

ANNEXE Impacts environnementaux attendus

1 INTRODUCTION ET METHODOLOGIE

Les impacts environnementaux proviennent directement du fait que KIWEE favorise le **transfert modal** et permet de substituer des trajets domicile travail en voiture particulière relativement longs (29Km en moyenne en France) par un court trajet de proximité associé à un déplacement en transport public structurant beaucoup plus vertueux que la voiture particulière.

Les études menées dans le cadre du projet Européen H2020 ESPRIT (précédant jalon du concept KIWEE) montrent qu'**un transfert modal de l'ordre de 10% est accessible en zone périurbaine** (modélisé sur l'est lyonnais, la Vallée de la Chimie et le Quartier Vaise industrie).

Il convient donc de comparer deux situations en termes d'analyse sur le cycle de vie (ACV):

Un premier mode qui est celui de la voiture particulière thermique utilisée sur un trajet de 14Km (trajet domicile travail moyen).

Un second mode qui est l'alternative offerte par Kiwee : une conjonction d'un trajet de quelques kilomètres (hypothèse prise 3Kms) et de l'usage d'un transport public structurant sur 30 Km (hypothèse prise : rail à traction électrique)

L'analyse est réalisée en termes d'ACV, incluant **les externalités dues à l'usage, mais aussi à la fabrication et modes et à leur destruction/ recyclage des modes utilisés, quantifiée tout d'abord en CO2 puis retranscrite en kWh.**

L'outil utilisé est le logiciel GREET de Argonne National Lab, dans sa version 2020 permettant cette analyse et qui est aujourd'hui une référence dans le domaine de l'ACV

L'approche prise prend en compte **le mix électrique français** à la consommation à 64g CO2/kWh (données GREET, incluant la part d'énergie importée de nos voisins)

Afin de ne pas introduire de biais méthodologique suivant les sources, toutes les estimations relatives aux véhicules particuliers (Kiwee et à combustion interne) seront faites ou consolidées avec GREET, qui sera donc l'unique référence, permettant d'opérer des comparaisons.

2 CALCULS D'ANALYSES SUR CYCLE DE VIE.

2.1.1 Modèle du véhicule Kiwee

Le véhicule Kiwee a été créé en modifiant les caractéristiques suivantes d'un véhicule électrique préexistant (Car: EV100 - Electricity (Type 1 Li-Ion/NMC111 Conventional Material) déjà disponible dans la base de véhicules fournie avec le logiciel GREET.

La masse du véhicule prise en compte de manière conservatrice est de 555Kg. Ceci part d'un quadricycle (masse maximale homologable d'un quadricycle électrique de 425 Kg (hors batteries et options) auquel sont ajoutés 100Kg de batterie électrique et 30Kg d'options). Le véhicule est conçu pour être opéré 100 000Km, en prenant en compte une rénovation de la carrosserie à demi-vie (175Kg rénovés) ce qui fait un

total de 730Kg de produits consommés à recycler (555Kg + 175Kg). La consommation énergétique est de 0,07 kWh/Km, ce qui permet de réaliser une autonomie de 60 Km avec une batterie de 4kWh.

Les caractéristiques du véhicule de base (EV100 - Electricity (Type 1 Li-Ion/NMC111 Conventional Material).) sont modifiées spécifiquement pour le véhicule Kiwee, notamment en sélectionnant une technologie de batterie Li-Fer-Phosphate au lieu de NMC.

Constituant	Quantité	Unité	Nombre de remplacements dans la durée de vie du véhicule
Batterie Plomb	10	Kg	2
Cellules Batterie Li-ion (Li Fer Phosphate)	75	Kg	0
Pack Batterie (hors cellules)	25	Kg	0
Powertrain	20	Kg	0
Transmission	15	Kg	0
Châssis	175	Kg	0
Moteur de traction	20	Kg	0
Contrôleurs	25	Kg	0
Carrosserie	175	Kg	1
Pneumatiques	5 x 4	Kg	2
Liquide de frein	1	Kg	3
Liquide lave-glace	1,5	Kg	19
Colles/mastics/Adhésifs	8	Kg	0

Les hypothèses d'opération sont les suivantes :

- Nombre moyen de passagers : 1 (1,4 passagers en moyenne, mais les véhicules sont convoyés à vide 30% du temps).
- Durée de vie du véhicule en Km : 1000 000Km
- Autonomie : 50 Km
- Part de conduite de type urbaine : 50%.

Les externalités du véhicule Kiwee sont ensuite modélisées soit suivant le mix énergétique européen ou français en alimentant ce véhicule soit avec le mix énergétique électrique européen ou français.

