

Voiture et climat : le match thermique vs. électrique

Principales études disponibles pour la France et le monde

Ce que vous trouverez dans ces diapositives

La figure récapitulative des 10 études comparatives sur la France

Les principales figures compilées de 13 études françaises et internationales (de la plus récente à la plus ancienne)

- [IPCC, 2022](#). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. [Chapter 10:Transport](#).
- [IEA, 2022](#). Comparative life-cycle greenhouse gas emissions of a mid-size BEV and ICE vehicle ; [IEA, 2023](#). Energy Technology Perspectives 2023.
- [Sacchi et al, 2022](#). When, where and how can the electrification of passenger cars reduce greenhouse gas emissions?
- [ADEME, 2022](#) et [IFPEN, 2022](#) ; Étude énergétique, économique et environnementale du transport routier à horizon 2040 (E4T 2040).
- [Transport & Environment, 2022](#). UPDATE - T&E's analysis of electric car lifecycle CO₂ emissions.
- [ICCT, 2021](#). A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars.
- [Hung et al, 2021](#). Regionalized climate footprints of battery electric vehicles in Europe.
- [Knobloch et al, 2020](#). Net emission reductions from electric cars and heat pumps in 59 world regions over time. Disponible sur [ResearchGate](#).
- [Ricardo, European Commission, 2020](#). Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA.
- [ADEME, 2020](#). Analyse de cycle de vie relative à l'hydrogène.
- [Carbone 4, 2020](#). Transport routier : quelles motorisations alternatives pour le climat ?
- [FNH-ECF \(par Carbone 4, avec Renault, ADEME, RTE, etc.\), 2017](#). Le véhicule électrique dans la transition écologique en France.
- [ADEME, 2013](#). Élaboration selon les principes des ACV des bilans énergétiques, des émissions de gaz à effet de serre et des autres impacts environnementaux.

4 outils de simulation des impacts des voitures électrique vs. thermique (avec exemple de résultats pour la France)

- [Carculator](#) : le plus complet, car prospectif, par pays, type de véhicule ou d'impact environnemental...
- [Climobil](#) : le plus détaillé par marque et modèle de voiture
- [Cars CO₂ Comparator](#) : le plus facilement adaptable
- [EV Footprint](#) : le plus simple d'usage

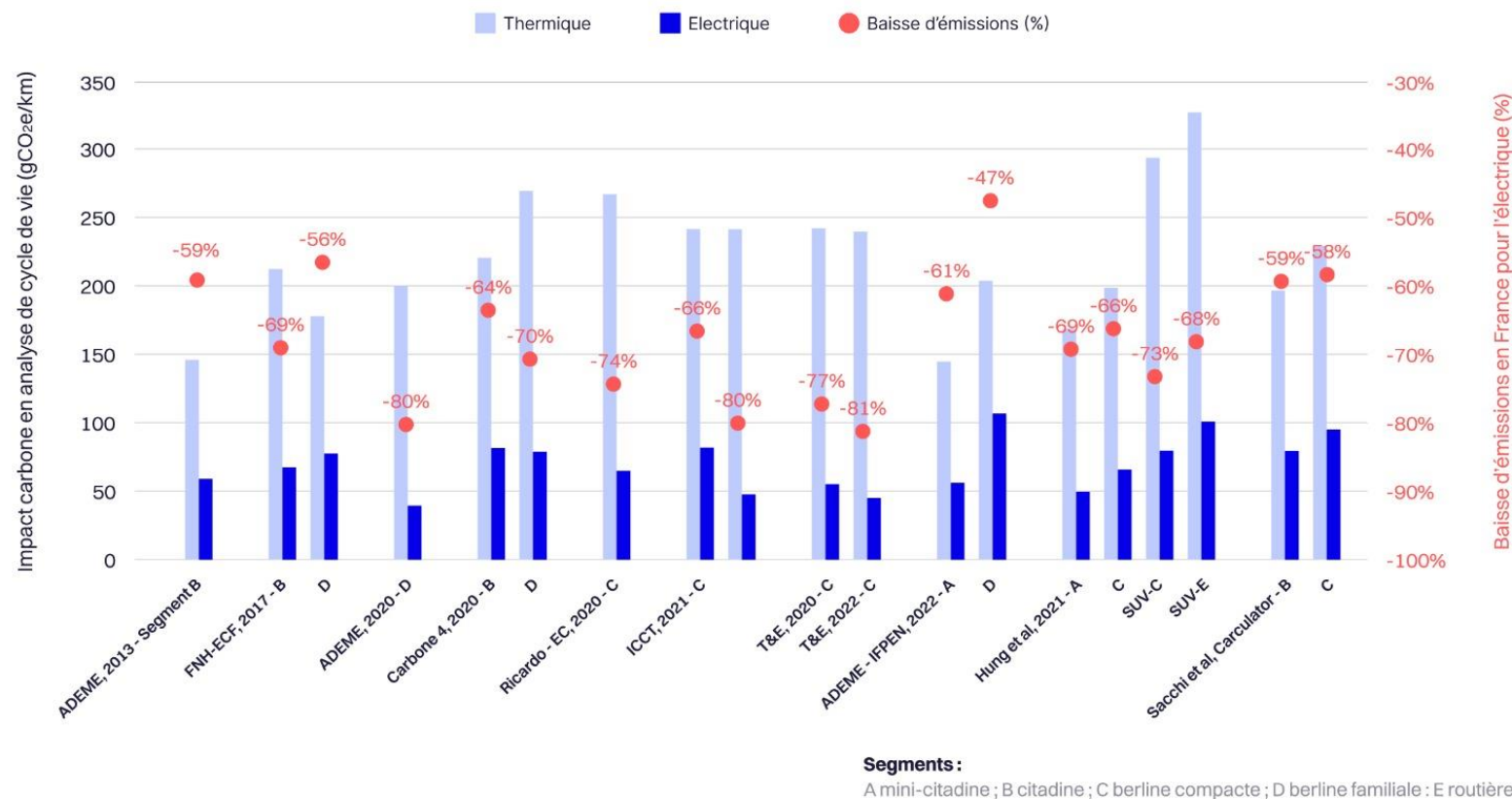
Les principaux paramètres expliquant les différences d'impacts selon les études

Récapitulatif des études sur la France

BILAN D'ÉMISSIONS DES VOITURES:

