

Les coulisses d'un décompte

Du géocodage de codes postaux
aux émissions de GES

Vincent ARNAUD

Pierre-Luc DESSUREAULT

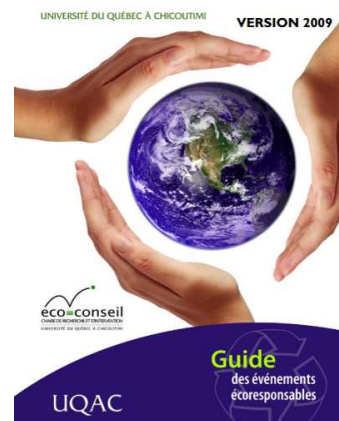


UQAC

Chaire en éco-conseil
Université du Québec à Chicoutimi

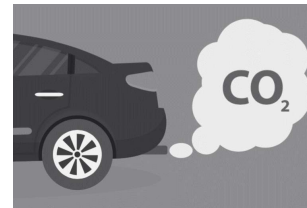
Développement d'un outil de sensibilisation

- Plusieurs partenaires et colloques ont demandé à la **chaire en éco-conseil de l'UQAC** de les aider à réaliser des événements éco-responsables
- L'objectif est d'organiser des événements avec le souci de réduire leurs impacts négatifs et d'augmenter leurs impacts positifs sur l'environnement et la société dans une optique de développement durable.



Problématique de la quantification des GES lors d'un événement

- Une majorité des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'un événement est émise par les déplacements des participants
 - | Autosolo, covoiturage, transport en commun...
- Comment améliorer la quantification des émissions de GES lors du déplacement de participants à un événement ?
- Comment présenter les résultats pour qu'ils soient clairs, simples et qu'ils attirent l'attention des participants ?



3 / 27

Objectifs du projet

- Comment et pourquoi utiliser la distance routière et non plus la distance à vol d'oiseau pour estimer les émissions de GES des véhicules ?
- Développer un outil de visualisation (*dashboard*) des estimations d'émissions de GES liées au déplacement des participants lors d'événements (conférences, colloques...).

4 / 27

Objectif 1 :

Distance routière ou distance à vol d'oiseau pour estimer les émissions de GES des véhicules

5 / 27

Géocodage des codes postaux (1)

- Un échantillon de 4 809 codes postaux, tous en provenance de la région de Québec
- Estimation des coordonnées (latitude / longitude) de chacun de ces codes postaux par l'intermédiaire de données disponibles sur [Google Maps Platform](#)
- Pour extraire ces informations, utilisation de la bibliothèque `googleway` :

David Cooley (2018). *googleway: Accesses Google Maps APIs to Retrieve Data and Plot Maps*. R package version 2.7.1.
<https://CRAN.R-project.org/package=googleway>

```
library(googleway)

for (i in 1 : nrow(database))
{
  requete <- paste(database$codes_postaux[i], "CANADA", sep=" ")
  resultat <- google_geocode(address = requete,
                             key = "ILFAUTVOUSINSCRIRE",
                             simplify = TRUE)
  database$latitude[i] <- as.numeric(resultat$results$geometry$location$lat)
  database$longitude[i] <- as.numeric(resultat$results$geometry$location$lng)
}
```

6 / 27

Géocodage des codes postaux (2)

```
head(database, n=5)
```

	LATITUDE	LONGITUDE
2	46.80811	-71.21527
3	46.80823	-71.21207
4	46.80873	-71.21547
5	46.80873	-71.21547
6	46.80873	-71.21383

Deux difficultés principales :

- les conditions d'accès imposées par [Google Maps Platform](#)
- une densité différentes de codes postaux entre les zones rurales et les zones urbaines

7 / 27

Exemple de cartographie de base (1)

Bibliothèques utilisées

```
library(ggmap)
```

Création d'une zone de coordonnées

Marge de 0,2 au-delà des coordonnées extrêmes présentes dans la base de données

```
bbox <- make_bbox(lat=LATITUDE, lon=LONGITUDE, data=database, f=0.2)
```

	x
left	-71.37010
bottom	46.75025
right	-71.12144
top	46.98745

8 / 27

Exemple de cartographie de base (2)