2.1.2 Résultats de la simulation des externalités du véhicule Kiwee suivant le mix énergétique français

Les résultats de simulation des résultats relatifs aux externalités de l'usage de Kiwee, pour le mix énergétique français, sont présentés dans le tableau du paragraphe 5.2 ci-après, exprimés en unités aux 100Km pour tous les polluants globaux et locaux, ainsi que pour la consommation d'eau. Comme l'hypothèse est d'avoir en moyenne en opération 1 passager par véhicule, les ratios en externalités par passager ;Km sont aux rations ;Km.

Un zoom particulier indique que le véhicule, pour un usage périurbain (50% urbain) **émet tout au long de son cycle de vie 48g de CO2 par passager.Km**, à savoir **8 pour la conduite à proprement parler, et 40 pour la fabrication et le recyclage/destruction.**

3 COMPARAISONS ENTRE MODES

Une revue récente de 21 publications permet de situer l'état de l'art des émissions de CO2 sur le cycle de vie des modes de transport (Screening Life Cycle Assessment to compare CO 2 and Greenhouse Gases emissions of air, road, and rail transport: An exploratory study).

En synthèse la part totale des émissions de gaz à effet de serre des modes de transports par air/rail et route se compare aux émissions directes de la façon suivante :

08

L. Trevisan and M. Bordignon/Procedia CIRP 90 (2020) 303-309

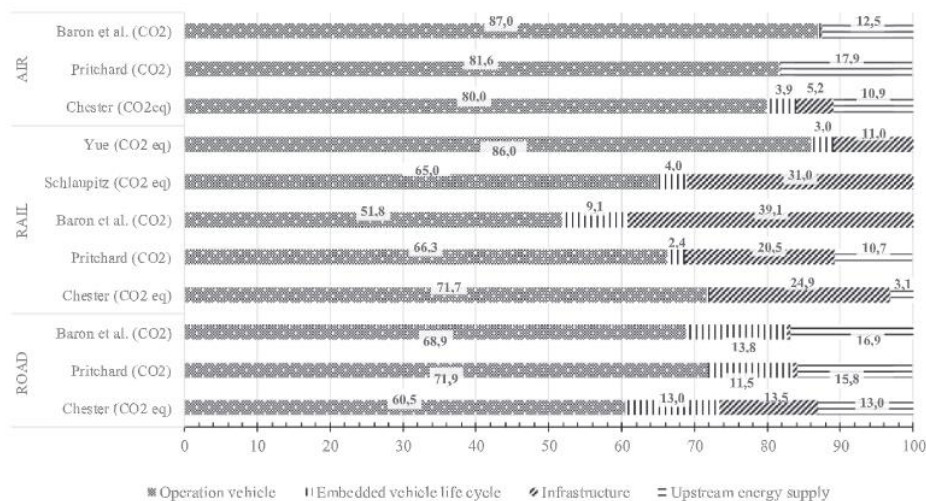


Fig. 1. Relative contributions (%) to the total emissions of CO₂ or of GHG (CO₂ eq) from the reviewed literature dealing with air, road and rail passenger transport.

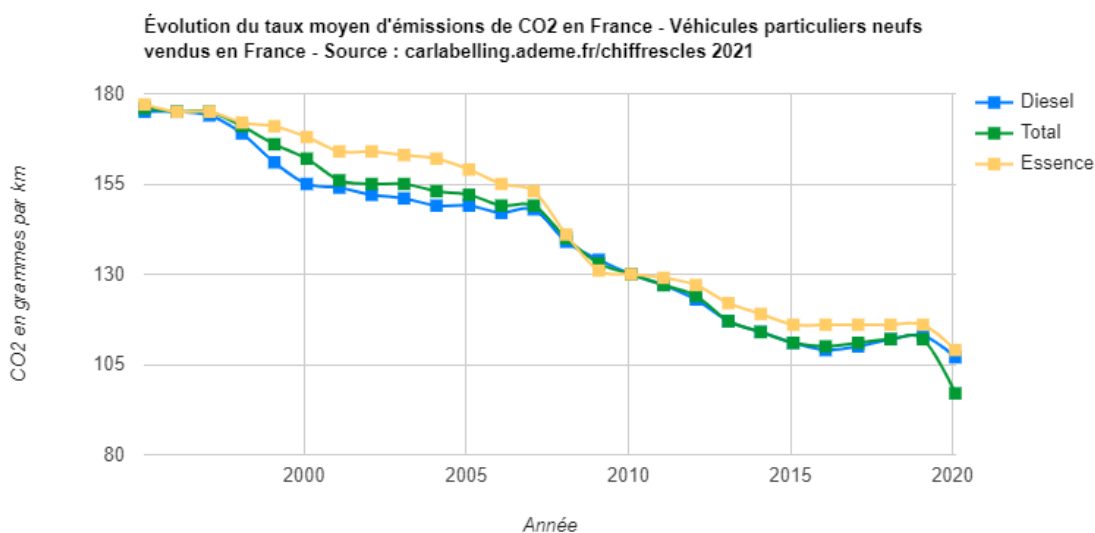
En synthèse on peut considérer que les émissions directes du rail ne représentent qu'entre 51,8 et 71,7% des émissions globales sur le cycle de vie. Une valeur moyenne de 63% représenterait le rapport des émissions totales de gaz à effet de serre du rail rapportées aux émissions directes.