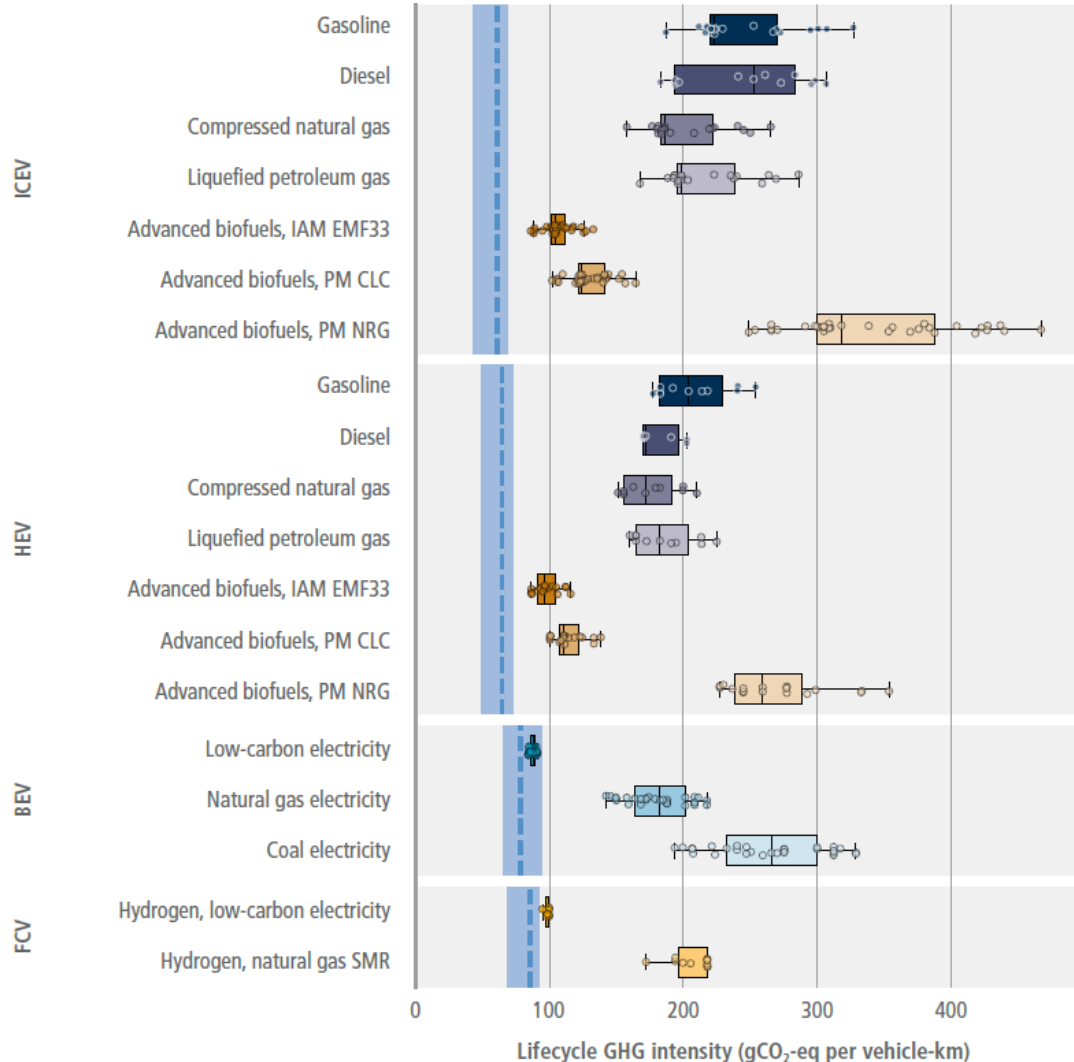
10 études sur la France

Source : Compilation A. Bigo, article Bon Pote, Mars 2023



Les études réalisées sur la France montrent une division par 2 à 5 de l'impact carbone en passant d'une voiture thermique à l'électrique

Rapport du GIEC, 2022



Hypothèses d'ACV

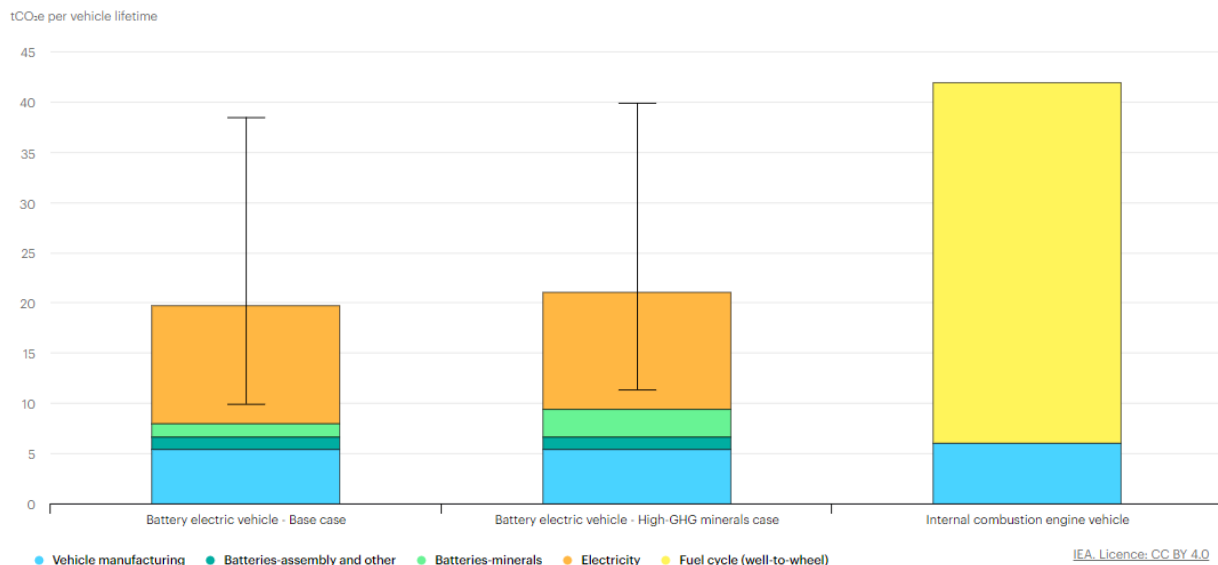
- Valeurs prises de la littérature
- 180 000 km de durée de vie du véhicule

Résultats et commentaires

- Valeurs en absolu (interquartiles) de l'ordre de
 - 190-280 gCO₂e/km environ pour le thermique
 - 85-90 g pour l'électrique avec de l'électricité bas-carbone
 - 165-200 g avec de l'électricité au gaz
 - 230-300 g avec de l'électricité au charbon
- Valeurs des médianes, électrique comparé au thermique
 - **-63 %** avec de l'électricité bas-carbone
 - **-23 %** avec de l'électricité au gaz
 - **+9 %** environ avec de l'électricité au charbon (variabilité forte)
- Ainsi, l'électrique est plus émetteur seulement dans les pays où le charbon domine largement le mix électrique, ce que montrent aussi les 2 études précédentes

Etudes IEA, 2022 & 2023

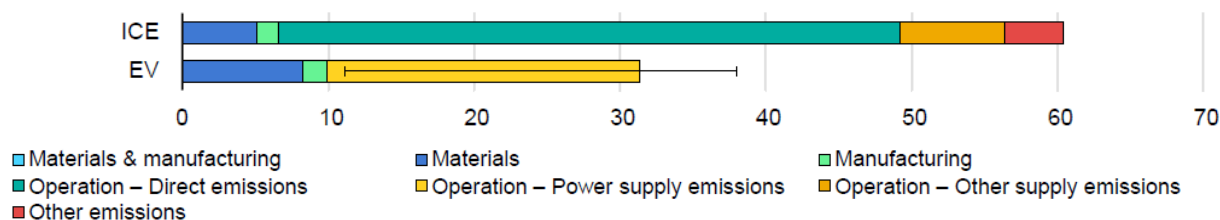
Comparaison des émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie de voitures électriques et thermiques (IEA, mise à jour 26/10/2022)



Hypothèses d'ACV

- En haut : voitures de taille moyenne ; 200 000 km ; batterie de 40 kWh (65 à 100 kgCO₂e/kWh) ; mix électrique à l'usage de 50 à 800 gCO₂e/kWh (charbon = 1000 g)
- En bas (peu de détails sur les hypothèses) : 200 000 km, batterie de 55 kWh

Light-duty vehicle (t CO₂-eq/vehicle)

