

Méthodes de calculs des émissions de CO2 et autres impacts sur l'effet de serre des transports

1 INTRODUCTION

En 2022, le secteur des transports en France a généré 130,5 millions de tonnes de CO2 équivalent (MtCO2eq), représentant 32 % des émissions nationales de gaz à effet de serre (GES). Cette empreinte carbone provient principalement de l'utilisation de carburants fossiles dans les trains, voitures et avions.

Qu'est-ce que l'empreinte carbone ?

L'empreinte carbone est un indicateur, exprimé en CO2 équivalent (CO2e) ou en tonnes de CO2 équivalent (tCO2eq), qui mesure la quantité de GES émise par une activité et son impact environnemental. Elle peut être évaluée pour un pays, une entreprise, un individu, ou un secteur d'activité spécifique, tel que le transport ou l'aviation.

Calculer l'empreinte carbone d'un produit ou d'un mode de transport permet d'identifier les sources principales d'émissions de GES et de mettre en place des actions pour les réduire. Cette démarche contribue aux objectifs de neutralité carbone de la France.

2 LA METHODOLOGIE PAR MOYEN DE TRANSPORTS

2.1 AVION

2.1.1 Paramètres

- Distance (le décollage est très polluant, de plus cela influe aussi sur la hauteur de vol) ;
- Taux d'occupation ;
- Taille de l'avion ;
- Trainée de condensation ;
- Siège économie, business, 1^{ère} classe.

2.1.2 Méthodo

La fabrication de l'avion et les infrastructures liées à son fonctionnement (aéroport ...) ne sont pas prises en compte dans les calculs suivants. Le choix a été fait de seulement prendre en compte les émissions directes de polluants.

Parmi les paramètres cités dans le paragraphe précédent, les deux principaux sont la distance et les émissions liées aux rejets de polluants autre que le CO₂ (trainée de condensation...).

On prendra comme hypothèse de remplissage une moyenne en fonction du type de vol.

La taille de l'avion dépend principalement de la distance parcourue. En effet, les gros avions parcourent de longues distances tandis que les petits avions sont adaptés pour des trajets courts.

Le type de siège réservés a un impact sur le prix du billet ainsi que sur l'espace disponible pour chaque personne. En effet, si tout le monde voyage en première classe dans un avion, le nombre de passages de cet avion diminue, et donc les émissions de polluants rapportées à un passager augmentent. Cependant, dans ce cadre-là, il sera considéré que le trajet est effectué en siège économie, ce qui représente la majeure partie des billets.

L'ADEME a chiffré l'impact CO₂ de l'avion en fonction uniquement de la distance parcourue, ces chiffres sont recensés dans le tableau suivant :

Distance	500-1000km	1000-3500km	+3500km
Emissions en gCO ₂ e/km/passager	126	97.7	83.06

Source : <https://greenly.earth/fr-fr/blog/actualites-ecologie/empreinte-carbone-vol-en-avion>

Les émissions de CO₂ émises par un trajet en avion sont des moyennes (on prend les émissions totales de l'aviation, on les divise par le nombre de passagers et les km parcourus). Mais si votre avion est quasiment vide, les émissions rapportées à un passager seront bien plus élevées ! Cependant, cela permet une première approche de l'impact sur le climat d'un vol en avion.

Mais il existe un autre coupable de l'empreinte carbone de vos trajets en avion : les traînées de condensation. Cette vapeur d'eau produite par les moteurs des avions forme des nuages qui contribuent au réchauffement de la surface terrestre, en redirigeant le rayonnement qu'ils absorbent vers le sol, et non pas dans l'espace.

Ces traînées de condensation ont un impact important sur le climat, qui est aujourd'hui encore difficile à évaluer. Cet impact peut être estimé de manière très simplifiée à l'aide d'un chiffre multiplicateur. D'après les données du rapport du GIEC de 1999, on estime ce coefficient multiplicateur à 2. D'après les études les plus récentes, ce coefficient serait de l'ordre de 3.

Source : <file:///C:/Users/koosh/Desktop/Base-Carbone-Documentation-generale-v23-4.pdf>

2.1.3 Conclusion

La distance ainsi que le coefficient de traînées de condensation sont saisies en entrée.

En fonction de la distance rentrée, on prend la valeur d'émissions moyennes de gCO₂e /km /passager, qu'on multiplie par le coefficient multiplicateur choisi.