De même les émissions routières ne représentent qu'entre 60,5 et 71,9% des émissions totales . Une valeur moyenne de 67% représenterait le rapport des émissions totales de gaz a effet de serre du mode routier rapportées aux émissions directes.

3.1 ANALYSE SUR CYCLE DE VIE DES EMISSIONS DES VEHICULES PARTICULIERS EN FRANCE

Les émissions directes des véhicules français sont basées sur les émissions moyennes et l'âge du parc.

Les émissions moyennes des véhicules neufs sont issues des statistiques Ademe :



L'âge moyen du parc est de 10,8 ans. Une valeur moyenne d'émissions de 130gCO2 par véhicule est donc pris en compte. En raison du fait que les émissions directes du mode routier ne pèsent que 67% des émissions sur cycle de vie, les émissions totales sur cycle de vie des voitures particulières prises en compte sont de 194 gCO2/km.

Un modèle de voiture représentatif du parc moyen français a été modélisé sur GREET pour s'assurer de la cohérence des résultats. Le modèle de voiture CAR SIDI ICEV E10 Conventional materials a été modifié pour correspondre au véhicule moyen du parc (émissions de 130g/Km, masses des composants proportionnellement modifiées pour représenter une voiture de 1300Kg. Cete modélisation indique un contenu CO2 sur le cycle de vie, rapporté au Km de 184 gCO2/Km, largement cohérent avec l'estimation précédente (194gCO2/Km)

Pour le cas particulier des transports domicile – travail, ou le taux de remplissage des véhicules et de 1,07, **le taux d'émissions par passager Km considéré pour l'usage sur le cycle de vie de la voiture particulière est de 181gCO2/passager.Km en France.**

3.2 ANALYSE SUR CYCLE DE VIE DES EMISSIONS DES TRAINS REGIONAUX (TER) EN FRANCE

La SNCF (information sur la quantité de gaz à effet de serre émise à l'occasion d'une prestation de transport - méthodologie générale 2018) estime à 29,4 g CO₂ par passager . Km l'usage d'un TER (à 50% diesel) et à 5,4g CO₂/passager . Km un Transilien/RER.

Le site Wikipedia (article Émissions de CO₂ des transports ferroviaires en France) estime pour sa part à 23,9 g par passager. Km l'usage d'un train, analysé sur le cycle de vie en prenant en compte la consommation énergétique des trains, la construction des trains et l'usage de l'infrastructure.

Une valeur 'moyenne' d'émissions sur le cycle de vie de 25g CO₂ par passager Km par sera prise en compte pour les émissions CO₂ des trains régionaux français.

4 CONCLUSIONS SUR L'EFFET DU TRASFERT MODAL EFFECTUE PAR L'USAGE DE KIWEE.

En France un usager qui substitue un trajet de 14Km par l'usage de Kiwee sur 2Km + le train sur 12Km voit ses émissions baisser de la façon suivante

Scénario	Emission Kiwee	Emissions train	Emission VP	Total
Voiture particulière thermique 14Km en France ou en Europe	0	0	181 x 14 = 2534 g CO ₂ /passager	2534g CO ₂ / passager/trajet
Kiwee 2km + train 12Km en France	2 x 48 = 96 g CO ₂ /passager	12 x 25 = 300 g CO ₂ /passager	0	396g CO ₂ /passager/trajet (-84%)

Donc, sur un trajet domicile-travail type les émissions de CO₂, sur l'ensemble du cycle de vie, peuvent être réduites de 84% en France par l'usage de Kiwee combiné au transport public.

Retranscrit en kwh l'usage de Kiwee en combinaison avec le transport public, comptabilisé sur son cycle de vie, consomme 6kWh pour un trajet Domicile Travail Typique (14Km)

Pour l'automobile (248gCO₂ / kWh) l'usage d'une automobile particulière est (en décomposant la part opération et fabrication/recyclage de (14*130/1,07/248+ 14*64/1.07/64) = 20kWh

L'usage de Kiwee en conjonction avec le transport public est donc plus efficace d'un facteur 3 énergétiquement (-70%)