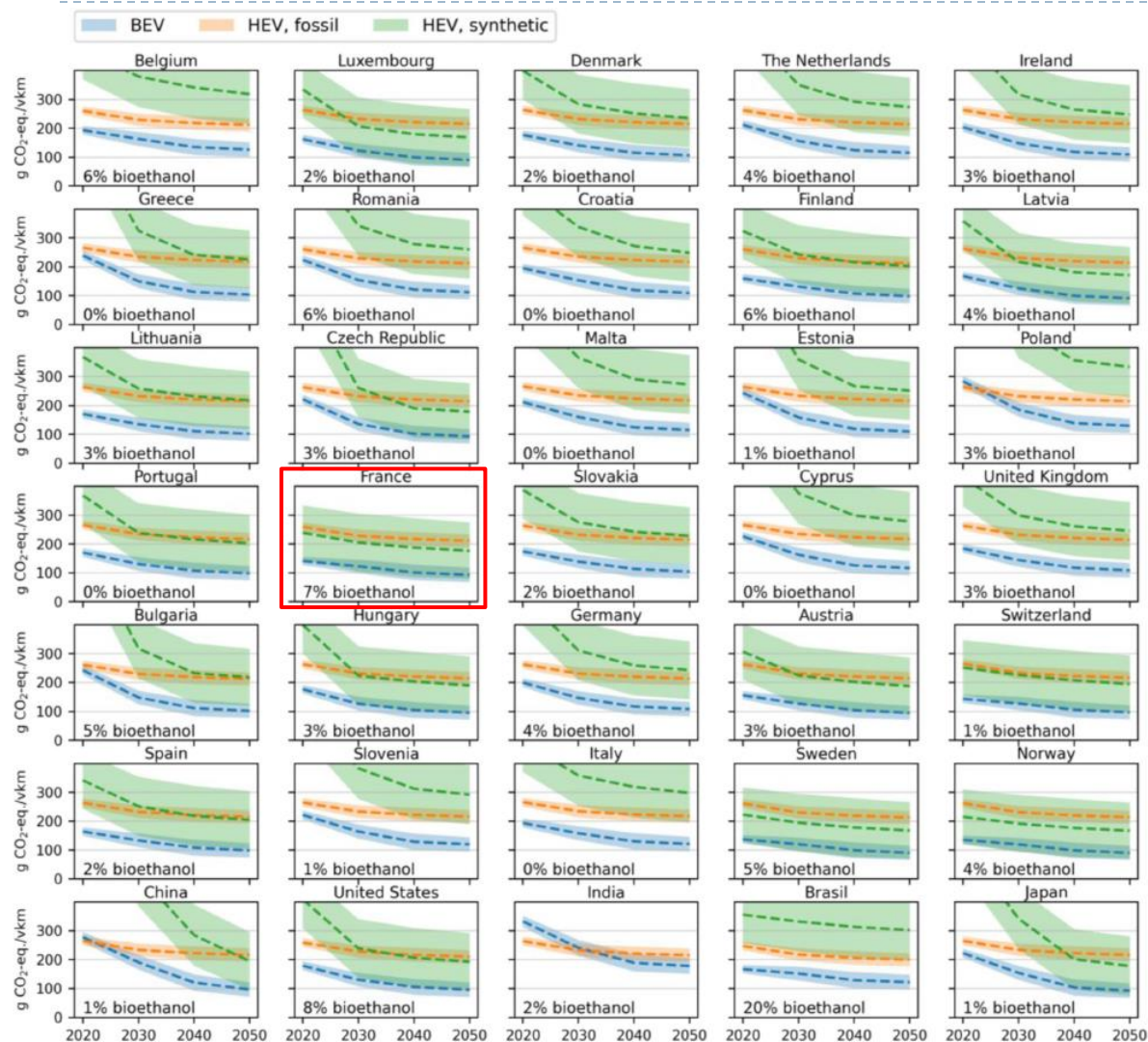


Résultats et commentaires

- **-50 % env.** d'émissions au niveau **mondial**
- Selon les hypothèses de mix électrique : intervalle de **-5 % à -76 %** (en haut) ; intervalle de **-37 % à 81 %** (en bas)

Emissions moyennes en analyse de cycle de vie des voitures dans le monde en 2021 (IEA, 2023)

Etude académique / Sacchi et al, 2022



Hypothèses d'ACV

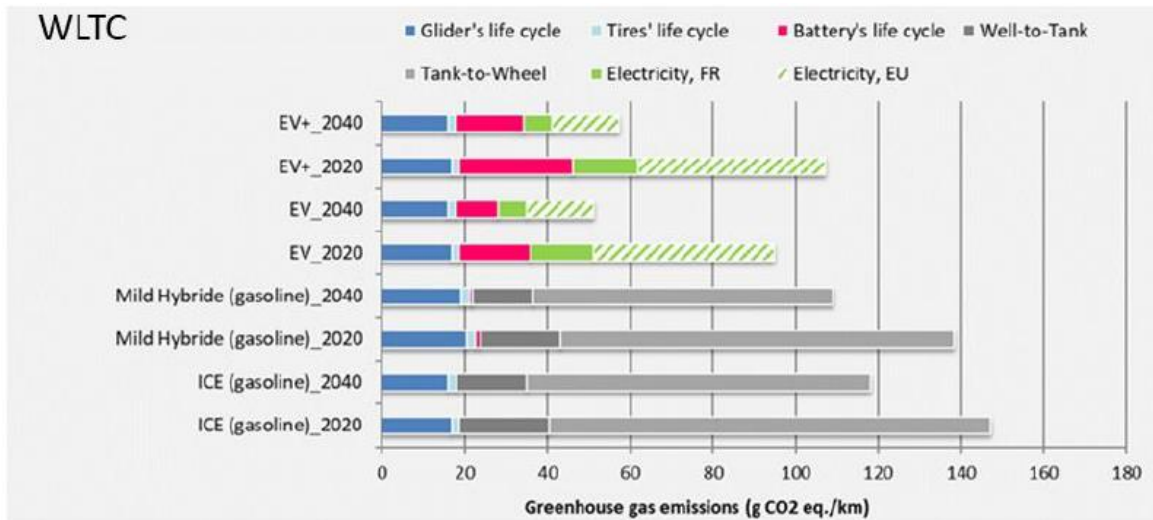
- De 2020 jusqu'à 2050 dans un scénario < 2°C
- Véhicule de taille moyenne
- Véhicules électriques comparés aux hybrides (non recharg.) essence ou aux carburants synthétiques

Résultats et commentaires

- **-50 % environ** en France pour l'électrique (BEV, en bleu) par rapport à l'hybride (HEV, fossil ; en orange)
- C'est le cas dès 2020 dans **quasiment tous les pays**
- **Exceptions** : Inde, ainsi que Pologne et Chine sur les premières années de 2020

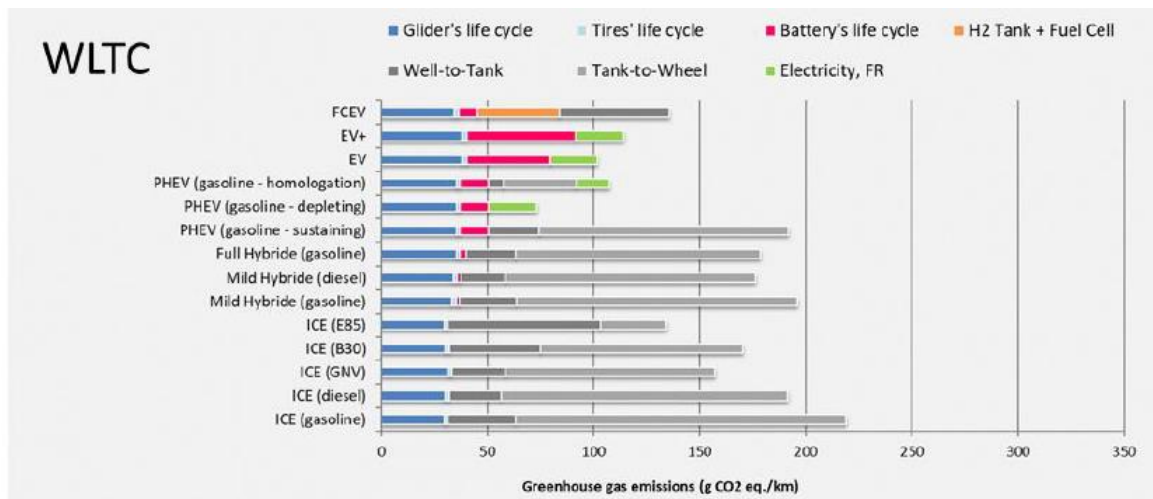
Emissions de gaz à effet de serre en analyse de cycle de vie (ACV) pour différents pays du monde entre 2020 et 2050

Etude ADEME-IFPEN, 2022



Hypothèses d'ACV

- Voitures des segments A, C et D
- 150 000 km pour segments A et D (seulement 12 500 km pour le segment C, non affiché à gauche)
- Cycles de conduite urbain, route, autoroute et WLTC
- Mix élec FR à 108 gCO₂e/kWh en 2020, 69 g en 2040

