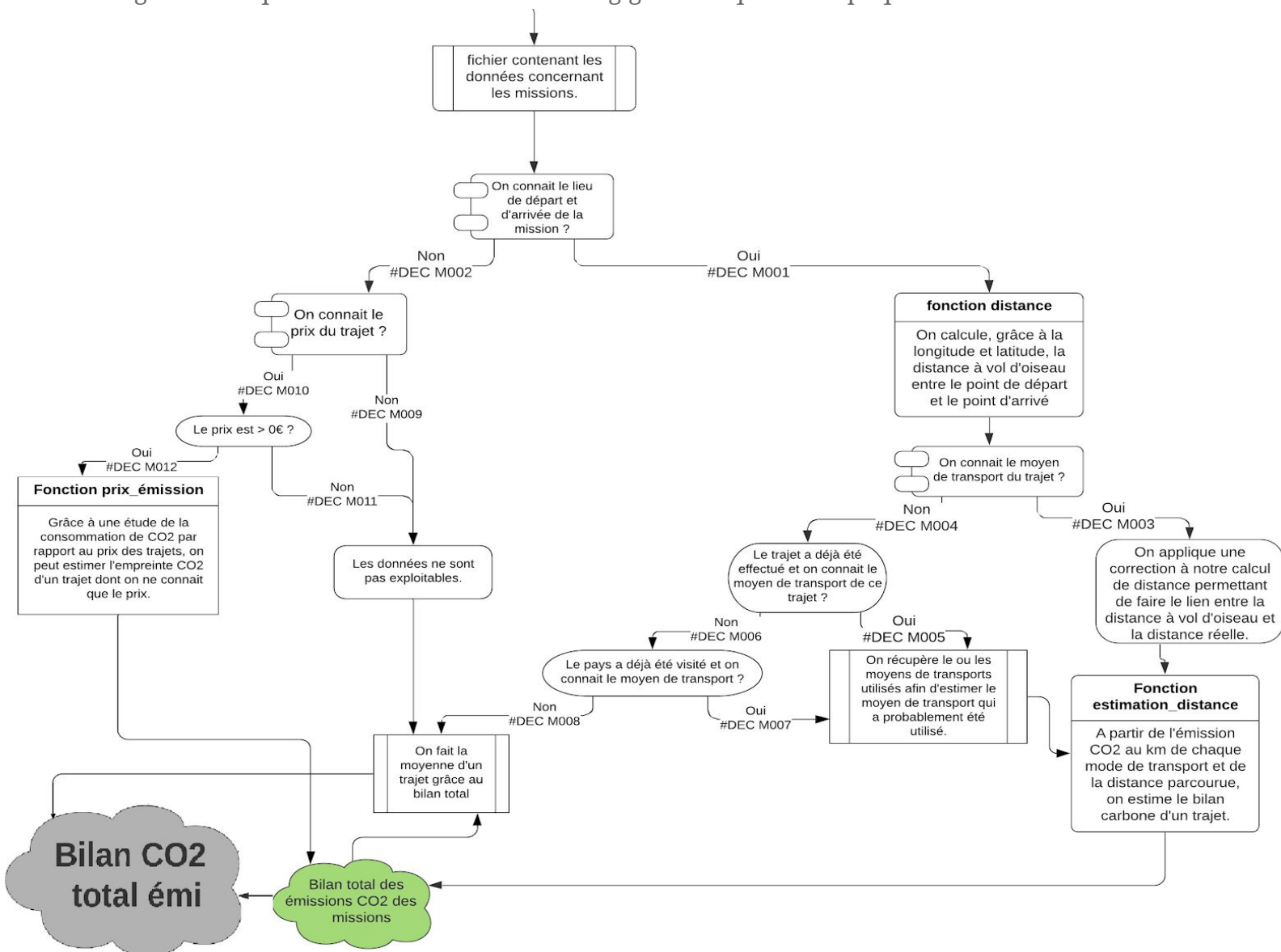
Logigramme du fonctionnement de la méthode permettant de trouver le bilan CO2 des trajets domicile / travail

Plus il y aura de personnes qui répondent au questionnaire plus l'incertitude sera faible. En effet, toutes les personnes n'ayant pas répondu au questionnaire seront ajoutées grâce à la moyenne générale par rapport à leur fonction. Ainsi en plus des incertitudes liées aux moyens de transport, il y a des incertitudes liées au manque de données.

## - Les missions

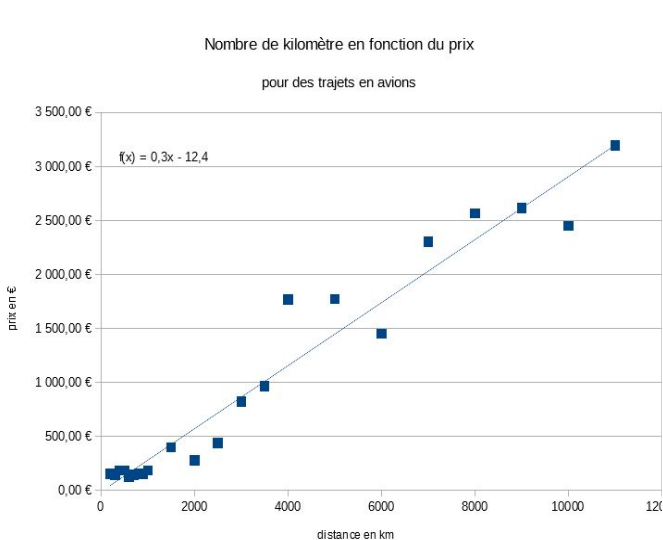
Les missions représentent la dernière part du bilan carbone que l'on va calculer. Ces missions nous ont été transmises via des fichiers .csv. Ces fichiers contiennent s'ils sont complets le lieu de départ et d'arrivée, le moyen de transport ainsi que le prix du trajet. Ces données permettent de créer une base de données à exploiter.

Nous avons créé trois méthodes permettant de retrouver l'empreinte carbone d'une mission malgré le manque de certaines données. Le logigramme qui suit explique ces méthodes.

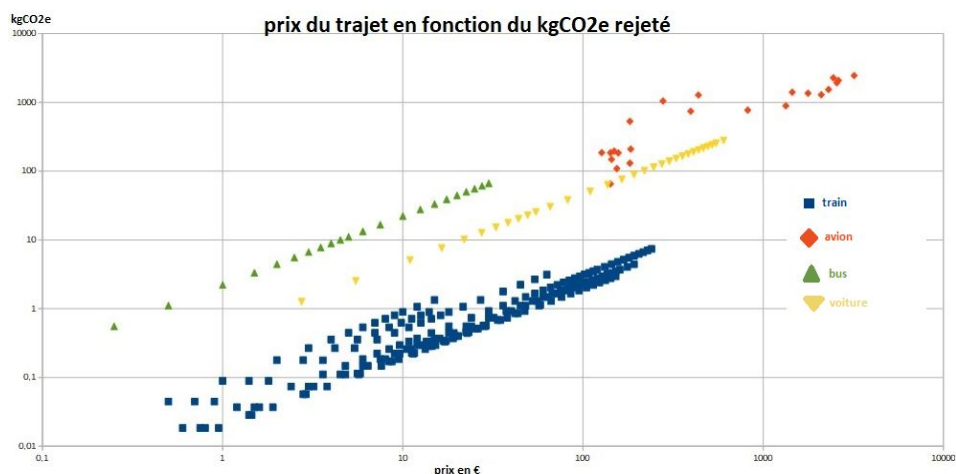


Logigramme du fonctionnement des méthodes permettant de trouver l'empreinte carbone des missions

Pour calculer l'émission CO2 lorsque l'on a seulement le prix nous avons dû créer un modèle du prix du trajet en fonction du CO2 émis. Pour ce faire, nous avons cherché le prix au km des moyens de transports. Pour le train, selon le temps du trajet, plusieurs valeurs sont données. Pour la voiture et le bus nous avons récupéré le prix du forfait kilométrique. Pour l'avion nous avons cherché plusieurs prix que l'on a classés en fonction de la distance du trajet. Cela nous a donné un graphe permettant d'estimer le prix au kilomètre que l'on a ensuite ajouté à notre modèle de régression. Ensuite une fois que l'on a eu toutes nos données, nous avons créé des intervalles de prix afin de pouvoir estimer le coût CO2 moyen par intervalle de prix avec un écart-type.



(1)



(2)

Dans le fichier qui nous a été transmis, certaines données ne comportaient pas seulement le trajet mais aussi l'hébergement. Cela fausse nos résultats notamment avec la méthode du prix. En effet, si la seule donnée que l'on a est le prix et que celui ci comporte l'hébergement alors nous allons attribuer un bilan carbone plus haut que la réalité. Nous savons que ces données comporte l'hébergement car c'est parfois marqué en commentaire. Mais les données qui sont les moins réalistes sont celles dont on ne connaît rien ou avec un prix négatif ou nul, ces données vont être approximées avec la moyenne des missions globales.

Au final, ces trois méthodes nous permettent d'estimer l'empreinte carbone du LJK. Ces données doivent être complétées avec les données concernant la consommation électrique et le chauffage, qui sera comptabilisé par un autre groupe gérant la partie bâtiment.

#### 4. Tests et validation

Pour tester la validité de nos codes, nous avons fait des tests de bogues au fur et à mesure afin de vérifier que le programme fonctionnait correctement. Grâce à cela nous avons pu repérer les erreurs de syntaxes.

Nous avons en parallèle vérifié que lorsqu'un code fonctionne, il nous donne des valeurs cohérentes. C'est ainsi que l'on a pu se rendre compte que l'on ne comptait pour les missions que les trajets aller. Nous avons donc rectifié l'erreur. Ces erreurs ne sont pas visibles lors de l'exécution du code, il nous a fallu comparer nos résultats avec d'autres études du même type afin de vérifier si nos valeurs étaient dans le bon ordre de grandeur.

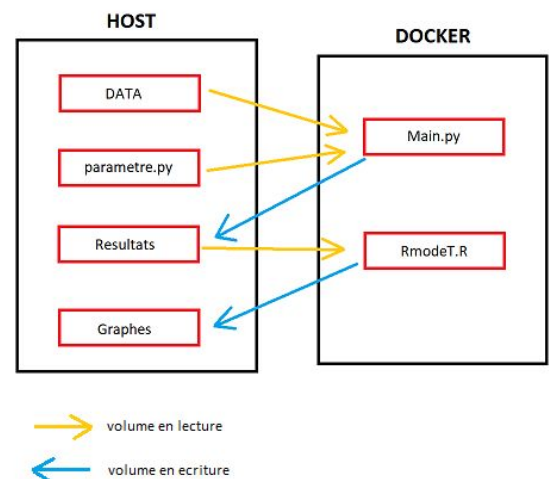
Pour vérifier que le code nous donne des valeurs cohérentes, nous avons déplacé le LJK en Australie, sans pour autant changer les fichiers .csv. Nous espérions que la valeur CO2 finale pour les missions serait beaucoup plus élevée que celle obtenue normalement. Nous sommes passés de 1000 T de CO2 environ à 5000 T de CO2e. Cela nous a semblé cohérent.

Pour évaluer notre code, nous avons effectué des tests de robustesse. Ainsi lorsque les nombres sont donnés avec une virgule cela ne bogue pas et change la virgule en point. Lorsque dans nos fichiers .csv, il y a des espaces, ils sont supprimés avant le début de l'exécution afin que le code s'exécute correctement. Nous avons créé des fonctions permettant de gérer les différentes erreurs de typographie avant que cela ne gêne le bon déroulement de l'exécution.

#### 5. Finalisation du projet

Pour la fin de réalisation de notre projet nous nous sommes concentrés sur la portabilité des exécutables. Pour ce faire nous avons monté un Docker, un outil qui nous permet de réaliser l'exécution dans un environnement contrôlé où il y a les modules indispensables au fonctionnement des programmes. Le Docker permet de lancer le projet sur les différents systèmes d'exploitation sans problème de compatibilité. Par nature, les Dockers se réinitialisent à chaque exécution, c'est à dire qu'ils reprennent la structure qu'on leur a fixé pendant leur construction. Donc pour avoir un stockage du résultat et une lecture des fichiers en paramètres d'exécution nous avons dû monter des volumes entre l'ordinateur host et le Docker :

Cette construction permet au Docker de venir lire des fichiers modifiables à volonté et d'écrire les résultats dans les dossiers hôtes.



## 6. Risques et difficultés

Nous avons rencontré plusieurs problèmes durant le projet que nous allons détailler en fonction des différentes parties : missions, biens, et trajets domicile/travail. A chaque problème, nous allons expliquer la solution que l'on a mis en place pour le résoudre.

### ○ biens

Certaines données des biens que nous avons cherchés et que nous avons reçu sont identiques seulement l'ordre des noms n'est pas le même. Par exemple, Ainsi avec une simple comparaison dans la base de données cela ne fonctionne pas. Nous avons donc dans un premier temps changé manuellement les noms afin de les mettre toujours dans le même ordre :

ID	Type	Genre	...
1	iPad mini 4 128GB	tablette	...

Nous avons ensuite fait des recherches souples sur les noms, ainsi si lorsque l'on cherche le nom précis on ne le trouve pas, alors on cherche si le nom existe dans un des noms de la base de données. Si l'on a comme nom `iPad mini 4`, alors cela va trouver les éléments : `iPad mini 4 128GB`, `iPad mini 4 64GB`. Nous faisons ensuite la moyenne des équivalent carbone des objets trouvés s'il y en a plusieurs. Cela nous permet de trouver un maximum d'éléments.

Lorsqu'un objet n'est pas dans la base de données, on cherche si le type y est. En effet, les serveurs consomment beaucoup plus qu'une tablette. Ainsi si on a le type de l'objet il est plus cohérent de prendre la valeur moyenne de son type plutôt qu'une valeur moyenne globale. Si l'on ne connaît ni le type, ni l'objet, alors à défaut de mieux on prend la valeur moyenne globale.

Pour éviter d'avoir à faire manuellement la mise en forme des noms, nous avons créé un fichier `type`, permettant à l'avenir de donner les informations afin que cela soit lisible facilement.

### ○ trajet domicile-travail

Les trajets domicile travail ne nous ont pas posé de gros problème, mais il a fallu décider d'une manière de compléter les données des personnes n'ayant pas répondu au questionnaire. Ainsi, grâce à la répartition du personnel dans le laboratoire, nous avons pu compléter les données par fonction (ITA, Doctorant-e/PostDoc, Chercheur-e ou Enseignant-e chercheur-e, Autre). Etant donné que les types de trajets étaient très différents suivant la catégorie de personnel, nous avons extrapolé les données à partir des moyennes obtenues pour chacune des catégories de personnel.