Construction du fond de carte

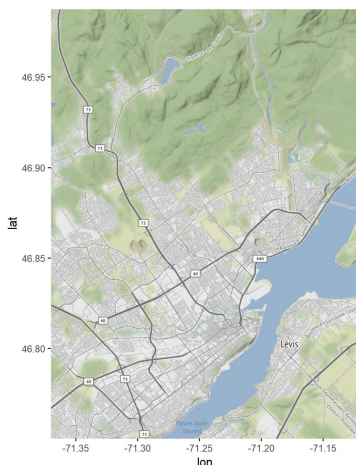
- Téléchargement de tuiles incluses dans les limites de la *bouding box* depuis le site [Stamen Maps](#) à l'aide de la fonction `get_stamenmap()`
- Différents fonds de carte disponibles en modifiant l'argument `maptype`. Selon le niveau de zoom utilisé, on peut être rapidement amené à télécharger plusieurs milliers de tuiles

```
terrain <- get_stamenmap(c(bbox),  
  zoom=12,  
  maptype="terrain")  
toner <- get_stamenmap(c(bbox),  
  zoom=12,  
  maptype="toner-background")
```

9 / 27

Exemple de cartographie de base (3)

```
ggmap(terrain)
```



```
ggmap(toner)
```

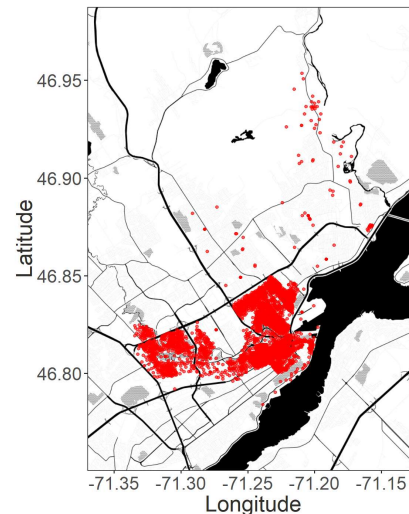


10 / 27

Exemple de cartographie de base (4)

Enrichissement du fond de carte avec les commandes de la bibliothèque `ggplot`

```
toner2 <- ggmap(toner) +  
  geom_point(aes(x=LONGITUDE, y=LATITUDE),  
            data=database,  
            fill=NA,  
            color="red",  
            size=1,  
            alpha=0.6) +  
  labs(x="Longitude", y="Latitude")
```



11 / 27

Calcul des distances entre chaque code postal et l'UQAC (1)

L'UQAC a été géolocalisée avec les coordonnées suivantes :

latitude : 48,4192 ; longitude :-71,0502722

Trois types de distance ont été calculées :

- la distance du grand cercle, fondée sur la formule de Haversine, qui permet de calculer la distance entre deux points d'une sphère à partir de leurs longitudes et latitudes respectives
- la formule de Vicenty qui permet de calculer la distance entre deux points à la surface d'un sphéroïde
- la distance routière a été estimée par l'intermédiaire des itinéraires proposés par *Google Maps Platform*

12 / 27

Calcul des distances entre chaque code postal et l'UQAC (2)

Pour le calcul des formules de Haversine et de Vicenty, utilisation de la bibliothèque `geosphere` :

Robert J. Hijmans (2017). *geosphere: Spherical Trigonometry*. R package version 1.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=geosphere>

```
library(geosphere)

coord.uqac <- c(-71.0502722, 48.4192)
coord.depart <- matrix(c(database$longitude,
                        database$latitude),
                      ncol=2)
database$distance.cercle <- distm(coord.depart,
                                  coord.uqac,
                                  fun=distHaversine)/1000
database$distance.vinc <- distm(coord.depart,
                                coord.uqac,
                                fun=distVincentyEllipsoid)/1000
```

13 / 27

Calcul des distances entre chaque code postal et l'UQAC (3)