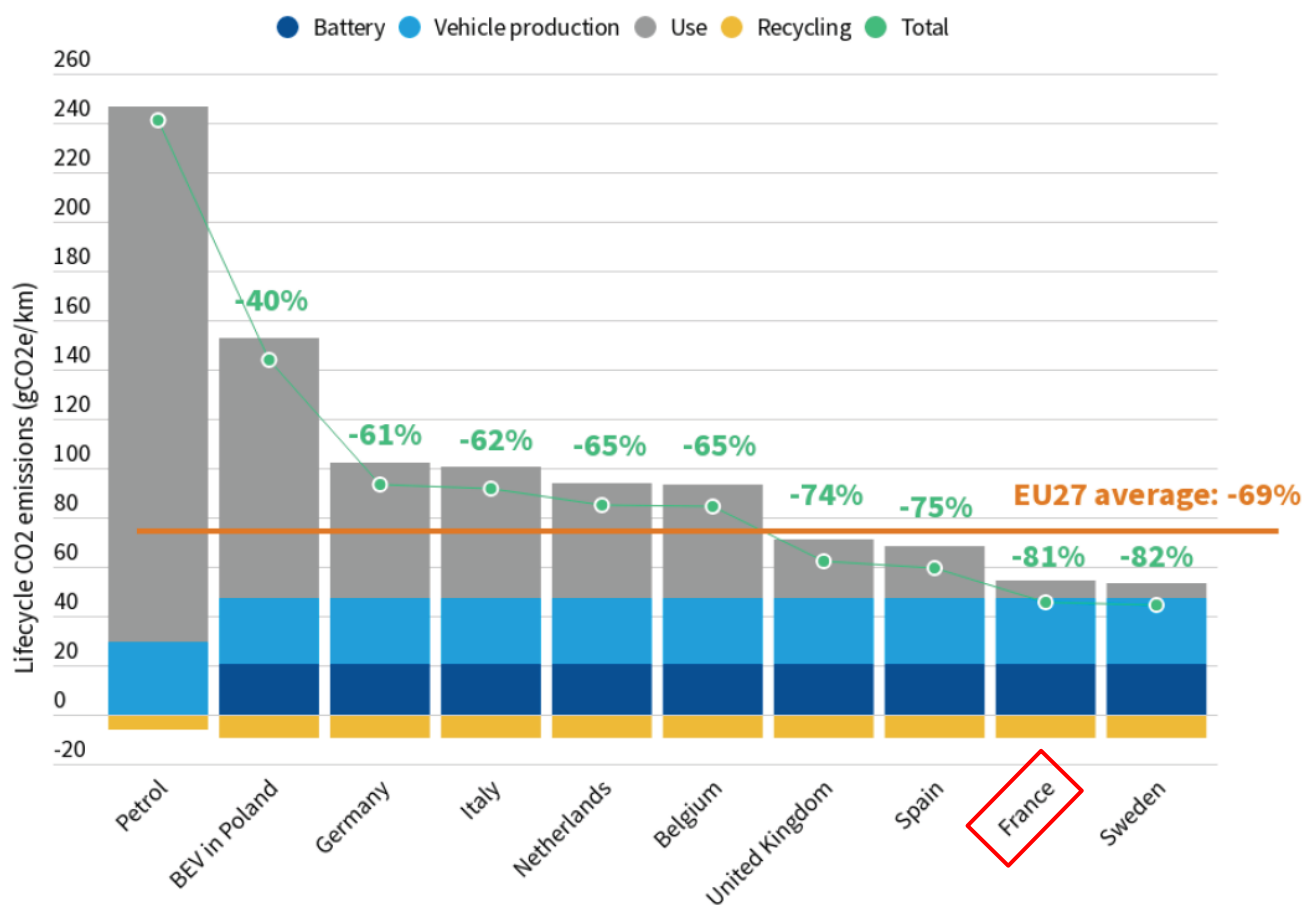


Résultats et commentaires

- En 2020, en moyenne des différents cycles de conduite : environ **-63 %** segment A ; **-48 %** C ; **-50 %** D
- De **-34 %** (segment C, conduite sur route, faible kilométrage) jusqu'à **-74 %** (segment A, urbain) en 2020
- Baisses plus fortes pour les véhicules légers et en cycle de conduite urbain
- En 2040, passe à **-70 %** pour le segment A, **-55 %** pour C

Impacts potentiels sur le changement climatique pour les véhicules du segment A (en haut) et D (en bas)

Etude T&E, 2022



Source: T&E LCA analysis of a medium-sized car, battery assumed to be produced with the EU27 average grid

Emissions de cycle de vie dans certains pays européens

Hypothèses d'ACV

- Voiture de taille moyenne (medium-size car)
- 225 000 km (15 ans et 15 000 km/an)
- Voitures au pétrole et électriques
- Ventes en 2022 et 2030, mix électriques évolutifs sur la durée de vie
- Batterie : 78 kgCO₂e/kWh en 2022, produite en Europe ; 55 kgCO₂e/kWh en 2030

Résultats et commentaires

- **-81 %** pour la France pour 2022
- **-77 %** pour la France dans l'étude 2 ans plus tôt ([T&E, 2020](#) ; révisée en 2022 sur qq hypothèses)
- UE27 : **-69 %** pour 2022 et **-78 %** pour 2030
- Hypothèses favorables sur le kilométrage (élevé) et le bilan carbone de la batterie (faible) en comparaison à d'autres études

Etude ICCT, 2021 (1/2)

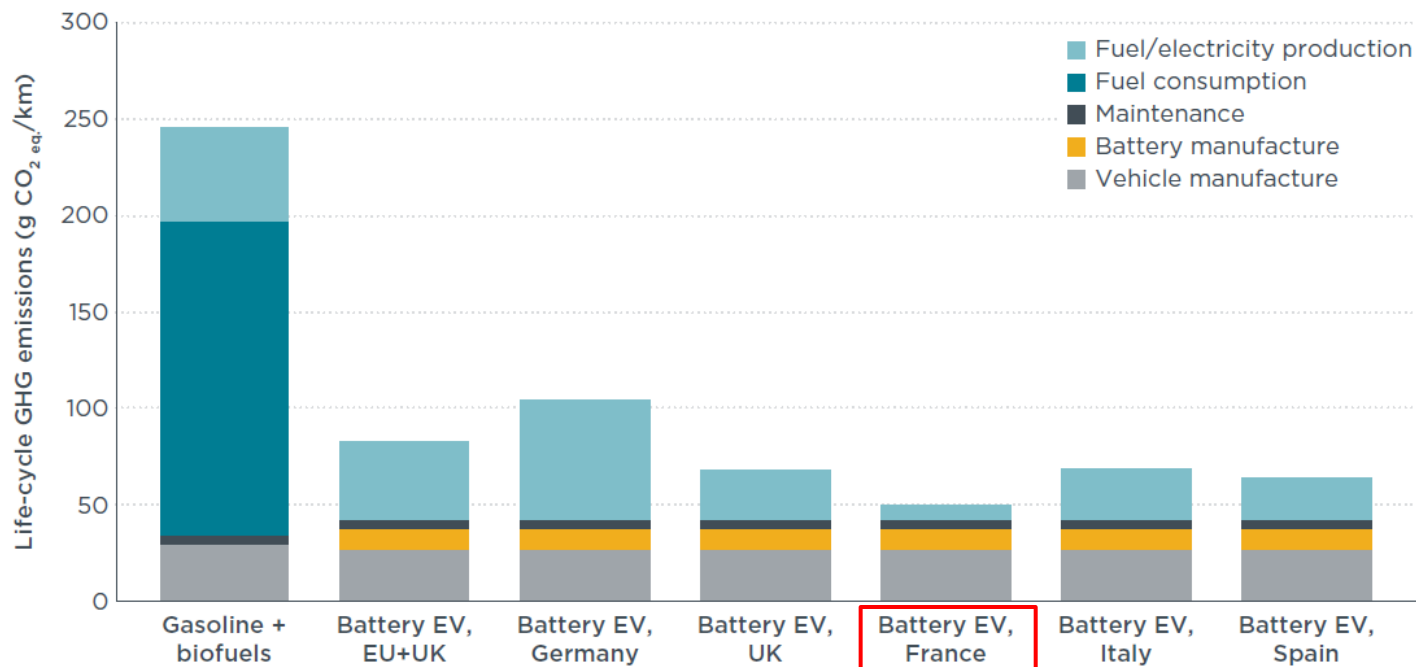


Figure 3.5. Life-cycle GHG emissions of lower medium segment BEVs registered in Europe in 2021, with the vehicle lifetime average electricity mix in the European Union and United Kingdom, Germany, United Kingdom, France, Italy and Spain, compared to gasoline ICEVs.