2.2 TRAIN

2.2.1 Paramètres

- Type de train (TGV, TER, train de nuit) ;
- Carburant (qui dépend en fait du type de train, et de la compagnie ferroviaire) ;
- Mix énergétique du pays de circulation (si le train roule à l'électricité) ;
- Taux d'occupation du train.

2.2.2 Méthodo

Les émissions associées aux trajets en train dépendent principalement du pays dans lequel celui-ci circule puisque chaque pays a un fonctionnement différent pour les transports ferroviaires. Par exemple, en France le train émet très peu de CO₂ puisqu'ils fonctionnent à l'électricité et que le mix énergétique français est très peu polluant (grâce à un taux élevé d'énergie provenant du nucléaire).

Cependant, en Allemagne, avec un mix énergétique beaucoup plus carboné, l'impact sera bien plus élevé.

Dans le cas de la France, en prenant un taux d'occupation moyen d'un train, les valeurs suivantes d'émissions de CO₂e par km par passager sont déterminées par le groupe SNCF :

Type de train	TGV	Intercités	Train et RER IDF	TER
Emissions en gCO ₂ e/km/passager	2	4.9	4.9	19.4

Source : <https://www.groupe-sncf.com/fr/engagements/developpement-durable/preserver-planete/calcul-empreinte-carbone>

De la même manière que pour l'avion, ces valeurs sont déterminées en prenant le total des émissions de CO₂eq émis par un type de train sur une année et en divisant par le nombre de passagers et la distance parcourue.

Cela permet de prendre en compte un taux de remplissage moyen.

Les autres compagnies ferroviaires recherchées ne permettent pas d'obtenir autant de précision quant aux émissions de CO₂. Elles semblent cependant être du même ordre de grandeur que la SNCF. Pour l'instant les mêmes valeurs sont donc retenues.

2.2.3 Conclusion

La distance, le type de train, et le pays de la compagnie ferroviaire sont les valeurs d'entrée.

Les valeurs moyennes sont prises en fonction du type de train et du pays dans lequel il circule.

2.3 VOITURE

2.3.1 Paramètres

- Type de moteur (Diesel, Hybride, Essence ou Electrique) ;
- Nombre de passager ;
- Taille de la voiture (influe sur la consommation d'essence, et sur l'impact à la construction) ;

- Mix énergétique du pays de circulation (dans le cas d'une voiture électrique ou hybride) ;
- Neuve ou occasion ;
- Propriétaire de la voiture ;
- Type de conduite (une éco-conduite sera plus économe en carburant qu'une conduite nerveuse).

2.3.2 Méthodo

Une voiture avec un moteur diesel émet moins de CO₂ qu'une voiture avec un moteur essence (20% de moins environ, grâce à une meilleure efficacité du moteur). Cependant, d'autres polluants sont émis comme les particules fines (PM₁₀, PM_{2.5}, NoX) par le moteur diesel. Ces polluants ont très peu d'impacts sur le climat mais ont un fort impact sur la santé des citadins ! Il est important de noter que dans ces calculs-là, seulement les gaz à effets de serre sont pris en compte.

Source : <https://youmatter.world/fr/categorie-economie-business/diesel-essence-pollution-co2-particules-fines/>

Pour chaque catégorie de voiture, un modèle de voiture type (par exemple une Renault Twingo 3 pour les voitures citadines avec moteur essence) sera choisi et les valeurs d'émissions de CO₂ en seront listés suivant le test WLTP (test officiel de conduite pour évaluer les consommations des voitures récentes). Un coefficient 1.2 sera appliqué pour prendre en compte les conditions réelles de fonctionnement (climatisation, chauffage, vent, température, conduite « nerveuse »...).

Catégorie	Petite	Moyenne	Grande	Petite	Moyenne	Grande
Motorisation	Essence/Diesel	Essence/Diesel	Essence/Diesel	Electrique	Electrique	Electrique
Modèle type	Renault Twingo 3	Renault Mégane 4	Renault Espace 5	BMW i3	Peugeot e-208	Audi Q8 Sportback e-tron
Emissions de CO ₂ ou consommation d'électricité (WLTP)	104gCO ₂ e/km	134gCO ₂ /km	152gCO ₂ /km	14 kwh/100km	20 kwh/100km	22 kwh/100km