Aggrégation des estimations des distances routières proposées par *Google Maps Platform* dans une base de données, utilisation de la bibliothèque `googleway`

```
library(googleway)

coords.uqac2 <- c(48.4192, -71.0502722)
coord.depart <- matrix(c(database$latitude, database$longitude), ncol=2)

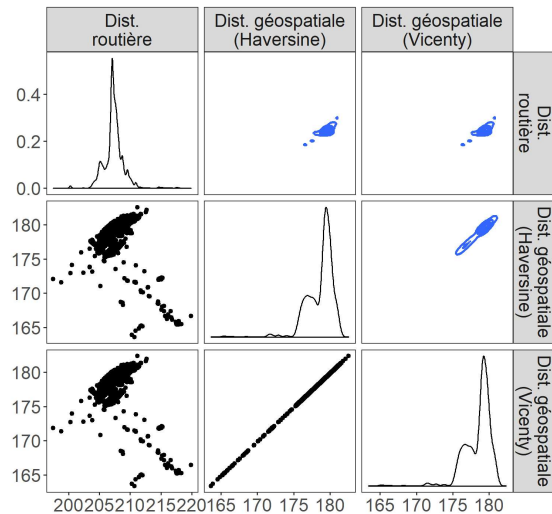
for(i in 1:nrow(database))
{
  requete <- google_directions(origin=paste(coord.depart[i,1], coord.depart[i,2], sep=" "),
                              destination=paste(coords.uqac2[1], coords.uqac2[2], sep=" "),
                              mode="driving",
                              key="ILFAUTVOUSINSCRIRE")

  database$distance.google[i] <- as.numeric(requete$routes$legs[[1]]$distance[,2]/1000)
}
```

14 / 27

Comparaison des distances (1)

```
corr <- ggpairs(database
[,c("distance.google",
    "distance.cercle",
    "distance.vinc")],
upper=list(continuous=wrap("density",
    size=1)),
columnLabels =
c("Dist.\nroutière",
  "Dist. géospatiale\n(Haversine)",
  "Dist. géospatiale\n(Vicenty)") +
theme(text=element_text(size=16,
  family="serif"))
```



15 / 27

Comparaison des distances (2)

Les distances géospatiales et routières ne présentent pas une distribution normale

La force de l'association entre ces distances est estimée par une corrélation de Spearman :

- entre la distance du grand cercle et la distance routière : $\rho=0,559$, $p<0,0001$
- entre la distance de Vicenty et la distance routière : $\rho=0,559$, $p<0,0001$
- entre la distance de Vicenty et la distance du grand cercle : $\rho=0,999$, $p<0,0001$

Ces corrélations sont toutes significatives, mais les deux distances géospatiales restent plus faiblement corrélées aux estimations des distances routières proposées par *Google Maps Platform*

16 / 27

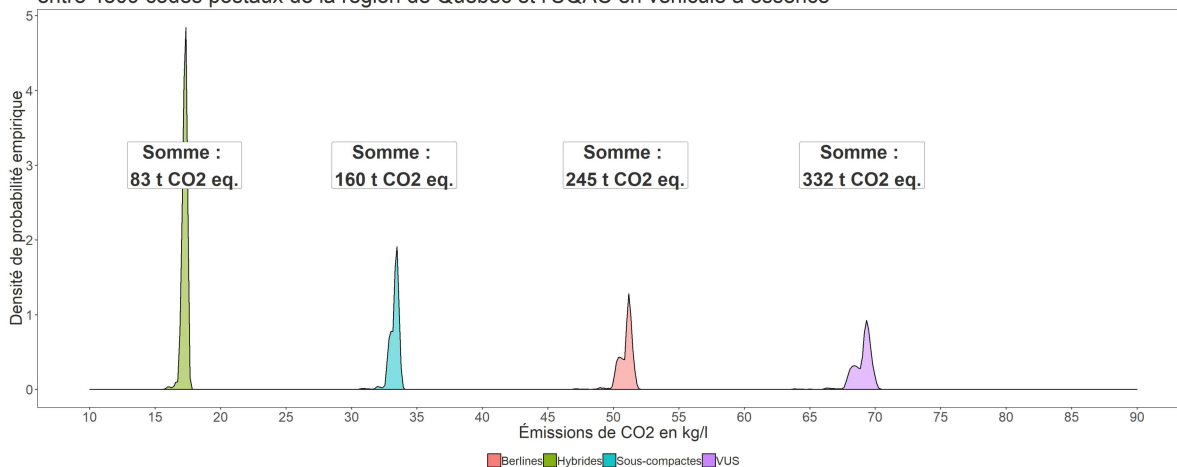
Estimations des émissions des GES

- 2,302 kg CO₂ équivalent émis par litre d'essence (source : [FAQDD, 2013](#))
- Consommation d'essence par type de voiture (source : [Carbone Boréal](#))
 - Voitures hybrides : 0,042 l / km
 - Voitures sous-compactes : 0,081 l / km
 - Berlines : 0,124 l / km
 - VUS : 0,168 l / km
- Les véhicules diesel ne sont pas considérés dans cette modélisation