Hypothèses d'ACV

- Voiture de taille moyenne (medium-size car)
- 243 000 km (18 ans et 13 500 km/an)
- Voitures essence et électriques (+ d'autres motorisations et énergies dans l'étude)
- Ventes en 2021 et 2030, mix électriques évolutifs sur la durée de vie
- Batterie de 45 kWh, et 60 kgCO₂e/kWh

Résultats et commentaires

- **-80 %** d'émissions en France pour 2021
- Aussi : **-57 %** en Allemagne, **-72 %** au R-U
- Très fortes baisses liées en particulier à des hypothèses favorables sur le kilométrage (élevé) et le bilan carbone de la batterie (faible) en comparaison à d'autres études

Etude ICCT, 2021 (2/2)

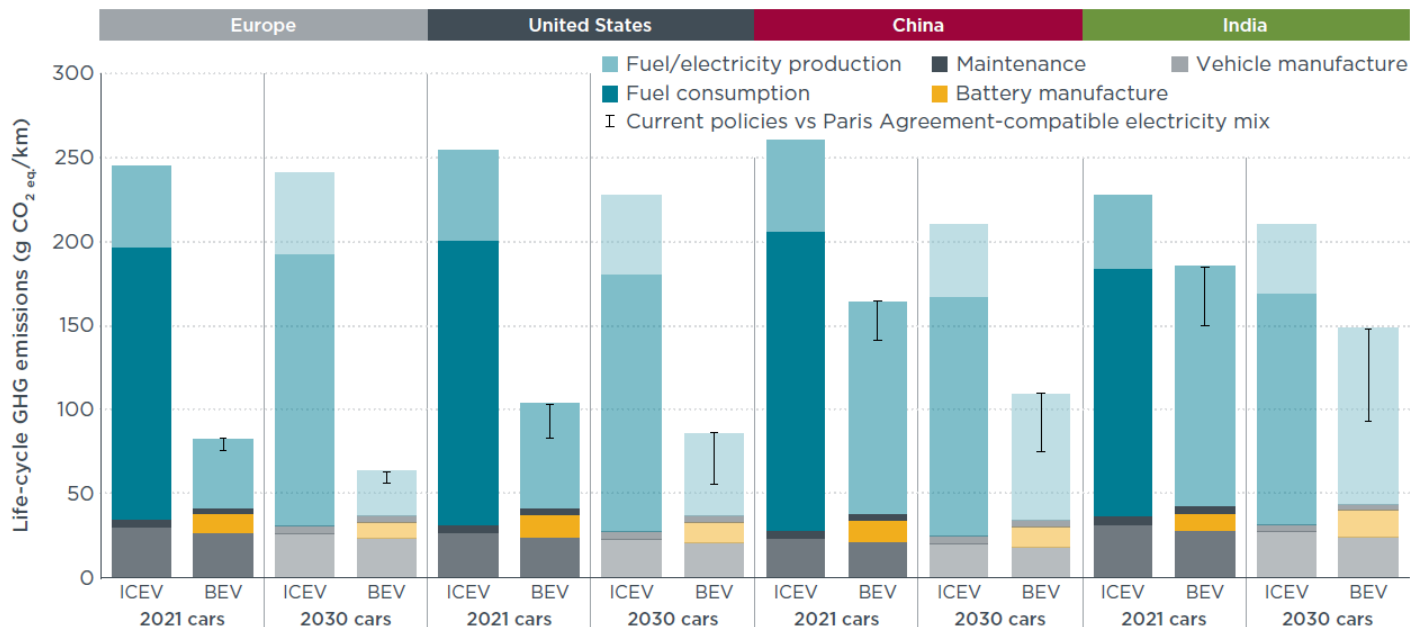


Figure ES.1. Life-cycle GHG emissions of average medium-size gasoline internal combustion engine (ICEVs) and battery electric vehicles (BEVs) registered in Europe, the United States, China, and India in 2021 and projected to be registered in 2030. The error bars indicate the difference between the development of the electricity mix according to stated policies (the higher values) and what is required to align with the Paris Agreement.

Emissions en analyse de cycle de vie de voitures électriques vendues en 2021 en Europe, aux Etats-Unis, en Chine et en Inde

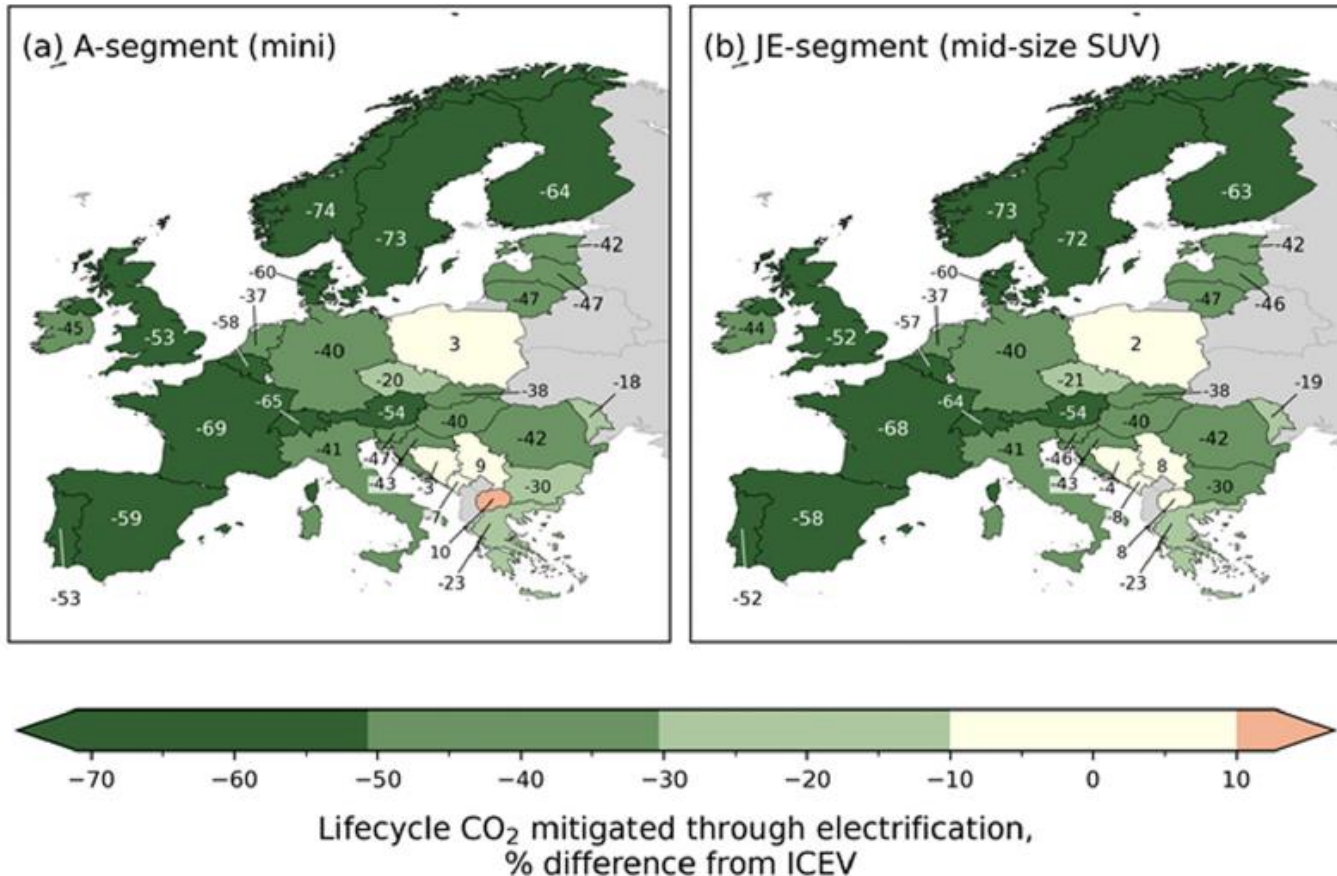
Hypothèses d'ACV (Europe seulement)

- Voiture de taille moyenne (medium-size car)
- 243 000 km (18 ans et 13 500 km/an)
- Voitures essence et électriques (+ d'autres motorisations et énergies dans l'étude)
- Ventes en 2021 et 2030, mix électriques évolutifs sur la durée de vie
- Batterie de 45 kWh, et 60 kgCO₂e/kWh