Les données du questionnaire ne concernent que les déplacements sur une semaine, nous avons donc dû multiplier le résultat par le nombre de semaines travaillées ce qui est différent selon les postes.

Des erreurs humaines se sont glissées dans le questionnaire, en effet le nombre de trajets aller était parfois impair. On se doute bien qu'il y a donc eu une erreur, ainsi nous avons multiplié par 2 ces données afin de les rectifier. Nous pensons que ces personnes ont rempli pour le nombre



d'aller-retours par semaine. En effet, beaucoup de personnes ont répondu qu'ils faisaient 5 allers par semaine. Ce qui reste cohérent si l'on met 5 aller-retours par semaine. Cependant, certaines valeurs nous semblent incohérentes. En effet 9 allers, est une valeur étrange mais 9 allers-retours par semaine fait beaucoup. Nous avons multiplié seulement les allers impairs inférieurs ou égaux à 5. Sur les 110 données reçus, nous avons modifié une dizaine de données.

- déplacements pour les missions

Le manque de données est l'un des plus grands problèmes rencontré. En effet, lorsqu'il manque une seule donnée, grâce aux modèles vus précédemment nous avons pu faire des estimations afin de donner une valeur possible.

Certaines missions ne contiennent que le moyen de transport utilisé, ce n'est pas suffisant pour établir un modèle régressif cohérent. Nous avons donc choisi d'attribuer la moyenne des équivalent carbone des autres missions à ces trajets.

Parfois nous ne connaissons que le prix et celui ci est négatif ou nul. Avec ce genre d'informations nous ne pouvons pas estimer un bilan carbone cohérent. Nous avons donc préféré utiliser la moyenne des équivalent carbone pour évaluer ce trajet.

Cependant il existe aussi des missions pour lesquelles nous ne connaissons rien sur la nature du trajet nous ne pouvons donc pas utiliser les méthodes régressives, nous sommes obligés d'appliquer à cette donnée une moyenne globale, ainsi elle sera prise en compte.

L'incertitude concernant ces données sera élevée.

Un autre problème concerne notre fonction qui permet de calculer la distance entre deux lieux. Notre fonction calcule dans un premier temps la distance à vol d'oiseau entre les deux points. Ensuite, si l'on sait le moyen de transport on applique une correction qui va permettre de s'approcher de la distance réelle. Nous avons trouvé une correction faite par l'ADEME pour les trajets routiers. Il n'existe pas cette correction pour les trajets ferroviaires. Nous avons donc créé un modèle. Nous avons calculé la distance à vol d'oiseau entre plusieurs villes, puis la distance en train entre ces deux mêmes points. Nous nous sommes aperçus que l'erreur était importante dûe à l'agencement du réseau ferroviaire. En effet, depuis Grenoble, se rendre au sud ouest de la France est compliqué : il faut monter jusqu'à Paris avant de redescendre au Sud. Si l'on souhaite aller au sud, il faut dans beaucoup de trajet passer par Lyon. Cependant lorsque l'on va au nord de la France, le trajet est plus directe. Ainsi pour une même gamme de distance l'équivalent carbone émise est jusqu'à deux fois plus élevée selon les trajets.

Pour les trajets en avion, lorsque le point de départ est Grenoble et X la ville d'arrivée, nous ne cherchons pas à savoir s'il existe un aéroport entre ces deux points, nous calculons la distance à vol d'oiseau et considérons cette distance comme la distance parcourue en avion. Cela n'est pas la réalité, en effet, certains trajets ont des correspondances, certains trajets ne peuvent pas utiliser seulement l'avion. Nous savons que les petits trajets en avion consomment beaucoup, ainsi nos résultats concernant les trajets en avions qui ont des correspondances sont sous-estimés.



Un dernier problème rencontré concerne le contenu du coût des missions, en effet dans les commentaires des fichiers missions nous nous sommes rendus compte que certains coûts comportaient aussi l'hébergement. Ainsi lorsque l'on utilise la méthode avec le prix, les données sont faussées. Dans l'immédiat nous n'avons pas pu corriger ce problème, mais nous précisons cela pour qu'à l'avenir les résultats soient plus cohérents.

## 7. Résultats

Voici les résultats que nous obtenons avec le logiciel R et l'étude de nos données.

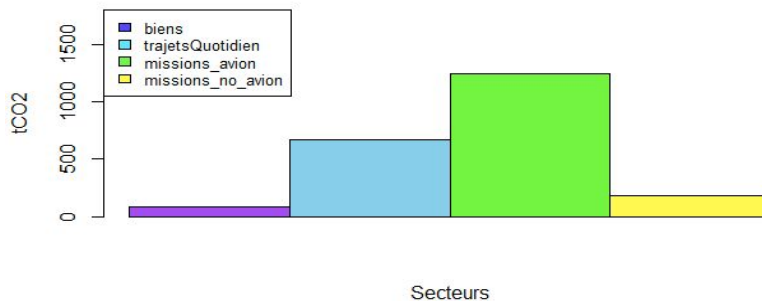
Le résultat d'équivalent carbone total du LJK durant l'année 2019 est : **2 174,374 tonnes de CO<sub>2</sub>** avec une incertitude de  $\pm 534,8133$  tonnes de CO<sub>2</sub> soit environ 24,6% d'incertitude.

Repartition des émissions de KgCO<sub>2</sub> par secteur



(3)

Consommation par secteur



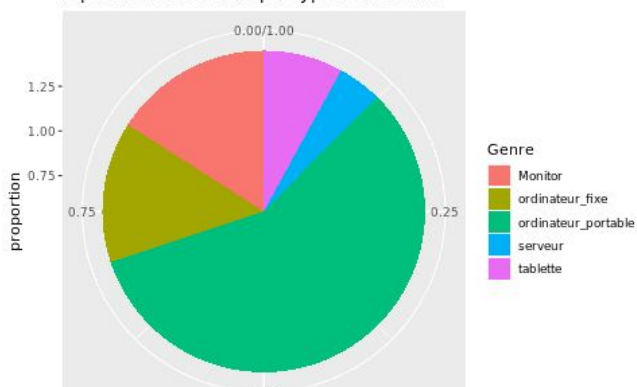
(4)

On remarque que le secteur avec la plus grande émission de CO<sub>2</sub> est celui des missions en avion prenant plus de la moitié de l'émission du LJK. Puis à la seconde place se trouve les trajets quotidiens, avec un peu plus du quart des émissions.

Ces données sont à ajouter aux données concernant la consommation d'électricité et son coût CO<sub>2</sub> ainsi que le bilan carbone dû au chauffage et climatisation. Ainsi, comparer ce bilan semi-total avec le bilan total des autres laboratoires est faussé.

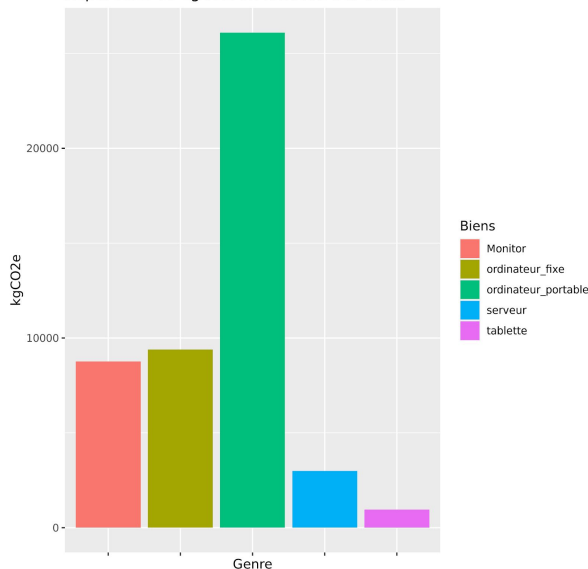
Voici les graphiques que l'on crée à partir des données concernant les biens :

répartition des achats par type de matériel



(5)

Repartition de kgCO<sub>2</sub> en fonction des biens

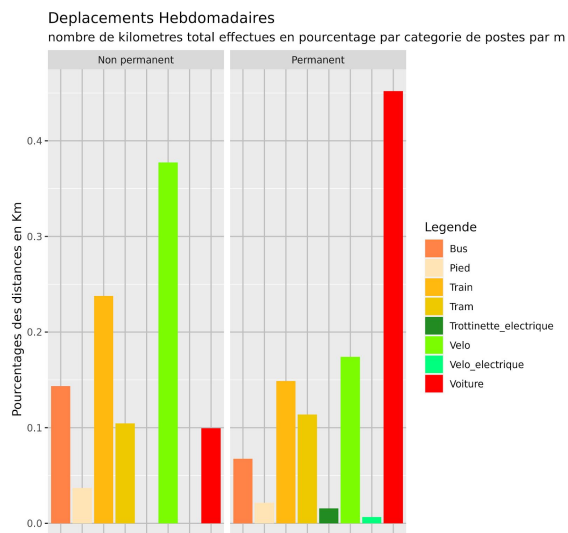


(6)

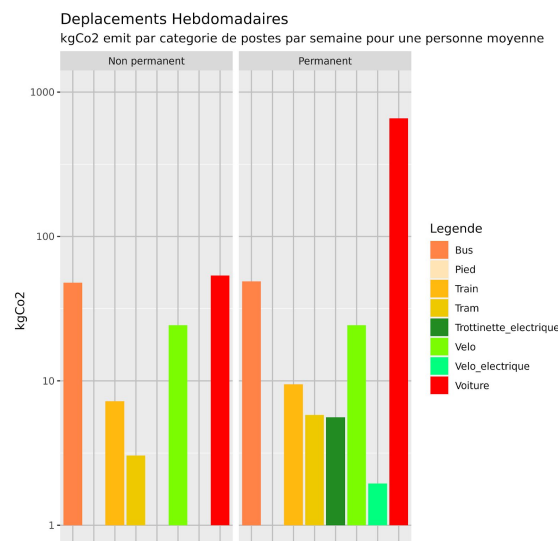
Grâce à ces graphes, nous pouvons remarquer que les ordinateurs portables sont les plus utilisés avec un peu plus de 50% d'utilisation. Les ordinateurs portable consomme un peu plus que les ordinateurs fixe. On peut voir cependant que les tablettes ne consomment quasiment rien comparées aux autres biens. Les serveurs, moins nombreux que les tablettes consomment cependant plus.

### Pour les trajets domicile travail voici les résultats que l'on obtient :

Pour ces graphique, il nous a paru intéressant de séparer les permanents et non permanents. En effet, en général ils n'habitent pas à la même distance du laboratoire et ne font pas le même nombre de trajets.



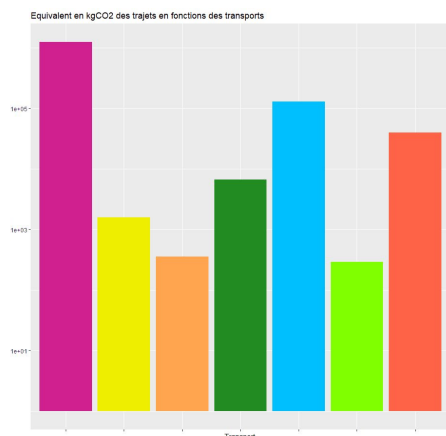
(9)



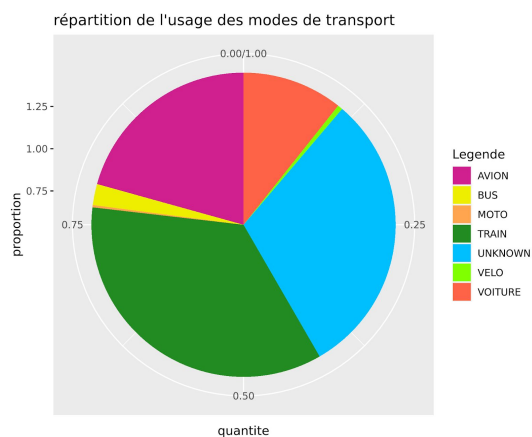
(11)

Nous pouvons remarquer que les permanents effectuent plus de kilomètres que les non permanents pour aller au laboratoire donc ils utilisent plus souvent la voiture et émettent alors plus de CO2. Pour les non permanents, ils utilisent plus le vélo et le train. Nous pouvons aussi remarquer que les non permanents effectuent environ 10 trajets alors que les permanents en réalisent 8,5. Le vélo est le moyen de transport majoritaire avec un peu plus de 5 trajets pour les non permanents et 3 trajets pour les permanents. Cependant, les efforts fait pour prendre le vélo sont en quelque sorte "cassé" par les trajets en voiture, même s'il y en a peu comparé aux trajets à vélo, cela pollue plus.

### Pour les missions, voici le détails de nos résultats :

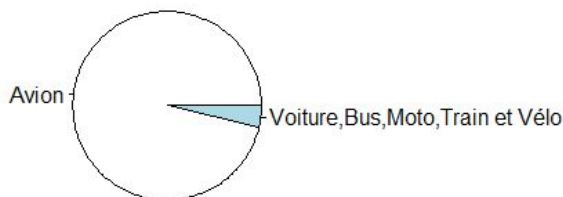


→  
(13)  
← (14)



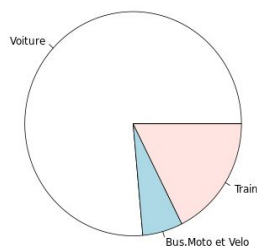
Le moyen de transport consommant le plus durant les missions est l'avion alors qu'il compose un peu moins d'un quart des missions en générale. Nous avons eu aussi beaucoup de données dont le moyen de transport était inconnu que nous avons estimé grâce au prix ou grâce à la moyenne final si l'on ne pouvait pas faire autrement.

### Taux de consommation de CO2 par transport(missions)



des émissions équivalente de kgCO2 par transport(mission)

### répartition



Le deuxième secteur le plus polluant concerne justement les missions dont le moyen de transport n'est pas renseigné. Cela est dû au nombre important de missions concernées. De plus on peut penser qu'une part importante de ces missions s'effectue en avion.

(15)

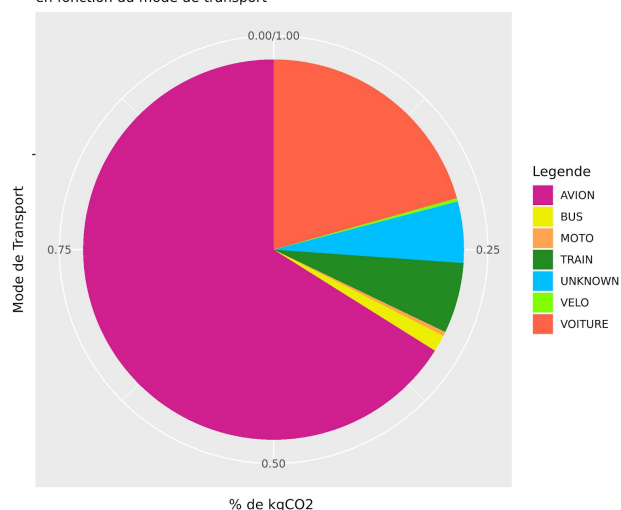
Le train est utilisé dans un tiers des missions mais ne consomme presque rien comparé aux autres modes de transport. La voiture représente un tiers des missions en train et est pourtant beaucoup plus polluante que celle-ci.