17 / 27

Résultats (1)

Émissions de CO₂ en fonction de la distance géospatiale (Formule de Vincenty)
entre 4809 codes postaux de la région de Québec et l'UQAC en véhicule à essence

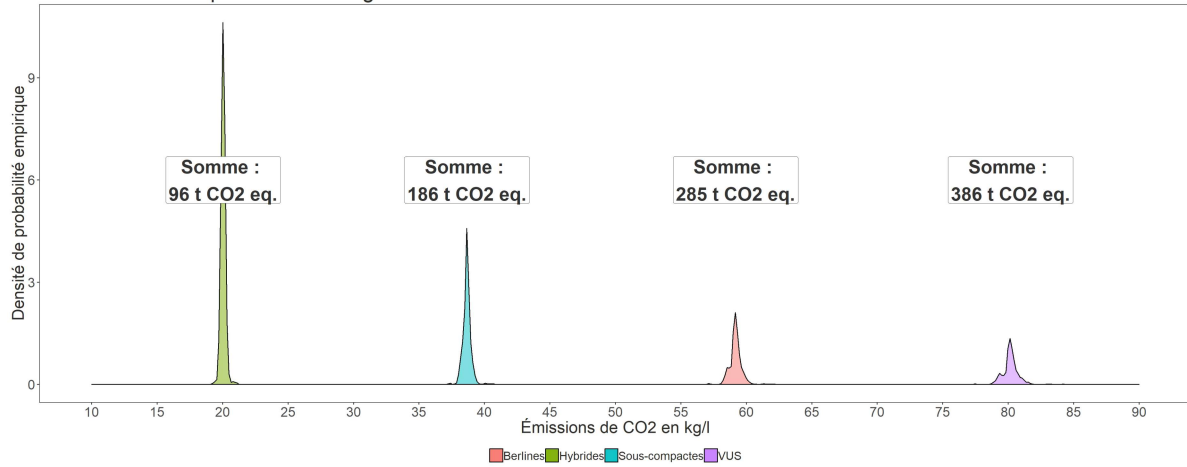


Sources : FAQDD (2013), Carbone Boréal

18 / 27

Résultats (2)

Émissions de CO₂ en fonction de la distance routière (estimations Google Maps Platform)
entre 4809 codes postaux de la région de Québec et l'UQAC en véhicule à essence



19 / 27

Interprétation préliminaire

L'utilisation de la distance géospatiale sous-estime les émissions de GES en tonnes CO₂ équivalent, toutes classes de véhicules confondues

20 / 27

Objectif 2 :

Un outil de visualisation (*dashboard*) des estimations d'émissions de gaz à effet de serre (GES)

21 / 27

Choix d'un outil graphique

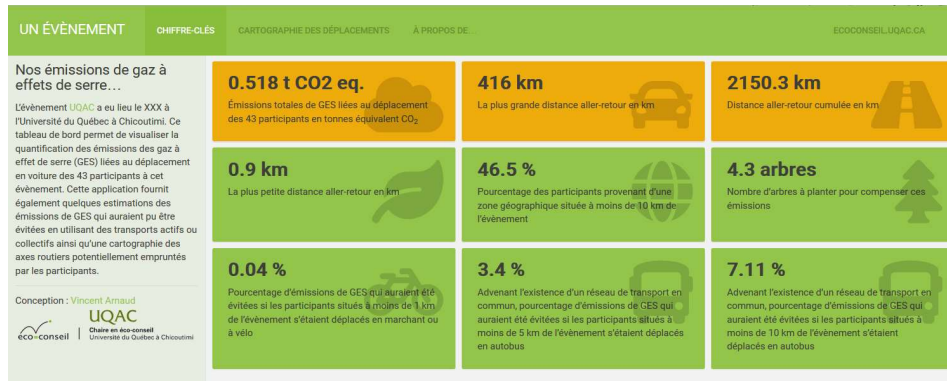
- Comment présenter et rendre significantes des données chiffrées d'émissions de GES à des non-spécialistes ?
- Utilisation de techniques de visualisation de données (*Dataviz*)
- Création d'un dashboard au format R Markdown avec la bibliothèque `flexdashboard` :