Résultats et commentaires

- Baisse de **66-69 %** des émissions pour une voiture vendue en 2021 en Europe
- Baisse de **74-77%** en 2030
- En 2021 : baisses de 60-68% aux Etats-Unis, de 37-45% en Chine, de 19-34% en Inde
- En 2030 : baisses de 62-76% aux Etats-Unis, de 48-64% en Chine, de 30-56% en Inde

Etude Hung et al, 2021 (1/2)



Hypothèses d'ACV

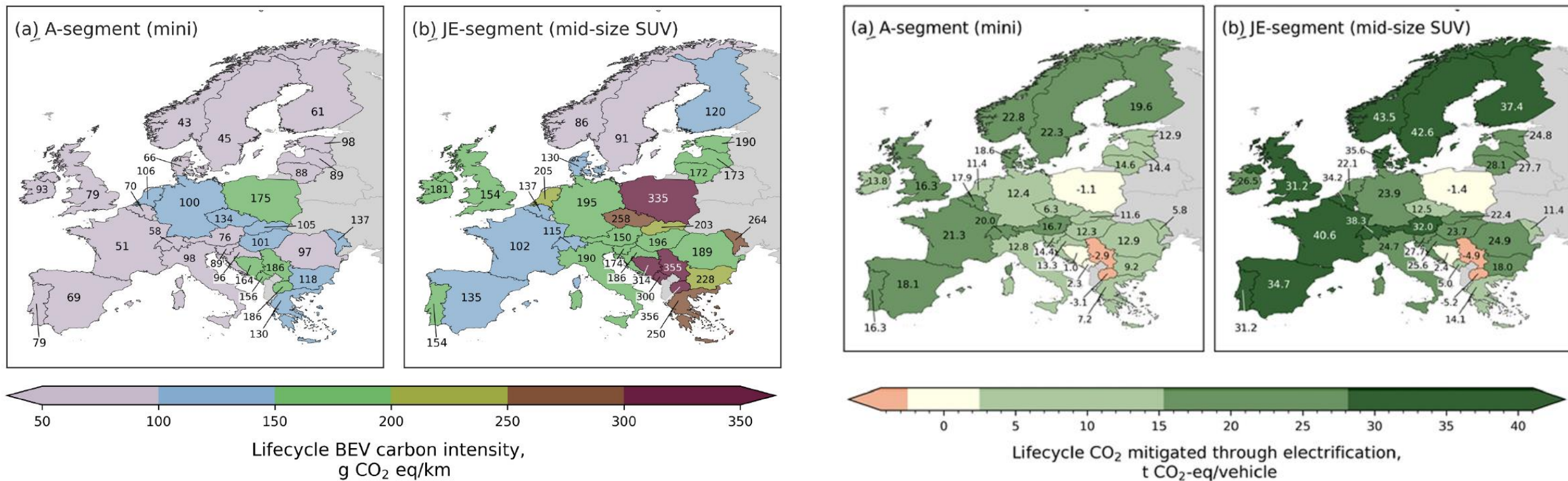
- Véhicules des segments A (mini), C (medium), JC (compact SUV), JE (mid-size SUV)
- 180 000 km de durée de vie
- Batteries de 36,8 / 62 / 82 / 95 kWh, et 99 kgCO₂e/kWh (75 hors élec. + mix de Corée)
- Mix électrique des différents pays d'Europe

Résultats et commentaires

- **-66 à -73 %** selon les segments en France
- Slide suivante :
- **En absolu, 2 fois** plus d'émissions pour le segment des SUV que des mini-voitures
 - Comme le % de baisse est similaire, les baisses d'émissions en **tCO₂e** sont **2 fois** plus fortes pour un SUV que pour une mini-voiture

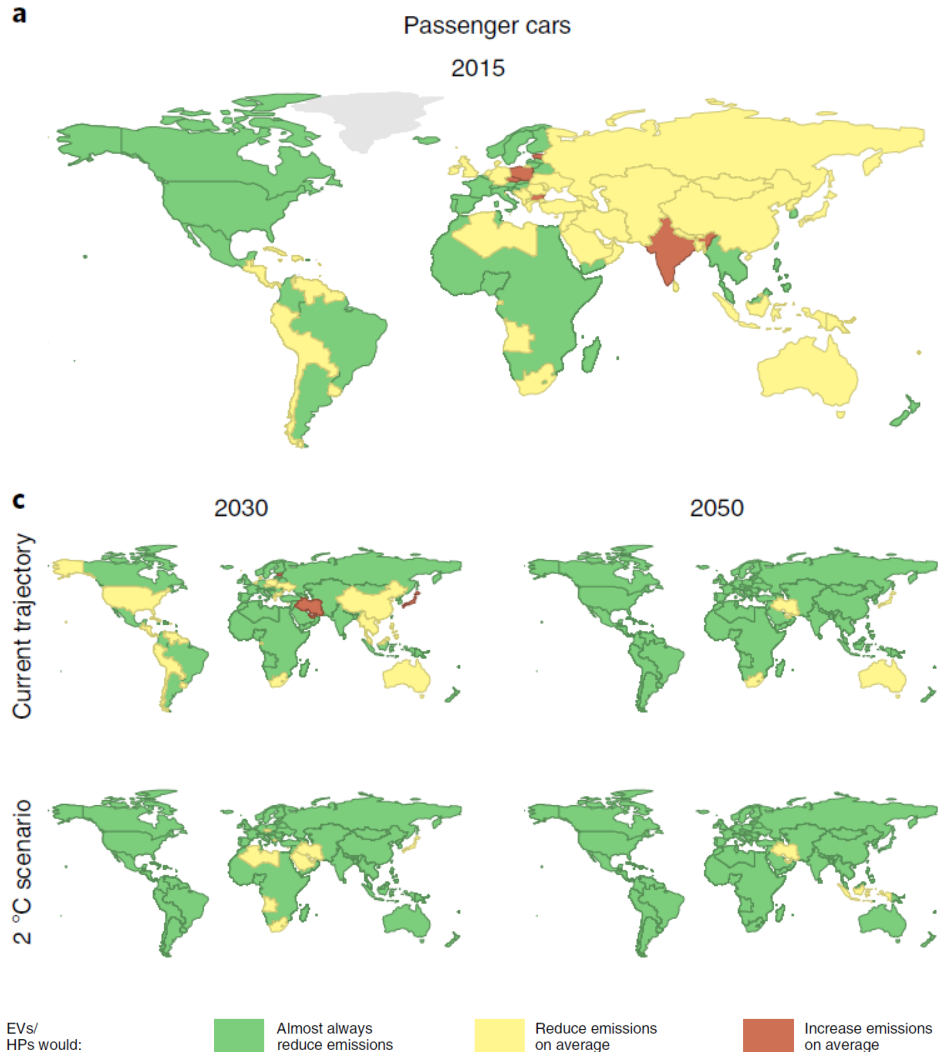
Evolution des émissions en cycle de vie en passant d'une voiture thermique à une électrique (en %) pour une mini-voiture et un SUV

Etude Hung et al, 2021 (2/2)



Emissions d'une voiture électrique sur son cycle de vie (en gCO₂e/km) selon le segment (à gauche) et baisses d'émissions (en absolu, tCO₂e) du passage à l'électrique (à droite)

Etude académique / Knobloch et al, 2020



Hypothèses d'ACV

- Evaluations des véhicules électriques (et pompes à chaleur) dans 59 pays du monde
- En 2015 ; puis horizons 2030 et 2050 (avec trajectoires actuelles et scénario 2°C)
- Consommations de 19 kWh/100 km puis 17 et 14 en 2030 et 2050