(16)

Nous remarquons donc qu'en terme de proportion, les missions en avion et en voiture consomment le plus alors que celles en train consomment le moins.

Nous avons aussi établis des graphiques sur les destinations et le coût CO2 que cela engendre en fonction du moyen de transport.

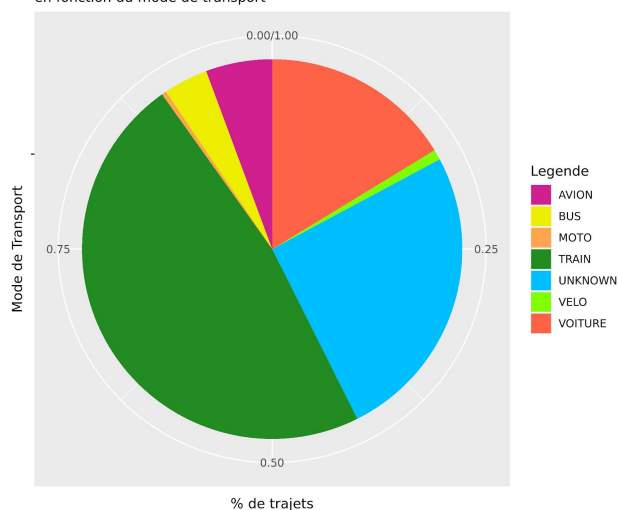
Repartition en Pourcentages de CO2 des Missions Françaises en fonction du mode de transport



(17)

(18)

Repartition en pourcentages de Kilometres Parcourus des Missions Françaises en fonction du mode de transport



Ces graphes sur les missions en France, nous apprennent que l'avion représente 70% des

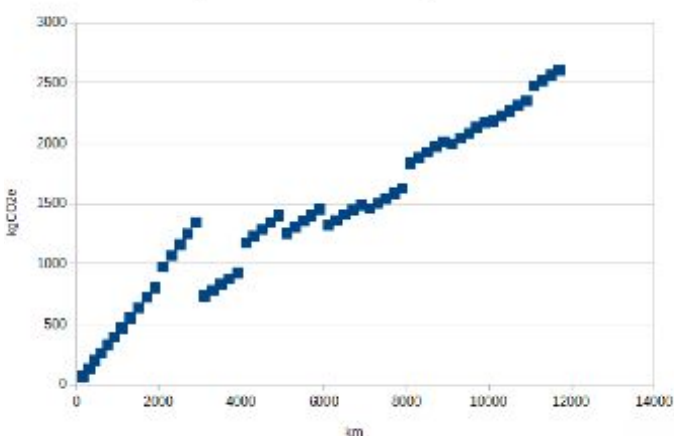
équivalent CO<sub>2</sub>e, malgré le fait qu'il soit utilisé dans seulement ~10% des trajets. A l'inverse le train est utilisé dans 50% des cas mais il représente un peu plus de 5% des équivalent carbone des trajets en France. De plus nous pouvons remarquer que certains lieux où l'on se rend en avion, nous pouvons aussi s'y rendre en train ainsi il est possible d'encore réduire les trajets en avion. (19)

Pour les trajets européen, l'avion devient le principal moyen de transport, et ainsi celui qui pollue le plus. Cependant, certaines missions frontalières se font quand même en train, voiture ou bus. (20)

Pour les trajets hors Europe toutes les missions se font en avion, plus les missions sont éloignées plus elles consomment cependant l'évolution de la consommation n'est pas linéaire comme on peut le voir sur le graphe du nombre de km parcouru en fonction du CO<sub>2</sub> rejeté.

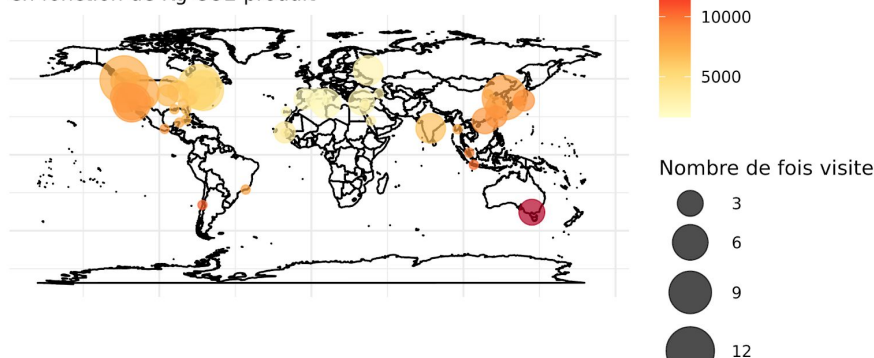
(21)

nombre de km parcouru en fonction de l'empreinte carbone des avions



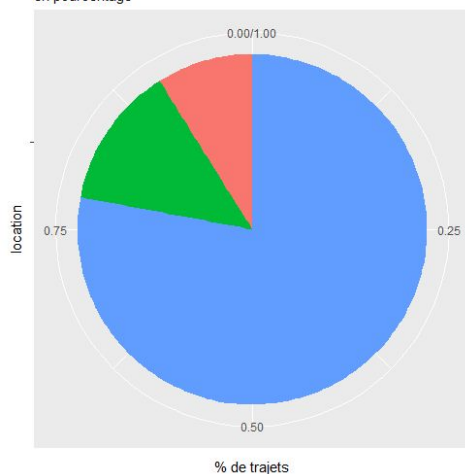
(22)

Missions Mondiales hors Europe en fonction de Kg CO<sub>2</sub> produit



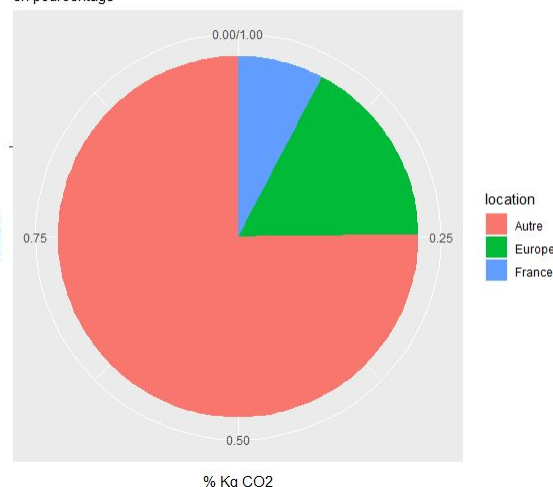
Les deux diagrammes suivant permettent de voir d'où proviennent les principales émissions de CO<sub>2</sub> des missions. Ainsi on peut voir qu'avec 10% des missions hors europe, on a un rejet CO<sub>2</sub> équivalent à 75% de l'équivalent carbone des missions. Les missions en France sont plus nombreuses mais moins polluantes.

Mission par Destination en pourcentage



(23)

Kg Co<sub>2</sub> par Destination en pourcentage



(24)

## 8. Conclusion

En conclusion, nous avons pu réaliser un outil fonctionnel, avec des résultats cohérents et une incertitude raisonnable. Le projet a plutôt bien fonctionné malgré les bogues liés aux langages que l'on ne connaissait pas (pour le docker notamment).

## III/ Rapport de gestion de projet

### Introduction

La gestion de projet est aussi une partie essentielle dans le bon déroulement du projet. En effet le découpage et la répartition de tâches sont très importants, pouvant permettre une efficacité optimale.

### 1. Découpage des tâches

Nous avons déterminé les différentes tâches qu'il faut accomplir afin de mener à bien notre projet.

Il est notamment composé de cinq grandes parties :

- Créer une base de données avec toutes les émissions carbone correspondantes aux achats et aux trajets liés au laboratoire.
- La construction de tous les modèles régressifs.
- L'analyse des données sous python.
- Résultats sous forme de graphique en R.
- Création d'un docker permettant l'exécution de tous les programmes à la suite.

Puis, nous les avons divisés en sous-parties pour les mettre dans un diagramme de Gantt ainsi que sur le site Trello nous permettant d'avoir une organisation visuelle de notre projet.

### 2. Acteurs et organisation de l'équipe

Après avoir identifié toutes les tâches, nous avons attribué à chacun la responsabilité de plusieurs tâches ou sous-tâches permettant de surveiller si l'on est bien dans les temps et sur la bonne voie.

Voici le code couleur de cette attribution :

Chesnot Naëlia (Chef de projet) Lacan Chloé Lavis Gautier McKenna Kevin Ngaba Billy Reat Etienne

Chaque tâche est accomplie par une ou plusieurs personnes selon la complexité, les compétences de chacun et le temps que prend celle-ci.

Tâches	Sous-tâches
identification des tâches à réaliser	cahier des charges
	identifier les données
création de la base de données sous excel	rechercher les équivalents carbones des moyens de transport grâce au site de l'ADEME
	recenser toutes nos données
	trouver les prix du matériel informatique DELL et Apple
	calcul de l'intervalle de confiance
	chercher les intervalles des incertitudes des données
	chercher les prix au km en fonction du moyen de transport
	chercher les prix des avions en fonction du nombre de km parcourus
calcul de la distance entre deux lieux	faire une requête à un site web avec un code python pour obtenir des coordonnées GPS
	distance entre deux villes
	chercher à affiner le plus possible les distances
	afficher une carte de l'itinéraire
	trouver une relation distance réelle / vol d'oiseau pour des déplacements en voiture
	trouver une relation distance réelle / vol d'oiseau pour des déplacements en train
création d'un modèle régressif permettant de retrouver les informations manquantes	faire une fonction bilan carbone des objets en fonction de leur prix
	trouver/approximer les données manquantes
	modèle régressif : à partir des données plus ou moins précises estimer le coût carbone
	modèle régressif en fonction du prix du voyage établir un bilan carbone
	modèle régressif en fonction de la destination établir un moyen de transport
	recupérer les données concernant les déplacements lors des missions
	recupérer les données concernant les trajets domicile / travail
	recupérer les données concernant les biens
	formater les données reçues
programmation en Python et SQLite	lecture des fichiers .csv
	choix de la structure adaptée au problème
	test pour créer une base données en SQLite sous python

	création d'une base de données pour contenir les modèles des équivalent carbone
	création d'une base de données pour contenir les données reçues
	estimer la distance
	écriture des fonctions suivant les modèles régressifs établis précédemment
	estimations des données manquantes
	rendre modulaire les programmes
	vérifier la robustesse du code
	commenter et spécifier correctement le code
	transformer la base de données en fichier .csv pour transmettre les données
Affichage des graphiques en R	recherche sur les graphiques en R
	lecture des fichiers .csv
	choix des types de graphique à faire
	écriture du code permettant d'afficher les graphiques
	mise en page des graphiques et enregistrement automatique
	graphique interactif
Rendu	assembler les données
	faire un docker
	LISEZ-MOI
soutenance	rapport
	préparer l'oral : faire un diaporama, s'entraîner ...

### 3. Diagramme de Gantt

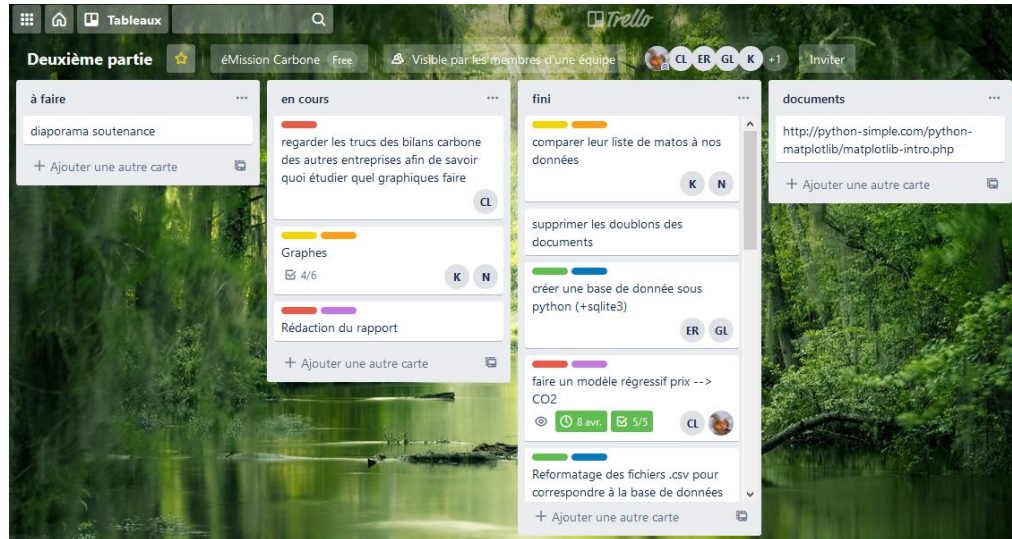
Après avoir déterminé toutes les tâches ainsi que les compétences de chacun, nous avons effectué un diagramme de Gantt comportant au total 47 missions.

Chaque fin de journée, nous le complétons et comparons avec le diagramme prévisionnel afin de savoir si nous sommes en retard, en avance ou dans les temps.





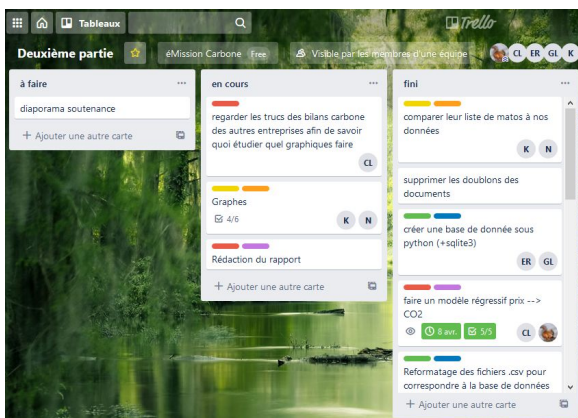
Nous utilisons aussi le site Trello afin d'avoir une organisation visuelle de notre projet. Nous avons créé 3 listes différentes : une qui représente les tâches à faire, une qui montre les tâches en cours et la dernière pour les tâches terminées. Chaque tâche a aussi une couleur représentant ceux qui travaillent dessus. Nous pouvons aussi poser des documents afin que tout le monde y ait facilement accès.



#### 4. Moyen de communication mis en place par le chef de projet

Nous utilisons plusieurs moyens de communication : Discord, Mail, Facebook, pour se partager des informations et communiquer avec le tuteur de projet.

Nous utilisons Trello, et Google Drive pour partager des documents et avoir un visuel global sur le projet.