Sources : https://fr.wikipedia.org/wiki/Renault_Twingo_III ;

https://fr.wikipedia.org/wiki/Renault_M%C3%A9gane_IV ;

https://fr.wikipedia.org/wiki/Renault_Espace_V ;

<https://www.audi.fr/fr/web/fr/univers-audi-electrique/autonomie-et-recharge.html> ;

Une courbe d'ancienneté des consommations de carburant des voitures permet ensuite d'appliquer un nouveau coefficient : plus la voiture est ancienne, plus elle consomme :

Année	1990	2000	2010	2015	2022
-------	------	------	------	------	------

Consommation d'essence (L/100km)	8.7	8.1	7.8	7.3	6.8
Coefficient /2022	1.28	1.19	1.15	1.07	1

Source : <https://fr.statista.com/statistiques/486554/consommation-de-carburant-moyenne-voiture-france/>

En fonction de l'environnement où la voiture roule (autoroute, routes mixtes ou en ville), les émissions ne sont pas les mêmes. Rouler en ville nécessite beaucoup d'arrêts et de redémarrages (feux, stops...) qui sont très polluants !

Un nouveau coefficient est donc appliqué :

Environnement	Ville	Routes mixtes	Autoroute
Coefficient	1.15	1	0.85

Pour la voiture électrique, certaines précisions sont nécessaires.

En 2023, les émissions spécifiques de carbone pour la production d'électricité en France s'établissent à 11 g/kWh.

Source : <https://www.edf.fr/groupe-edf/produire-une-energie-respectueuse-du-climat>

De plus, il est important de noter que la production de la voiture et son recyclage en fin de vie ne sont pas pris en compte dans ces calculs. Cependant, ces postes d'émissions sont plus importants pour une voiture électrique que pour une voiture à moteur essence ou diesel. Mais même en prenant en compte la production et le recyclage de la voiture, la voiture électrique a un impact sur le climat moins important que la voiture thermique (Voir « Pour aller plus loin » pour des articles sur ce sujet)

2.3.3 Conclusion

Le type de voiture, la taille de celle-ci, son année de sortie, le nombre de passagers et le type de routes sont pris en compte.

En fonction du type de voiture et de sa taille, des valeurs moyennes d'émissions de CO₂e/km /véhicule sont choisies. Cette valeur moyenne est alors divisé par le nombre de passagers pour avoir une approximation des gCO₂e /km /passager. On multiplie ensuite par les coefficients multiplicateurs suivants :

- Type de routes ;
- Année de sortie du véhicule ;
- Coefficient permettant de prendre en compte une conduite dans l'environnement réel par rapport à l'environnement du test WLTP.

Si la voiture est électrique, les valeurs seront transformées de kwh en gCO₂e à l'aide des valeurs moyennes du mix énergétique (en gCO₂e/kwh).

Si la voiture a un moteur diesel, les valeurs du véhicule à essence sont multipliés par 0.8 pour prendre en compte un impact plus faible sur le climat.

2.4 AUTOCAR

2.4.1 Paramètres

- Type de moteur (Diesel, Hybride, Essence ou Electrique) ;
- Nombre de passager.

2.4.2 Méthodo

La méthode la plus simple est de prendre la consommation moyenne d'un bus thermique moyen et de la diviser par le nombre moyen de passager. Ce qui est fait dans le rapport de sustainability de vy.no : <https://www.vy.no/en/the-vy-group/sustainability-and-social-responsibility>

D'après ce rapport, pour un bus thermique, la consommation moyenne est de 27gCO₂e/km/passager (en prenant donc un taux de remplissage moyen). Cette valeur est confirmée par le site de l'ADEME (25gCO₂e/km/passager). Source : <https://impactco2.fr/outils/transport/autocar>

2.4.3 Conclusion

La valeur moyenne de 27gCO₂e/km/passager est retenue pour des calculs simplifiés. Cela permet aussi à l'utilisateur de ne pas remplir des paramètres complexes à estimer comme le nombre de passager dans l'autocar ou le type de moteur de l'autocar.

3 A VENIR

3.1 FERRY

4 LIENS POUR COMPLETER

<https://www.groupe-sncf.com/fr/engagements/developpement-durable/preserver-planete/calcul-empreinte-carbone>

<https://www.sj.se/om-sj/hallbarhet/hallbara-resor>

<https://nachhaltigkeit.deutschebahn.com/en/measures/co2compass>

<https://www.vy.no/en/the-vy-group/sustainability-and-social-responsibility>