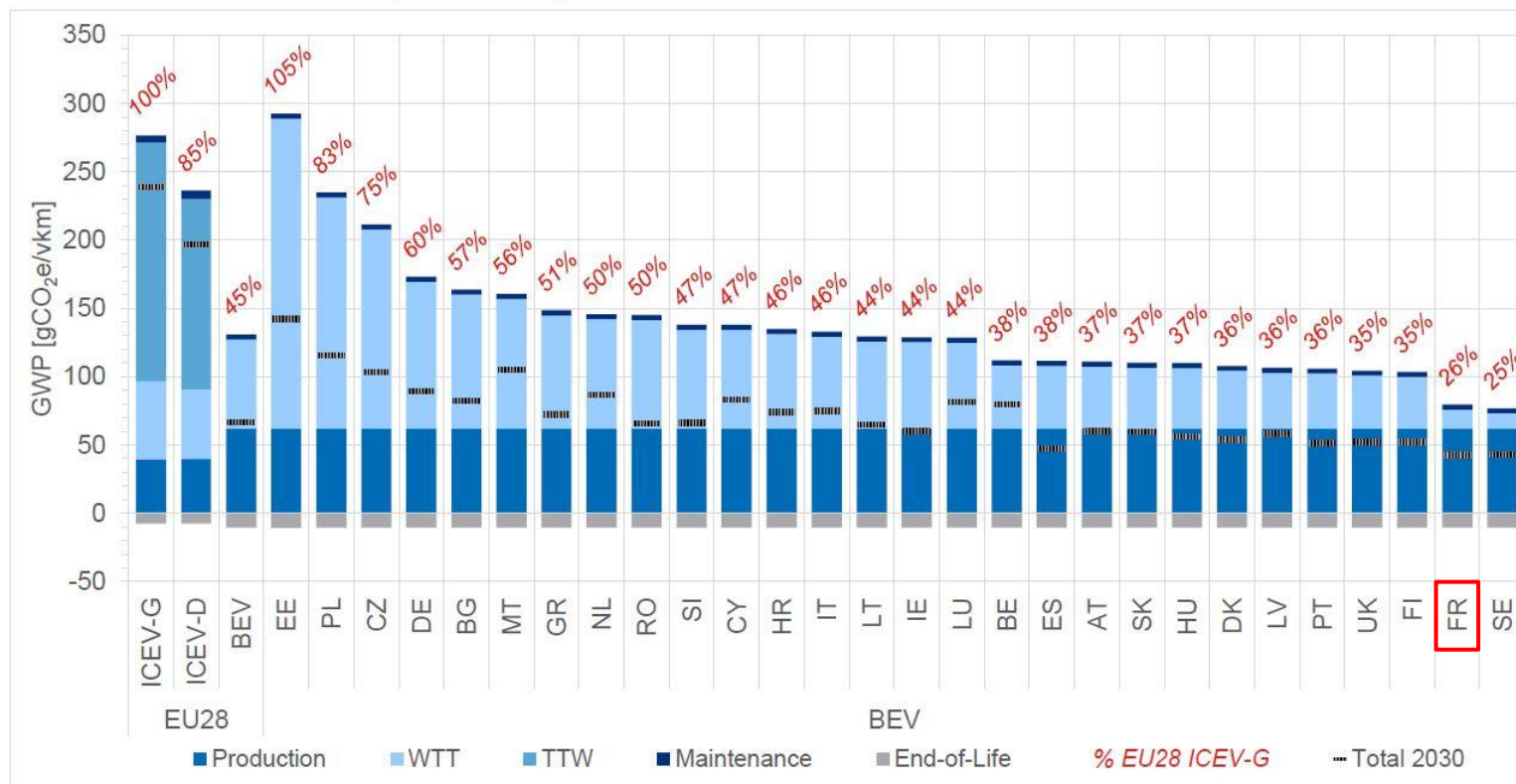
Résultats et commentaires

- Dès 2015, l'électrique est **favorable** quasiment tout le temps (vert) ou en moyenne (jaune) dans la **quasi-totalité des pays** du monde
- Quelques **exceptions** : Inde, Pologne, Rép. Tchèque, Bulgarie...
- Emissions inférieures sur l'électricité du réseau à une intensité inférieure à **1100 gCO₂e/kWh**

Emissions de gaz à effet de serre relatives des voitures électriques et thermiques dans le monde en 2015, 2030 et 2050

Etude Ricardo pour European Commission, 2020

Figure 5.75: Comparison of Lower Medium Car lifecycle GWP impacts for conventional gasoline/diesel ICEVs and BEVs for different EU countries, Baseline scenario. Breakdown shown for new 2020 vehicles, and the total only for new 2030 vehicles.



Notes: Results shown for the lower medium car in the baseline scenario. Production = production of raw materials, manufacturing of components and vehicle assembly; WTT = fuel/electricity production cycle; TTW = impacts due to emissions from the vehicle during operational use; Maintenance = impacts from replacement parts and consumables; End-of-Life = impacts/credits from collection, recycling, energy recovery and disposal of vehicles and batteries. Additional information on key input assumptions and derived intermediate data include the following: a lifetime activity of 225,000 km over 15 years. 2020 BEV battery of 58 kWh, with 300km WLTP range (and with 64 kWh and 460 km WLTP electric range for 2030); an average lifetime EU28 fuel/electricity mix (age-dependant mileage weighted). No battery replacement is needed for BEVs.

Hypothèses d'ACV

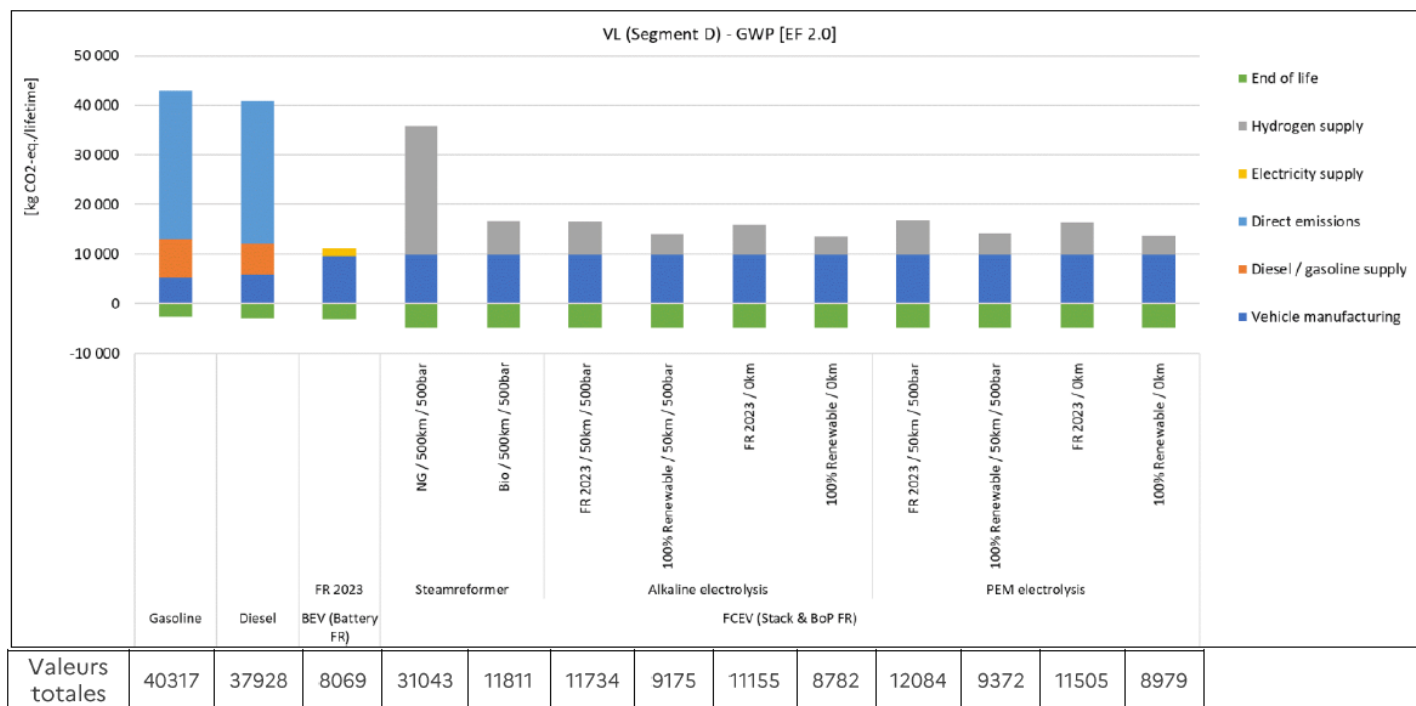
- Voiture moyenne inférieure (catégorie C)
- 225 000 km (15 ans x 15 000 km/an)
- Vente en 2020, mix électrique évolutif
- Batterie de 57 kWh, et 89 kgCO₂e/kWh

Résultats et commentaires

- **-74 %** d'émissions pour la France en comparaison de l'essence, **-69 %** / diesel
- **-82 %** de baisse pour 2030 en France
- **-55 %** en moyenne pour l'UE28 en 2020 ; **-72 %** en 2030 et **-88 %** en 2050

Emissions en cycle de vie de voitures thermiques et électriques dans les pays de l'UE28

Etude ADEME, 2020



Electrolyse (moyenne alcaline/PEM)			
FR 2023 / 50km / 500 bar	100% Renewable / 50km / 500 bar	FR 2023 / 0 km	100% Renewable / 0 km
11909	9274	11330	8880

Figure 30 : Impact changement climatique – Cycle de vie complet – VL (200 000 km).