Emission Carbone				
Fichier Édition Afficher Insertion Format Données Outils Modules complémentaires Aide Dernière modification il y a 6 heures				
moyen de transport				
ID		kgCO2e/passager*km	incertitude %	incertitude +/-
ferrovière				
FeTraMG	tramway + 250 000 habitants	6,63E-03	60%	3,98E-03
FeTraMP	tramway aglo de 150 à 250 000 habitants	6,81E-03	60%	4,09E-03
FeTraME	Ter électricité	8,91E-03	60%	5,35E-03
FeTraMG	ter gazole	0,0798	60%	0,04788
FeTGV	TGV	3,69E-03	60%	2,21E-03
FeTGL	train grande ligne	5,60E-03	60%	3,36E-03
FeTraMC	train CORSE	0,187	20%	0,0374
PARIS				
FeMetIP	Métro	5,70E-03	20%	1,14E-03
FeRetP	RER	5,70E-03	20%	1,14E-03
FeTrmP	Tramway	6,00E-03	20%	1,20E-03
Autre pays train				
FeTraAll	Allemagne	0,0668	20%	0,01336
FeTraAut	Autriche	0,0235	20%	0,0047
FeTraBel	Belgique	0,0484	20%	0,00968



En décembre, on se réunissait le matin afin de répartir les tâches et de se mettre tous d'accord sur les objectifs du jour. Nous en faisions une deuxième le soir pour faire le point sur l'accomplissement des tâches de la journée.

Avec le confinement, nous faisons les réunions à distance grâce à Discord. En effet tous les matins à 9h30, nous nous donnons rendez-vous en vocal afin de répartir les tâches prévues par le diagramme de Gantt. Pour cela, le chef de projet écrit toutes les tâches sur notre conversation, puis chacun met une croix afin de dire aux autres qu'aujourd'hui il s'occuperait de cette tâche. Puis chacun part travailler seul ou à plusieurs (toujours en vocal ou à l'écrit). A la fin de la journée, nous nous réunissons pour faire le point : ce qui a été fait, ce qui n'a pas été fait, ce qui est à faire, des nouvelles idées, les difficultés, les solutions.

Discord nous permet aussi de faire des partages d'écran, pour montrer aux autres personnes du groupe ce que nous avons fait ou le lancement d'un programme par exemple.

Lorsque nous avons beaucoup de questions, nous envoyons un mail à notre tuteur afin de mettre au clair, avant de continuer, pour ne pas partir sur une fausse piste.

## **5. Difficultés rencontrées et solutions apportées**

Nous avons fait trois semaines de projet à distance dues à l'actualité, il y a eu donc quelques problèmes de connexion internet ainsi que des problèmes sur Discord (micro, trop de monde connecté donc difficile d'utiliser certaines fonctionnalités). C'est pourquoi si une personne avait du mal à entendre ou si son micro ne marchait plus pendant un certain temps, on lui écrivait un résumé afin qu'il ne soit pas mis à l'écart.

La deuxième difficulté rencontrée est la durée de certaines tâches et le changement de programme. Par exemple, nous étions partis pour faire des dictionnaires afin de contenir nos données en décembre puis nous avons réfléchi, appris l'existence de SQL et avons décidé de faire des bases de données en SQLite sur Python. Ce qui nous a mis un peu en retard par rapport au diagramme de Gantt. Mais la dynamique et l'obstination de chacun à chercher des informations ont permis de rattraper ce retard.

## **6. Conclusion**

En conclusion, la cohésion et l'organisation au sein du groupe a été très bonne. Chacun s'est investi et s'est appliqué sur chacune des tâches qui leur ont été données.

## IV/ Apports du projet

### 1. Apports scientifiques et techniques

Cela nous a permis de découvrir comment coder des bases de données sous Python. Nous avons appris à gérer une base de données sous Excel et sous SQL, comment l'organiser afin de la traiter ensuite, mais aussi à faire des graphiques sous R. Nous avons aussi appris à construire un Docker.

### 2. Apport sur la gestion de projet

Durant cette première expérience de travail d'équipe d'une durée d'un mois, nous avons donc appris la gestion de projet, la cohésion de groupe ainsi que la répartition des tâches permettant une efficacité optimale.

### 3. Apport sur la formation pédagogique

Ce projet nous a permis de consolider nos bases en Python, d'approfondir les bases en R, ainsi que la programmation en bases de données (SQLite).

### 4. Apport personnel

Chaque personne du groupe va décrire le projet en 3 mots :

Naëlia : Recherche, Données, Travail d'équipe

Chloé : Entraide, Progression, Données

Gautier : Coopération, Organisation, Satisfaction

Kévin : Graphes, Données, Entraide

Billy : Analyse de données, Travail d'équipe, Cohésion

Etienne : Recherche, Développement, Equipe

## V/ Conclusion

Nous sommes satisfaits de la réalisation de ce projet. Nous avons eu une équipe efficace et organisée tout au long du projet.

Il n'y a pas eu de problème au niveau de l'équipe et les problèmes techniques rencontrés ont été résolus plutôt rapidement. Nous avons pu faire toutes les tâches que nous avions prévues sur le diagramme de Gantt.

Nous avons appris beaucoup de nouvelles choses que ce soit au niveau technique telles que les bases de données sous Python, des fonctionnalités sous R, du fonctionnement des dockers ou encore au niveau de la gestion comme l'organisation d'un travail de groupe sur plusieurs semaines. Cela nous a permis aussi de consolider quelques bases que nous avons pu acquérir tout au long de notre licence.

Ce projet en lien avec l'environnement nous a beaucoup plu car il nous a permis d'une certaine manière d'aider la planète en aidant un laboratoire à réduire son équivalent carbone.

## Sources

### Sites pour les équivalent CO2e :

Pour le matériel informatique

DELL

[https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environment\\_carbon\\_footprint\\_products](https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environment_carbon_footprint_products)

<https://corporate.delltechnologies.com/en-us/social-impact/advancing-sustainability/sustainable-products-and-services/product-carbon-footprints.htm>

Apple

<https://www.apple.com/fr/environment/our-approach/>

Pour les transports

<https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/authentication> transport en voiture, train, avion, bus

<https://lenergieenquestions.fr/velo-electrique-connait-on-son-empreinte-ecologique/2018/08/22/> vélo électrique

<https://www.notre-planete.info/actualites/3072-trottinette-electrique-impact-environnement-CO2> trottinette électrique

<https://www.consoglobe.com/les-14-modes-de-transport-les-moins-polluants-cg> marche

[https://www.eeg.tuwien.ac.at/conference/iaee2017/files/paper/366\\_Huang\\_fullpaper\\_2017-06-27\\_09-17.pdf](https://www.eeg.tuwien.ac.at/conference/iaee2017/files/paper/366_Huang_fullpaper_2017-06-27_09-17.pdf) scooter

Autre

<https://ferme.yeswiki.net/Empreinte/?PagePrincipale>

<https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/authentication>

### Site pour trouver les prix :

Prix DELL

<https://www.dell.com/fr-fr>

<https://itprice.com/dell-price-list/poweredge%20t630.html>

<https://www.dell.com/fr-fr/work/shop/laptops/sf/latitude-laptops#latitude-7000-laptops>

<https://www.dellemc.com/content/dam/digitalassets/active/en/unauth/legal-documents/solutions/nvp-mnwn-109-price-list-2019-01-main.pdf>

Prix Apple

[https://prices.appleinsider.com/current\\_gen](https://prices.appleinsider.com/current_gen)

<https://www.apple.com/>

<https://iphone-worldwide.com/>

Prix au kilomètre

<https://droit-finances.commentcamarche.com/faq/4835-bareme-kilometrique-2020-calcul-des-frais-et-indemnites> voiture

<https://www.quechoisir.org/actualite-autocar-train-avion-ou-voiture-5-trajets-compares-infographie-n10027/> bus

<https://www.insee.fr/fr/statistiques/4277910?sommaire=4318291&q=moyen+de+transport> train

## Prix du billet d'avion

<https://www.airfrance.fr/>

## **Autres sites :**

### Information sur les cyclistes

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5664667/>

<https://www.nationmaster.com/country-info/profiles/France/Transport/Commute>

### Relation distance à vol d'oiseau, distance réelle

<https://www.cairn.info/revue-flux1-2009-2-page-110.htm#>

### Bilan carbone d'autres labo

[https://www.isterre.fr/french/actualites/a-la-une/article/isterre-publie-son-bilan-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-ges.ht](https://www.isterre.fr/french/actualites/a-la-une/article/isterre-publie-son-bilan-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-ges.html)  
ml isterre

<https://ecoinfo.cnrs.fr/2019/07/02/quelle-est-notre-propre-empreinte-carbone/> écoinfo

### Calcul d'itinéraire

<https://fr.mappy.com/itineraire/train>

<https://fr.distance.to/>

### Autres outils

<https://trello.com/>

<https://www.rdocumentation.org/>

<https://www.r-graph-gallery.com/>

<https://cran.r-project.org/>

<https://stackoverflow.com/>

<https://xlbusinesstools.com/top10-formules-excel-business-data-analyst/>

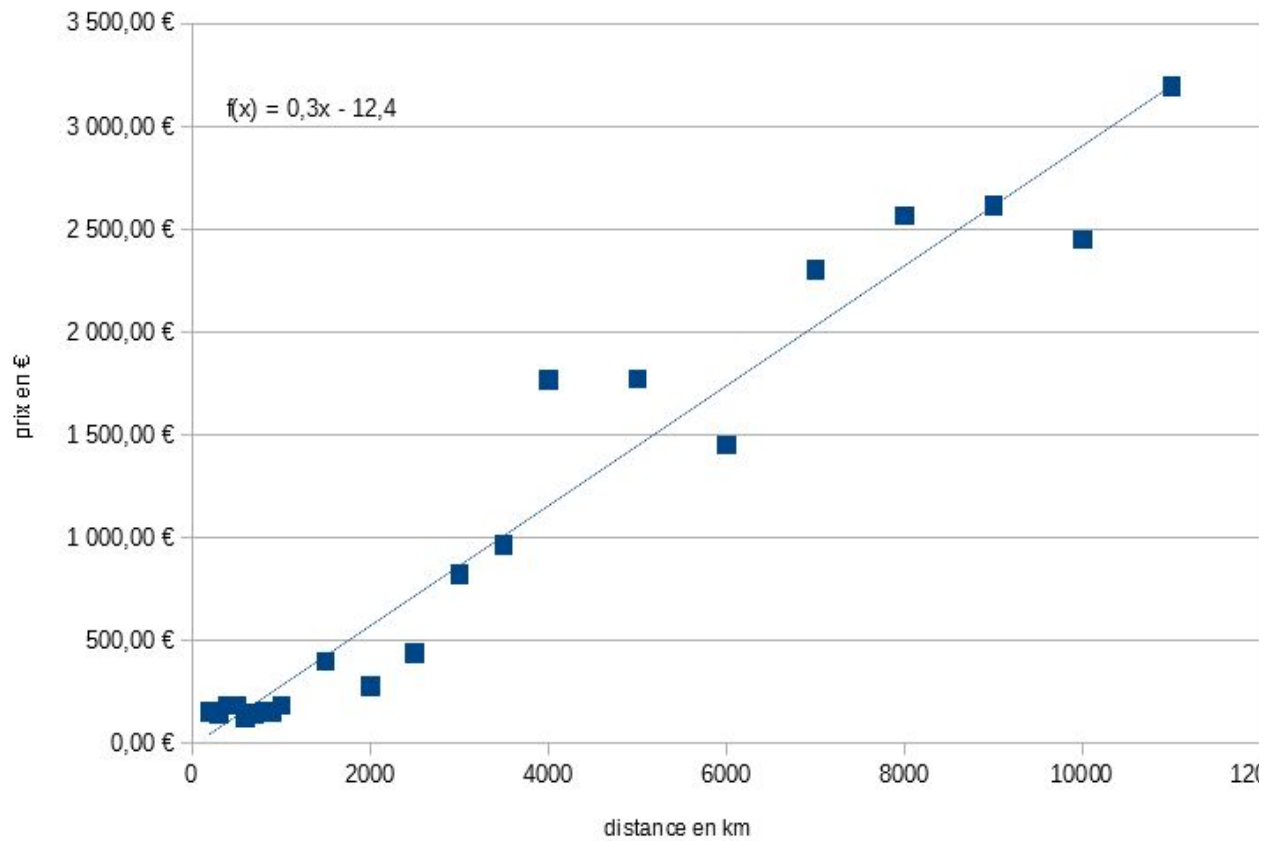
<https://www.docker.com/resources/what-container>