Richard Iannone, JJ Allaire and Barbara Borges (2018). *flexdashboard: R Markdown Format for Flexible Dashboards*. R package version 0.5.1.1. <https://CRAN.R-project.org/package=flexdashboard>

22 / 27

Choix des informations présentées (1)

- Les chiffres-clés (émissions totales de GES liées au déplacement en tonnes de CO₂ équivalent, nombre d'arbres à planter pour compenser les émissions de GES liées aux transports...)
- Des projections visant à la sensibilité des acteurs (pourcentage d'émissions de GES qui auraient été évitées si les participants situés à moins de 5 km de l'évènement s'étaient déplacés en autobus...)

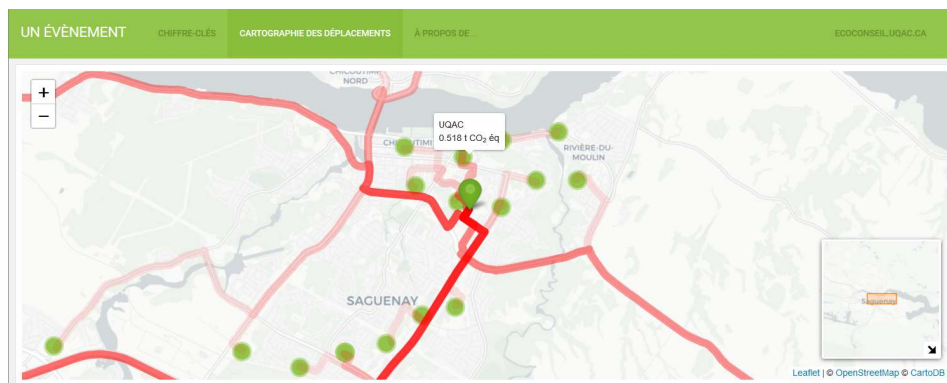


23 / 27

Choix des informations présentées (2)

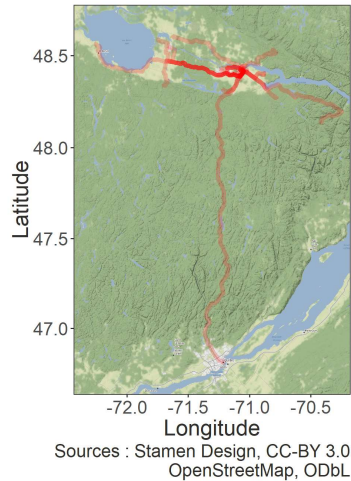
- Intégration d'une carte dynamique des itinéraires routiers proposés par *Google Maps Platform*
- Utilisation de la bibliothèque Javascript *Leaflet* :

Joe Cheng, Bhaskar Karambelkar and Yihui Xie (2018). *leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library*. R package version 2.0.2. <https://CRAN.R-project.org/package=leaflet>



24 / 27

Les itinéraires



- Chaque itinéraire est stocké dans un objet `DirectionsStep` duquel on extrait une succession de coordonnées caractérisant chaque itinéraire
- Nécessité de transformer cette suite de points en un objet `SpatialLines` compatible avec `leaflet`
- Utilisation d'une fonction créée par Kyle Walker (2015) : https://rpubs.com/walkerke/points_to_line

25 / 27

Limitations

- Cette modélisation préliminaire ne repose que sur un seul mode de transport, mais il est aussi possible de modéliser des déplacements en fonction de quatre modes de transport différents (véhicule, train, avion, vélo, piéton)
- Ces modélisations ne tiennent, par exemple, pas compte des effets des changements d'altitude, de la vitesse ou du type de routes (autoroute, réseau urbain...) sur les émissions de GES
- La qualité des modélisations dépend des déclarations des usagers et du détail des informations disponibles (contraintes éthiques)

26 / 27

Merci à tous !

Adresses de contact

- vincent_arnaud@uqac.ca
- pierre-luc_dessureault@uqac.ca

Merci à Luciano Rodrigues Viana pour ces précieux conseils et nos interminables discussions...