<https://docs.google.com>

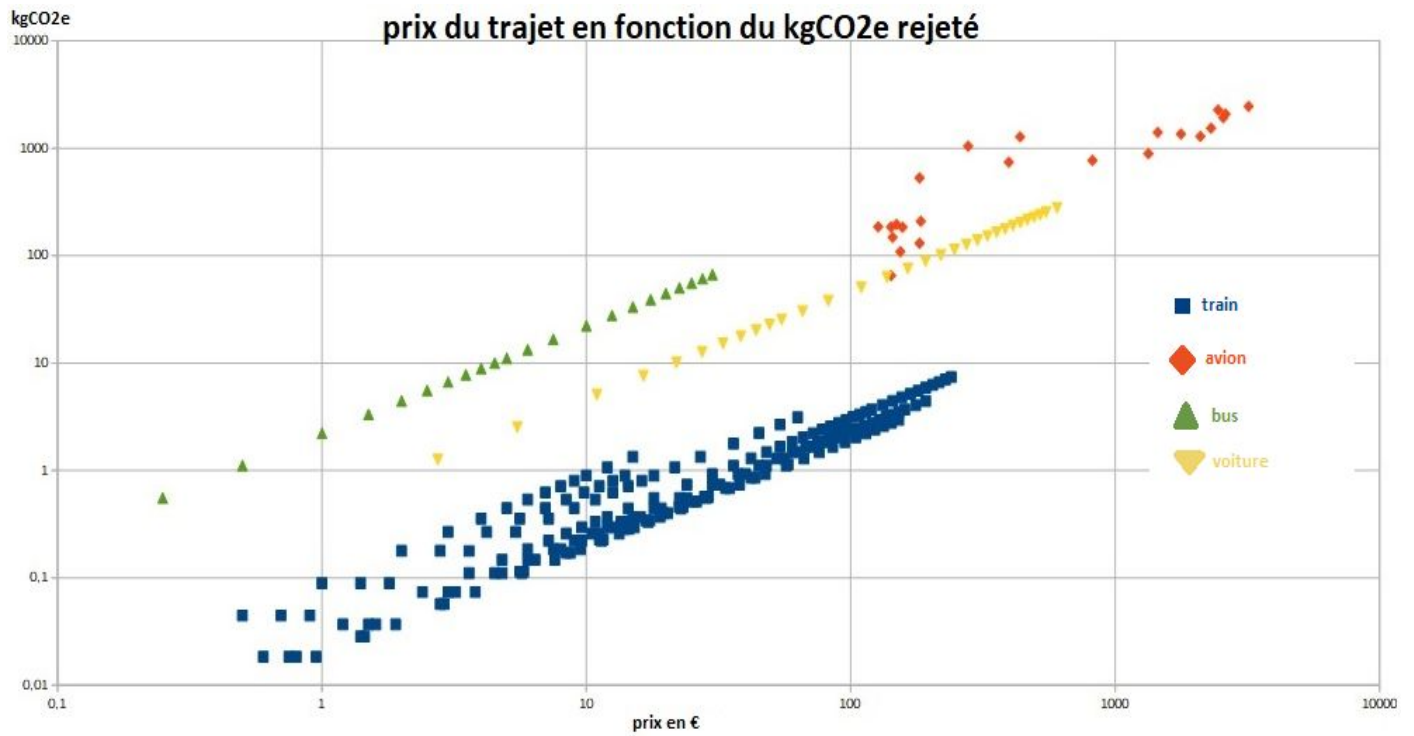
<https://discordapp.com/>

**Annexe****GRAPHIQUES**

Nombre de kilomètre en fonction du prix  
pour des trajets en avions

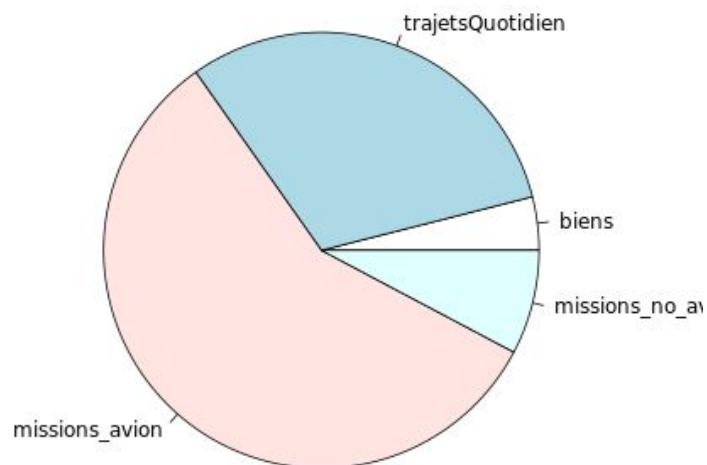


(1)



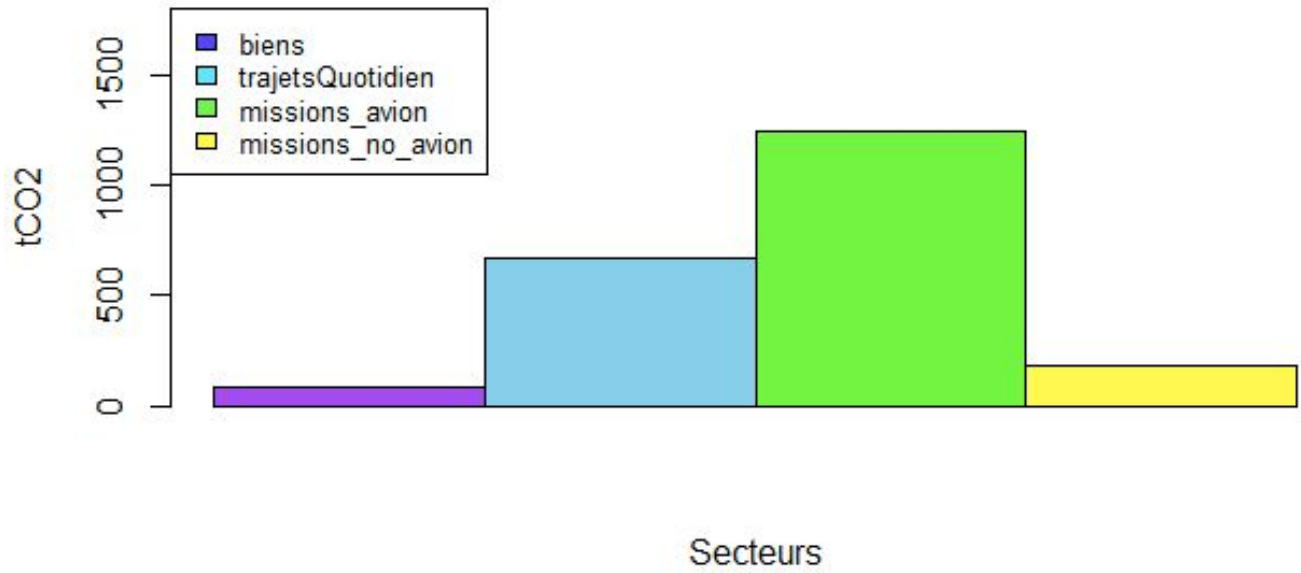
(2)

### Repartition des emissions de KgCO2 par secteur



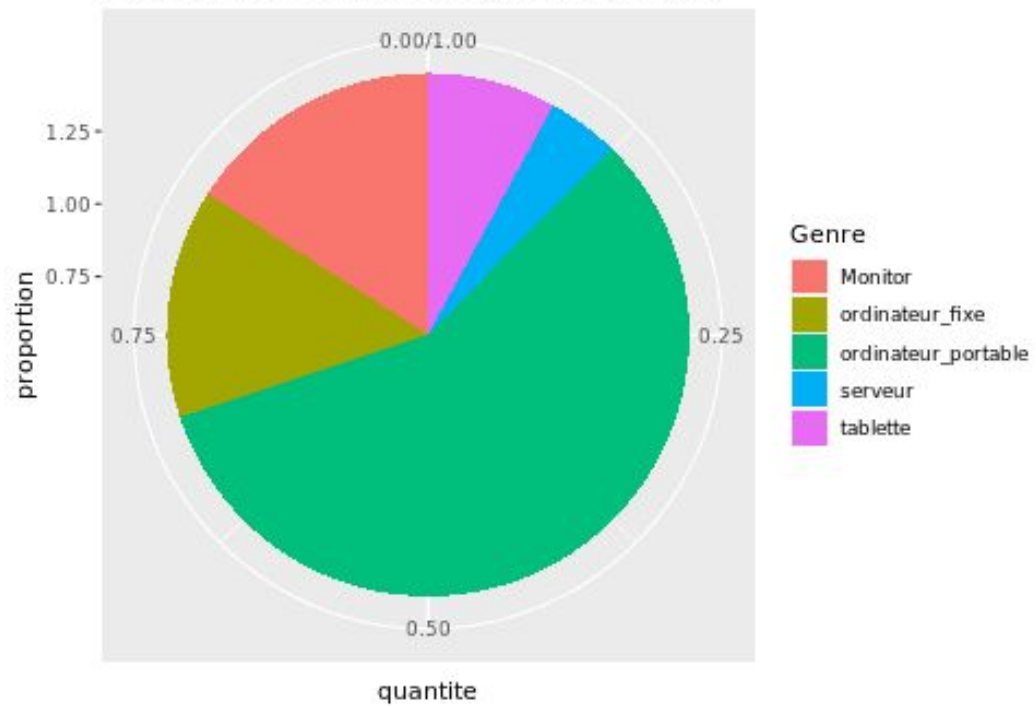
(3)

## Consommation par secteur



(4)

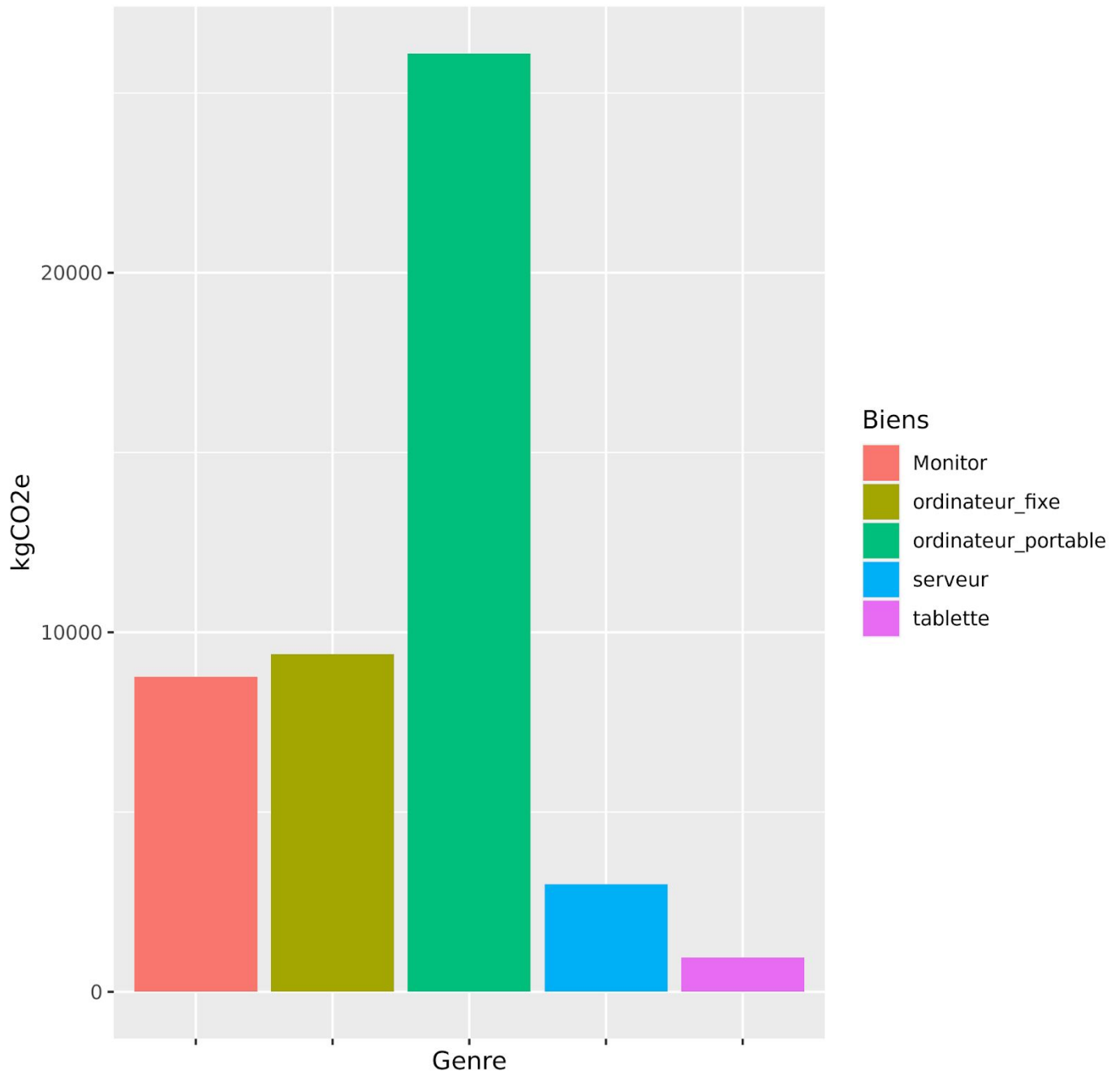
## répartition des achats par type de matériel



(5)



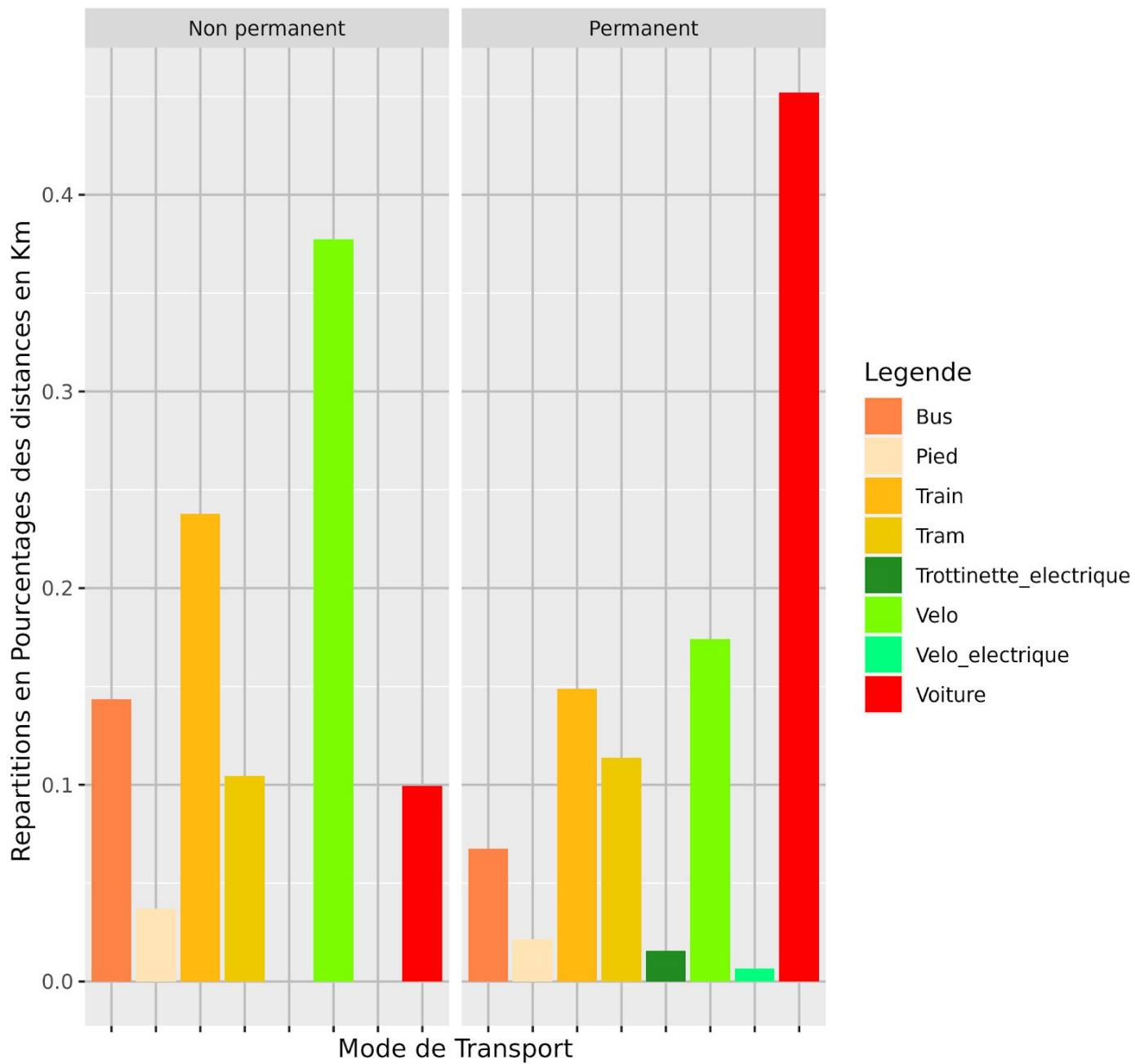
Repartition de kgCO2 en fonction des biens



(6)

## Deplacements Hebdomadaires

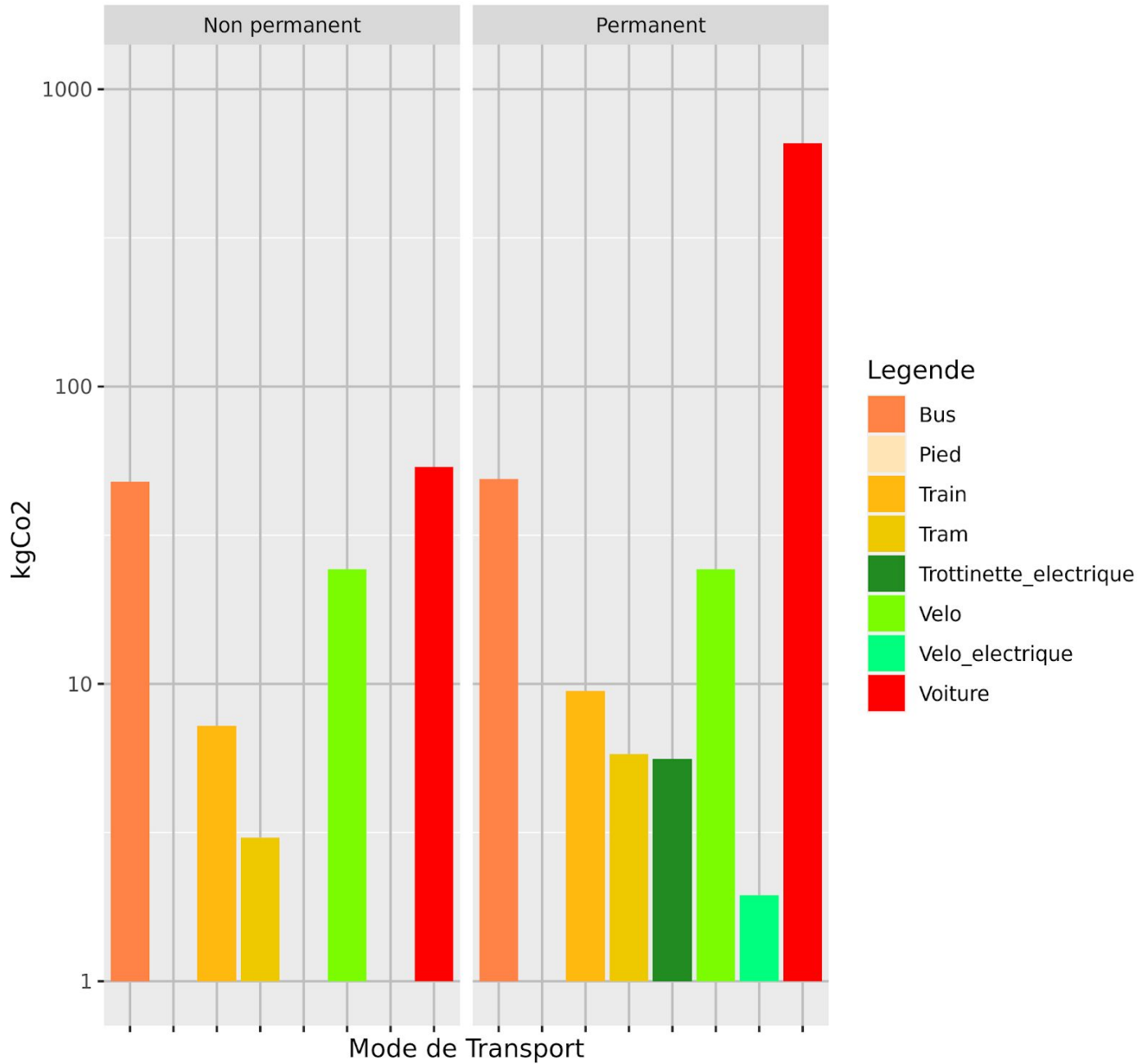
nombre de kilometres total effectues en pourcentage par categorie de postes par m



(9)

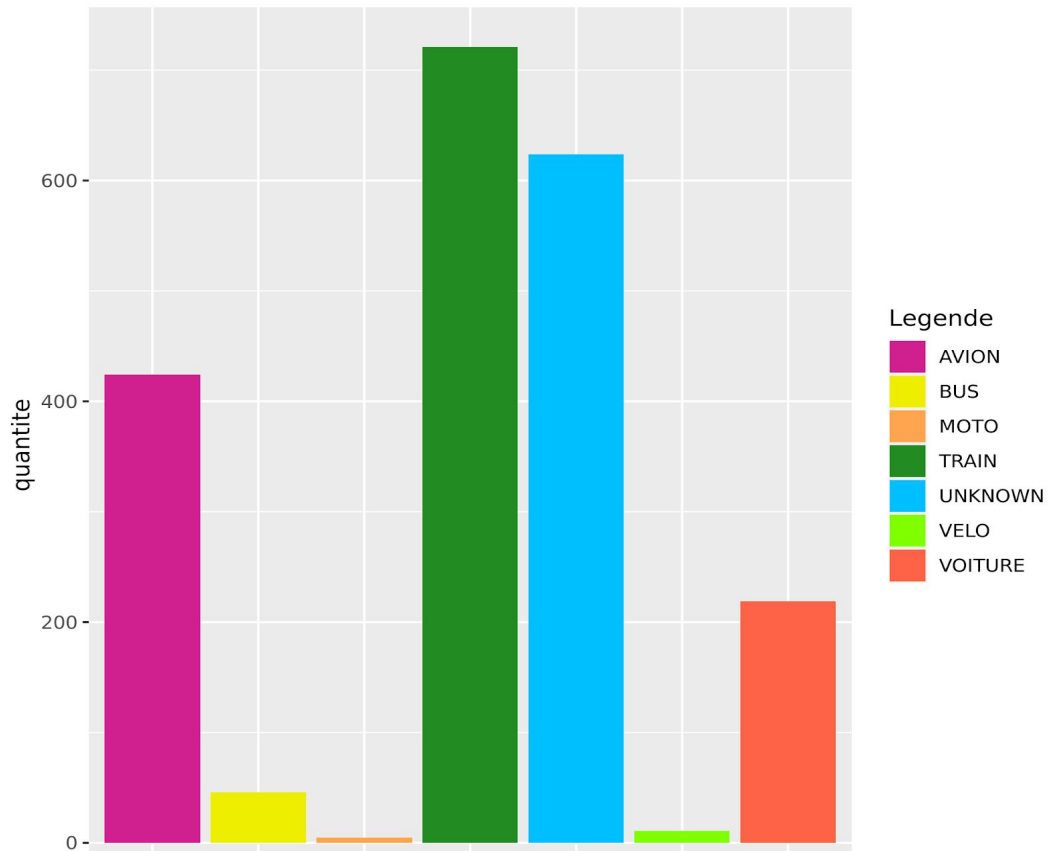
## Deplacements Hebdomadaires

kgCo2 emit par categorie de postes par semaine pour une personne moyenne



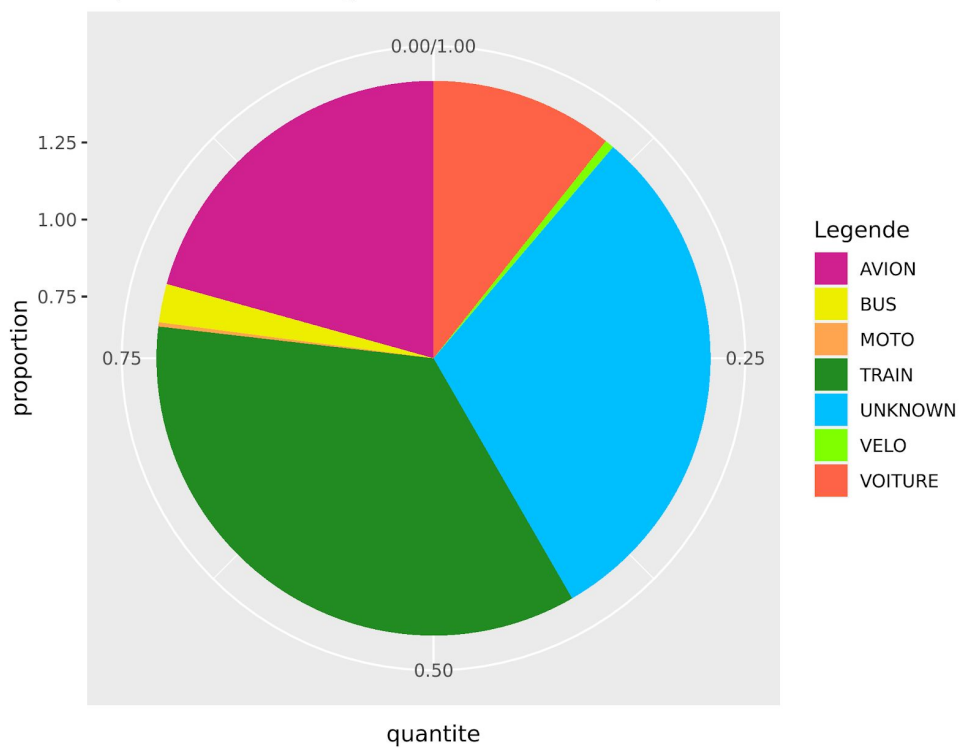
(11)

Nombre de missions par mode de transport

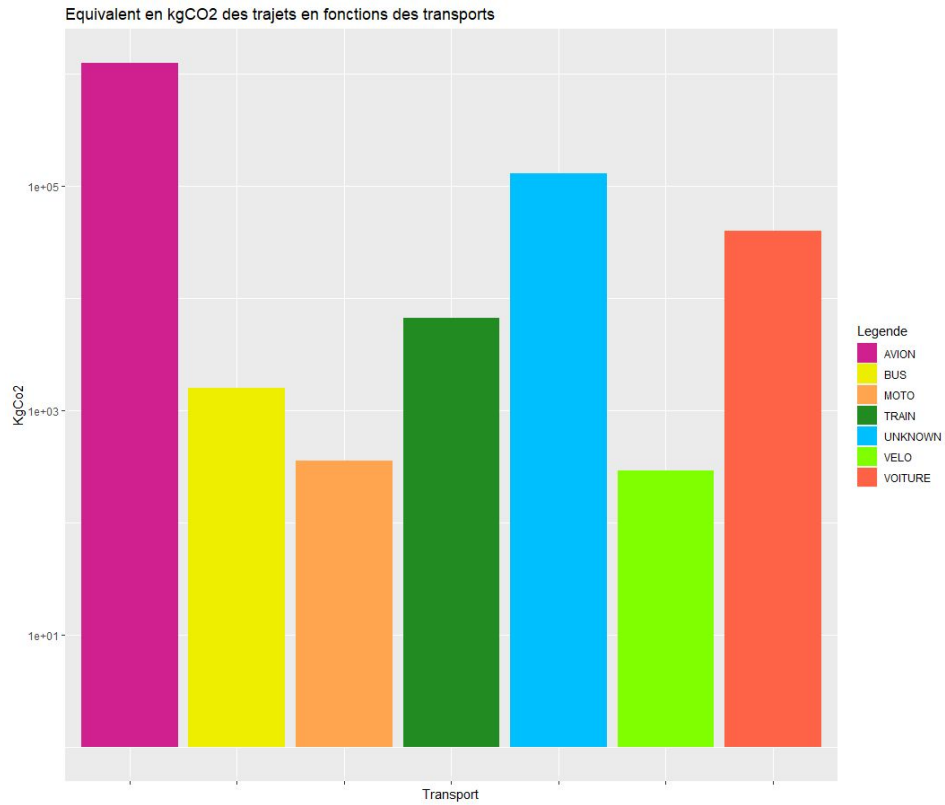


(12)

répartition de l'usage des modes de transport

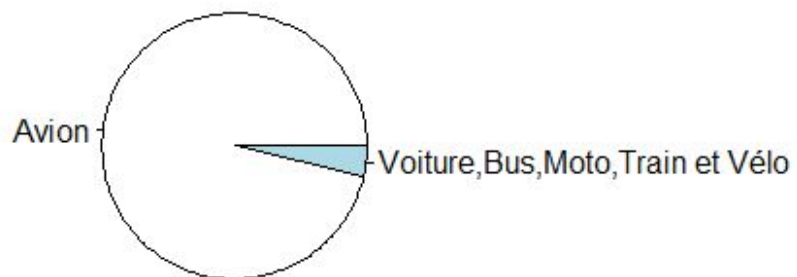


(13)



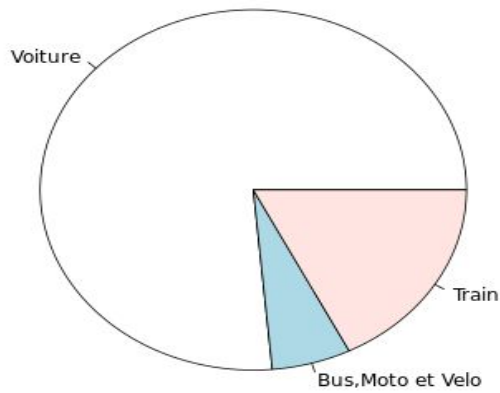
(14)

### Taux de consommation de CO2 par transport(missions)



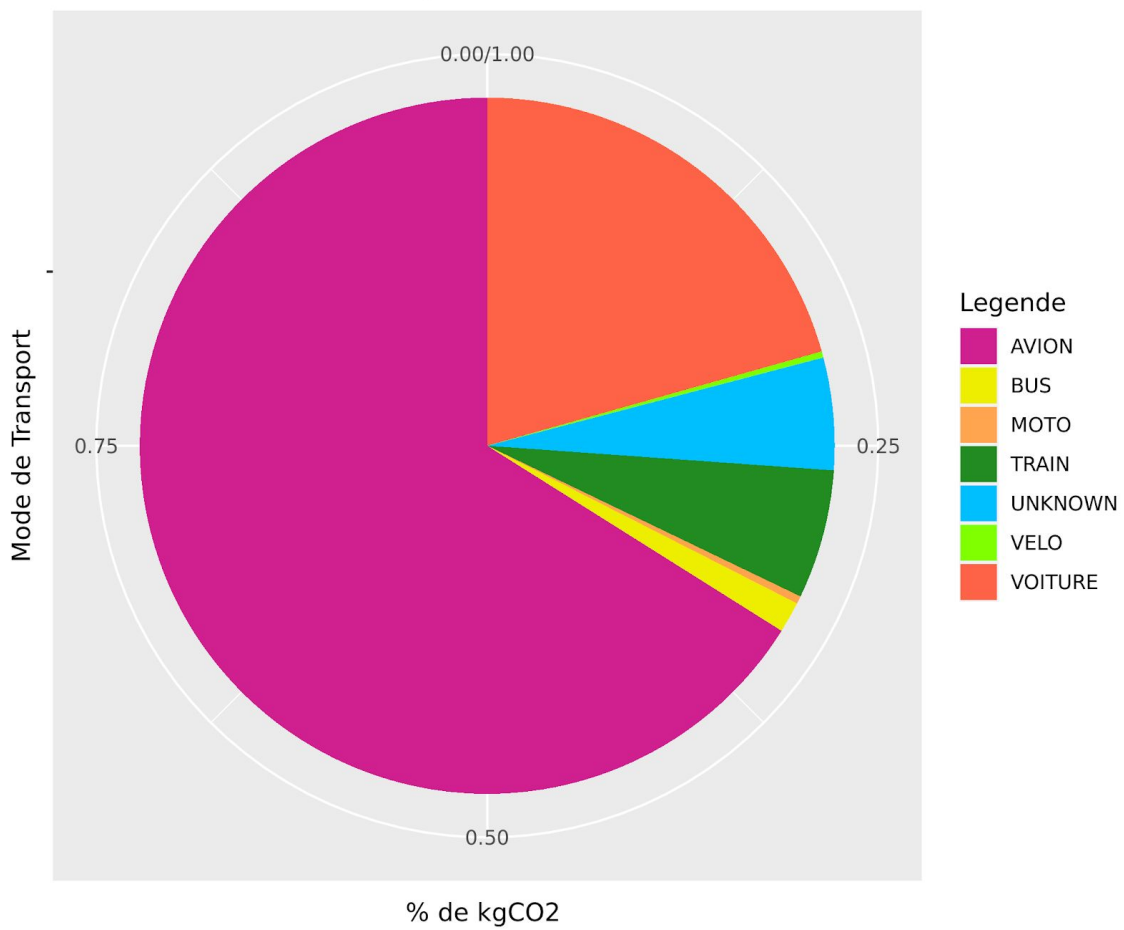
(15)

répartition des émissions équivalente de kgCO2 par transport(missior



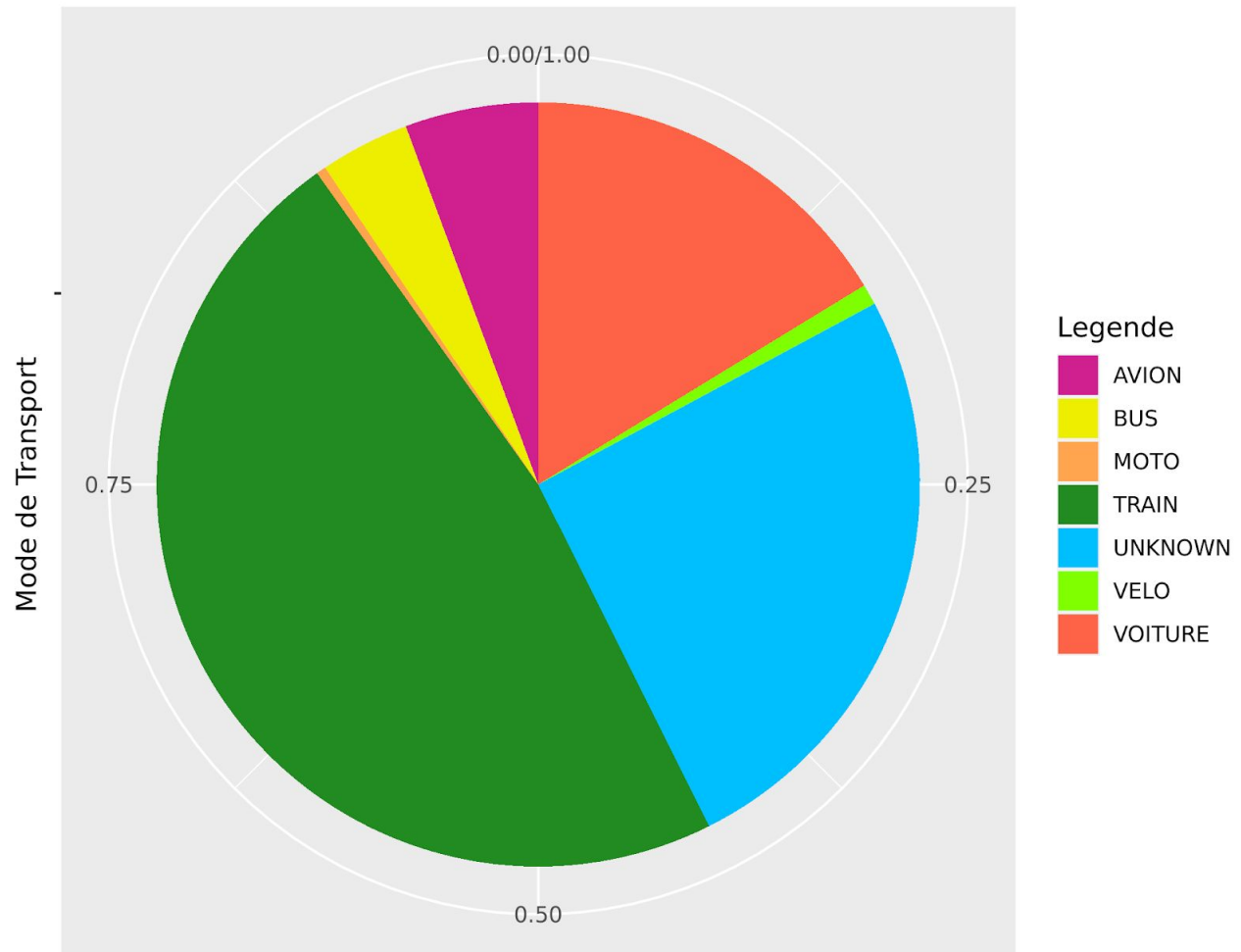
(16)

Repartition en Pourcentages de CO2 des Missions Françaises en fonction du mode de transport



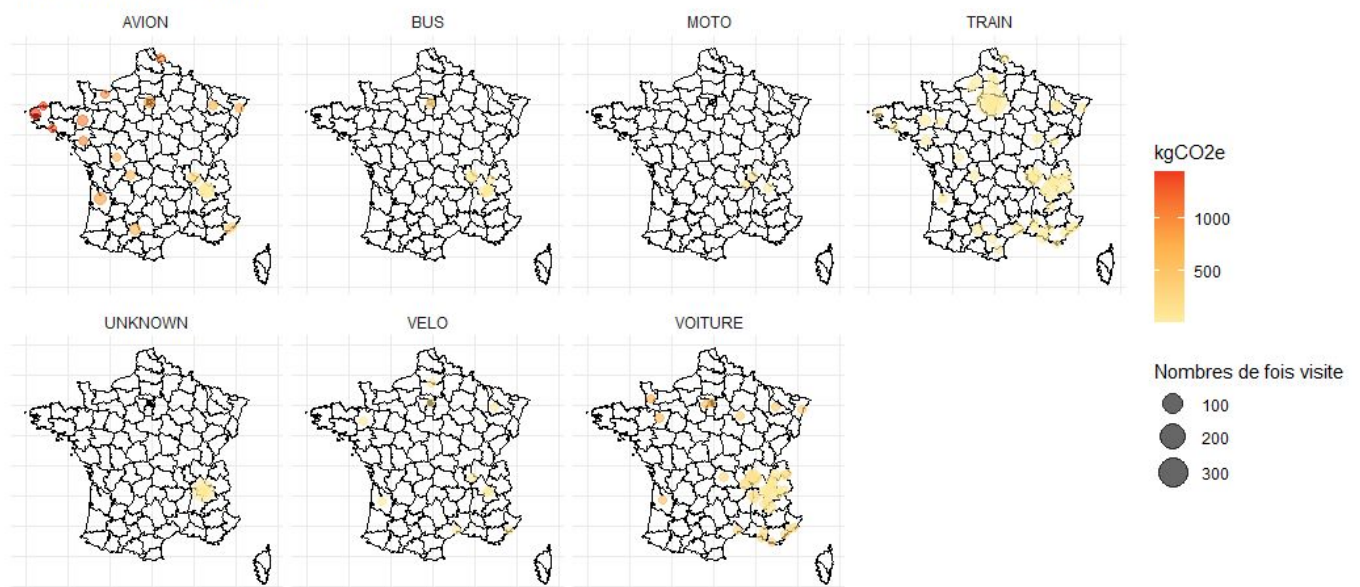
(17)

## Repartition en pourcentages de Kilometres Parcourus des Missions Françaises en fonction du mode de transport



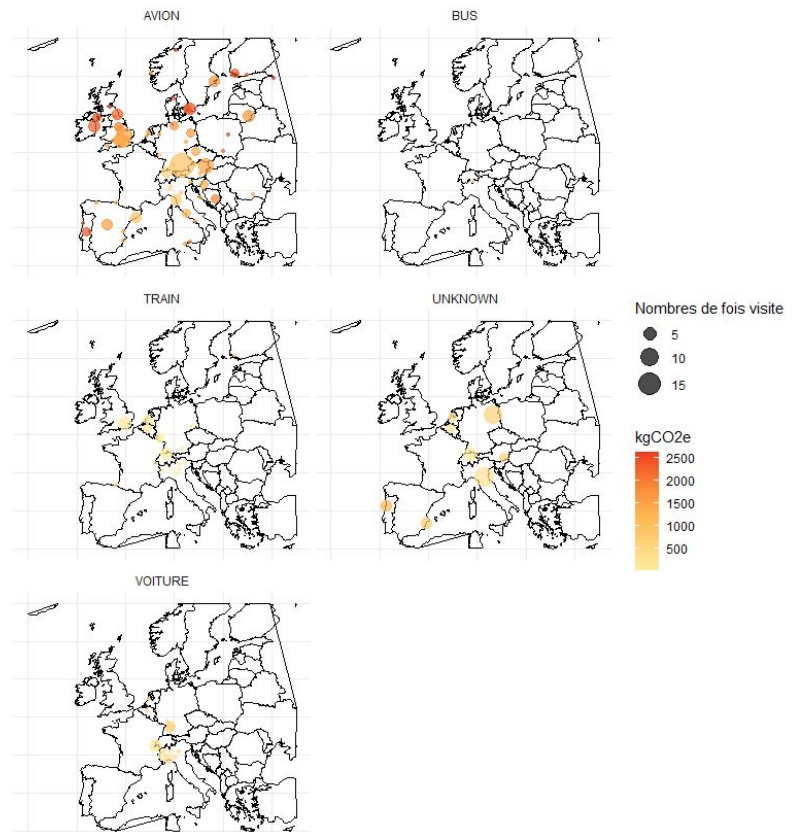
(18)

## Missions Françaises en fonction de Kg CO2 produit



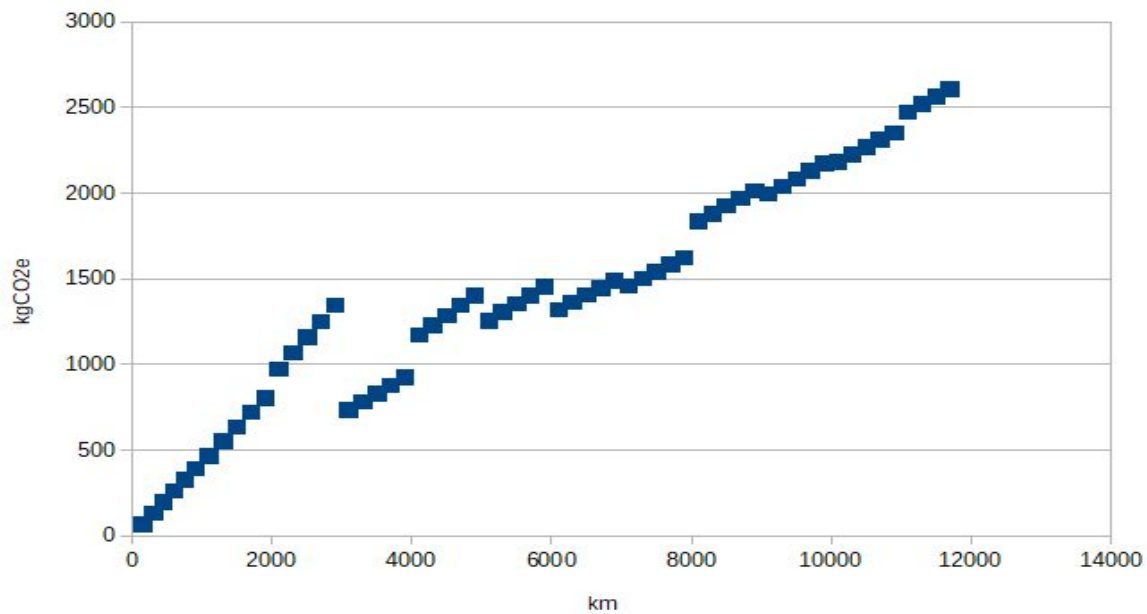
(19)

Missions Europeennes hors France  
en fonction de Kg CO2 produit



(20)

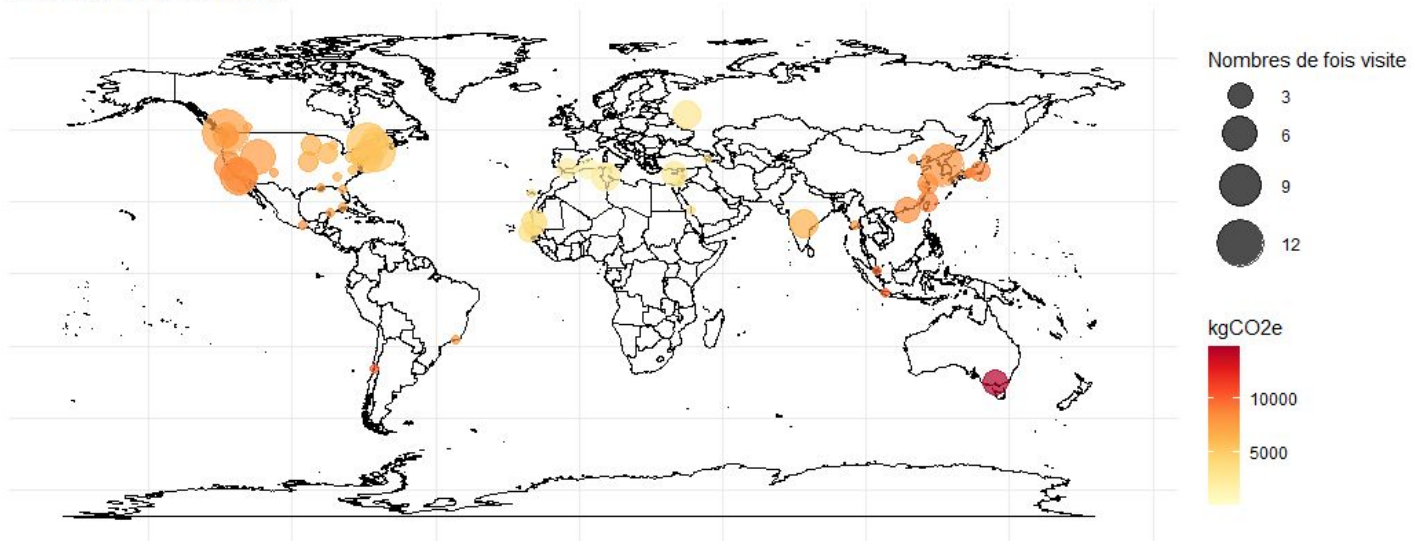
nombre de km parcouru en fonction de l'empreinte carbone des avions



(21)

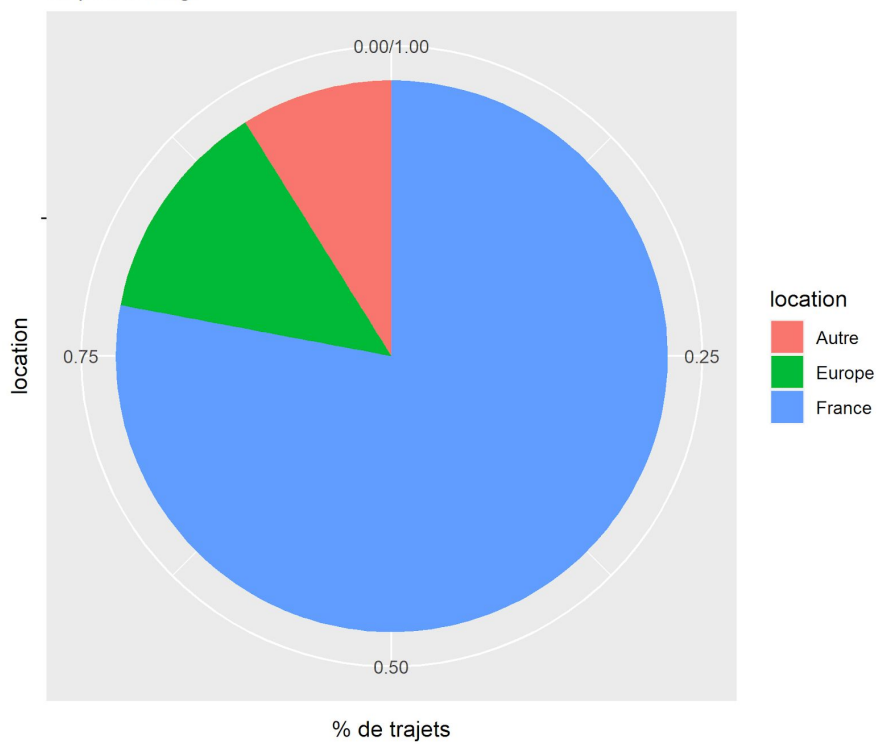


Missions Mondiales hors Europe  
en fonction de Kg CO2 produit



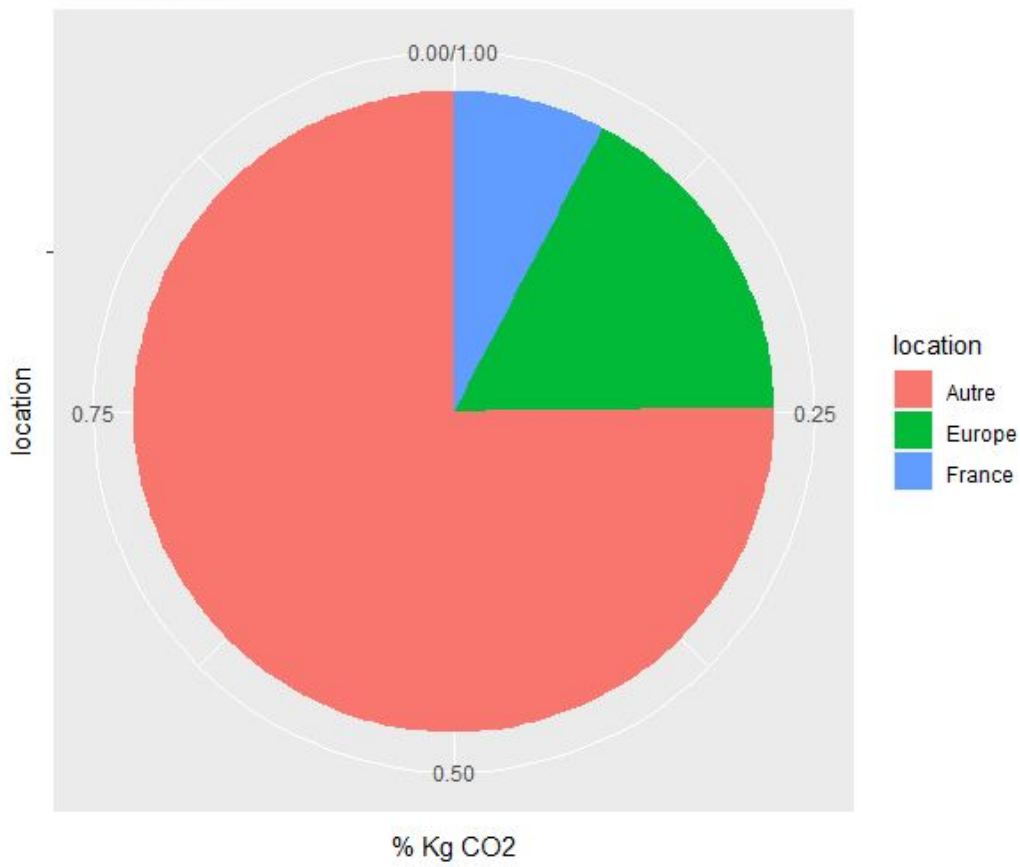
(22)

Mission par Destination  
en pourcentage



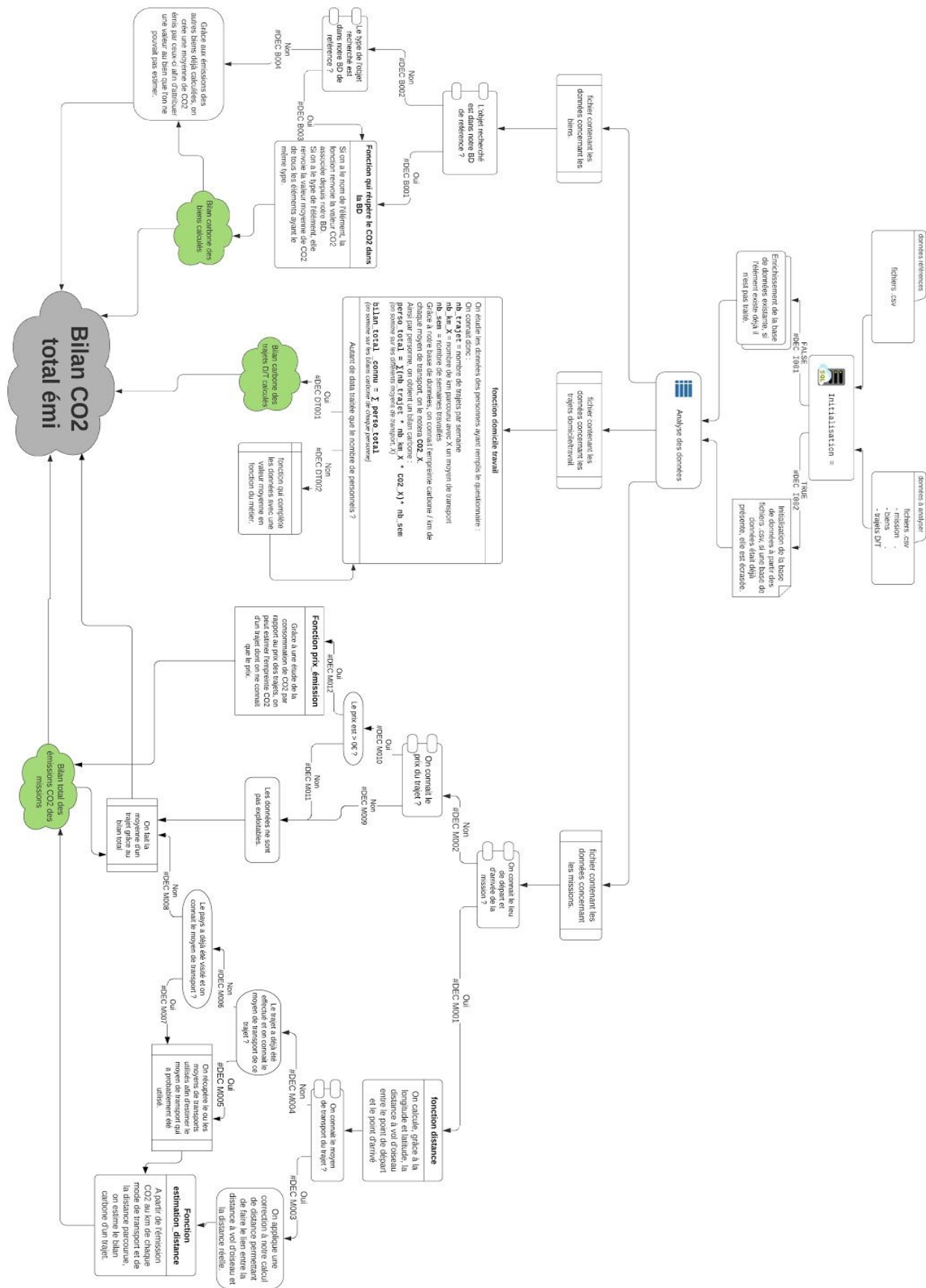
(23)

**Kg Co2 par Destination**  
en pourcentage



(24)

Logigramme représentant le fonctionnement de notre code pour retrouver le bilan CO2 total émi (logigramme)



# CAHIER DES CHARGES

par MI6

## Equivalent carbone

Création d'un outil calculant le bilan carbone du Laboratoire Jean Kuntzmann

Laboratoire de recherche Jean Kuntzmann

Projet MI6 - Mission Carbone

Tuteur : Clovis Galiez

Equipe : Billy Ngaba, Chloé Lacan, Etienne Reat, Gautier Lavis, Kevin McKenna, Naëlia Chesnot.



**LABORATOIRE  
JEAN KUNTZMANN**

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES - INFORMATIQUE

## Sommaire :

<b>Présentation du laboratoire :</b>	<b>2</b>
<b>Présentation du Projet :</b>	<b>2</b>
B. 1. Les objectifs du Projet :	2
B. 2. Les cibles :	3
B. 3. Objectifs quantitatifs :	3
B. 4. Logiciels utilisés :	3
B. 5. Périmètre du projet :	3
<b>Caractéristiques et fonctionnalités :</b>	<b>4</b>
C. 1. Description fonctionnelle	4
C. 2. Entrées/Sorties	4
<b>Planning :</b>	<b>4</b>

## A. Présentation du laboratoire :

### **Présentation du laboratoire**

Le laboratoire Jean Kuntzmann (LJK) est un laboratoire de Mathématiques Appliquées et d'Informatique. Il y a plusieurs domaines de recherche : mathématiques, numérique, informatique graphique, traitement d'images et de vision par ordinateur.

### **Analyse de l'existant**

Nous devons créer un nouvel outil permettant de calculer le bilan carbone du LJK. Cet outil a pour but de servir dans l'analyse de la consommation en CO<sub>2</sub> du laboratoire et de permettre de voir les secteurs très consommateurs, afin de réduire leur bilan carbone, pour respecter l'accord de Paris. Les données manquantes et le manque d'automatisation représentent le frein principal à la création de ce bilan. C'est pourquoi notre projet devra être automatique et retrouver du mieux possible les données.

## B. Présentation du Projet :

### B. 1. Les objectifs du Projet :

L'objectif de ce travail est d'une part de mettre en place des outils de régression à partir des données connues, d'évaluer leur erreur, et d'autre part de l'appliquer aux données de déplacements et d'achats du laboratoire LJK à Grenoble tout en estimant la marge d'erreur la plus faible possible.

### B. 2. Les cibles :

Ce projet a pour but de servir les chercheurs du LJK, leur permettant de réutiliser les données pour une analyse par domaine de consommation de CO<sub>2</sub> (transports, biens). Ce projet pourrait être adapté à d'autres Laboratoires avec de nouvelles données enregistrées (modulables).

### B. 3. Objectifs quantitatifs :

Notre outil devra être efficace en temps afin de gérer beaucoup de données. Pour diminuer leur degré d'incertitude, nous devons augmenter la quantité de l'échantillonnage. De plus, lors du calcul des données manquantes certaines fonctions prennent du temps car il y a des requêtes internet.

### B. 4. Logiciels utilisés :

Notre projet utilisera Spyder (Python 3.7) et Rstudio x64 3.2.4. De plus certaines fonctions demandent un accès internet, l'ordinateur sur lequel sera exécuté le programme devra donc y être connecté.

### B. 5. Périmètre du projet :

Nous estimons uniquement le bilan carbone sur le trajet des missions, les trajets domicile/travail des employés, et des biens achetés par le LJK (matériel informatique, fournitures,...).

Moins nous aurons d'informations, plus l'estimation sera grossière pour évaluer l'empreinte carbone. Par exemple si nous avons la distance du trajet et la puissance du véhicule, nous serons plus précis dans notre estimation que si nous avons seulement la distance.

## C. Caractéristiques et fonctionnalités :

### C. 1. Description fonctionnelle

Notre programme prend un fichier texte brut (.csv), auquel on applique nos fonctions python pour obtenir le modèle régressif. Puis nous l'analyserons sous R pour faire l'évaluation et sortir un graphique afin de visualiser l'empreinte carbone en fonction des domaines avec un intervalle de confiance.

### C. 2. Entrées/Sorties

Cet outil sera constitué de deux parties :

La première permet de retrouver les données manquantes avec un intervalle de confiance.

Entrée : données tabulées donnant les impacts carbone par type de transport, catégorie d'achat...

Sortie : paramètres du modèle régressif et estimation de la variance.

La deuxième partie permet de calculer l'équivalent carbone d'une activité.

Entrée : données tabulées d'activités du LJK (achat ou transport)

Sortie : équivalent carbone estimé avec intervalle de confiance.

## D. Planning :

Le projet se fait sur deux périodes : une semaine du 10 au 18 Décembre, puis trois semaines du 30 mars au 30 avril.

Le projet doit être fonctionnel fin Avril.