Hypothèses d'ACV

- Véhicule léger, segment D / berline
- 200 000 km
- 3 ans de durée de vie (usage professionnel)
- Batterie produite en France
- Mix électrique français de 2023

Résultats et commentaires

- **-80 et -79 %** d'émissions en ACV par rapport à l'essence et au diesel
- **-75 %** environ sans compter la fin de vie
- **-75 %** avec une batterie chinoise
- **-85 et -84 %** avec une durée de vie de 300 000 km (p96)
- **-50 %** avec le mix élec. de l'UE en 2023 (batterie française ; voir p165)

Etude Carbone 4, 2020

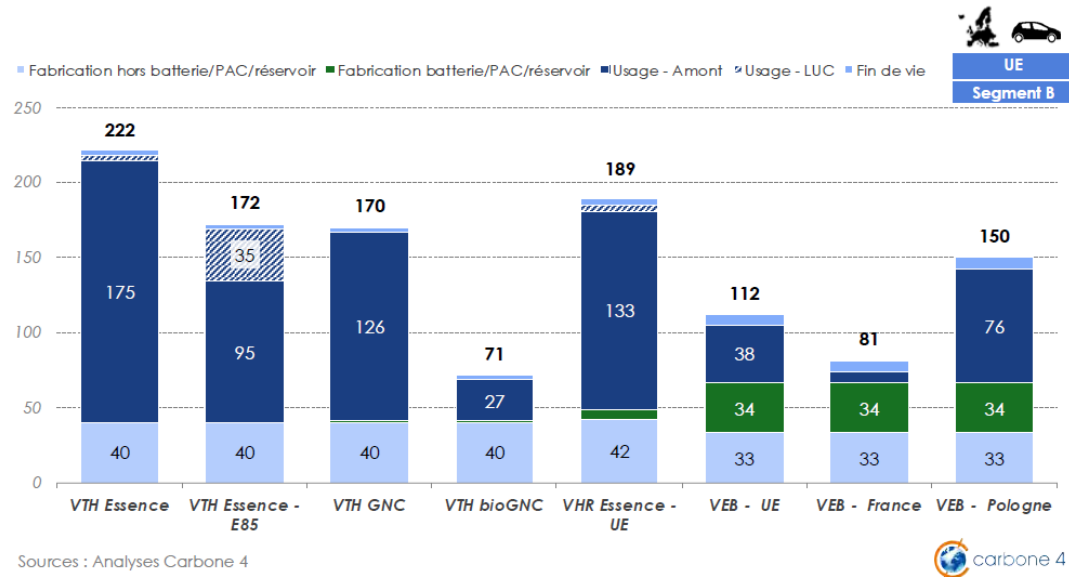


Figure 3 – Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'une voiture vendue en 2020 Europe – Segment B | gCO₂e/km

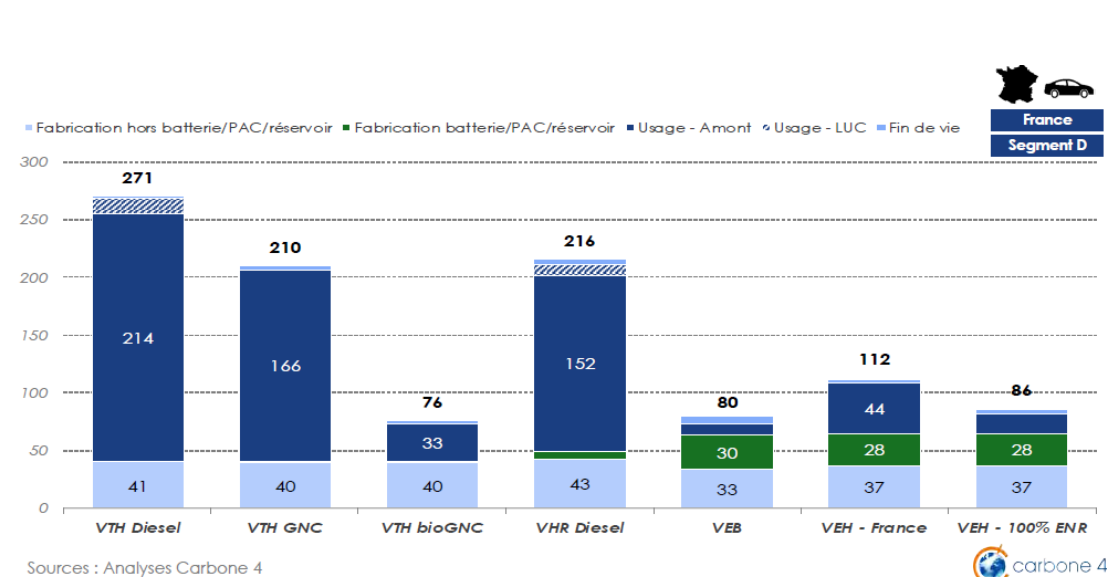


Figure 4 – Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'une voiture vendue en 2020 France – Segment D | gCO₂e/km

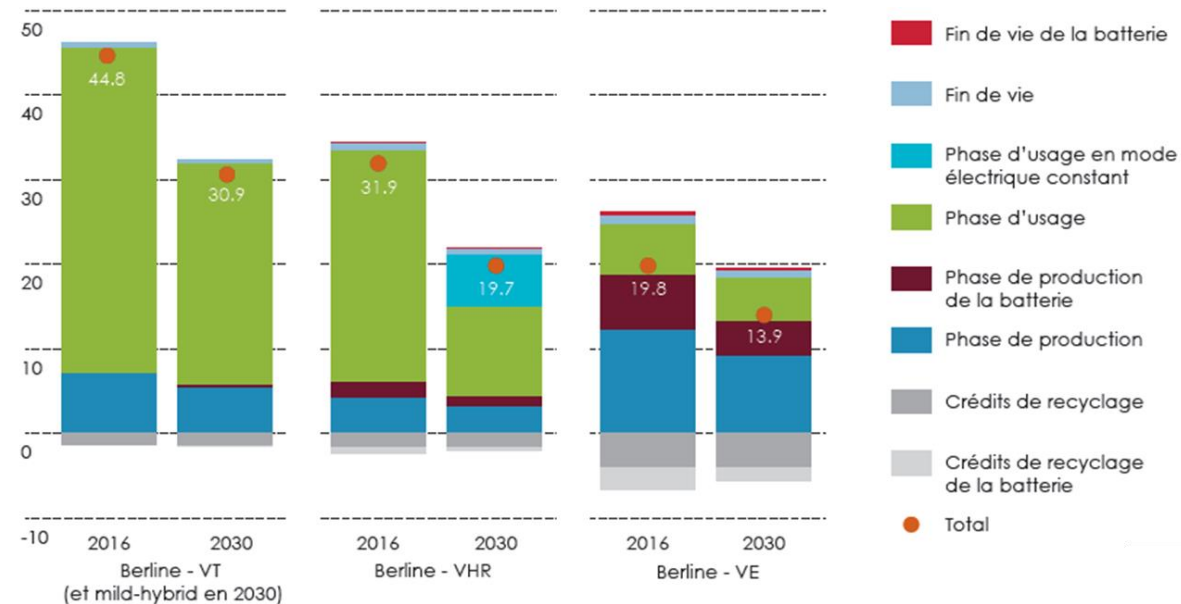
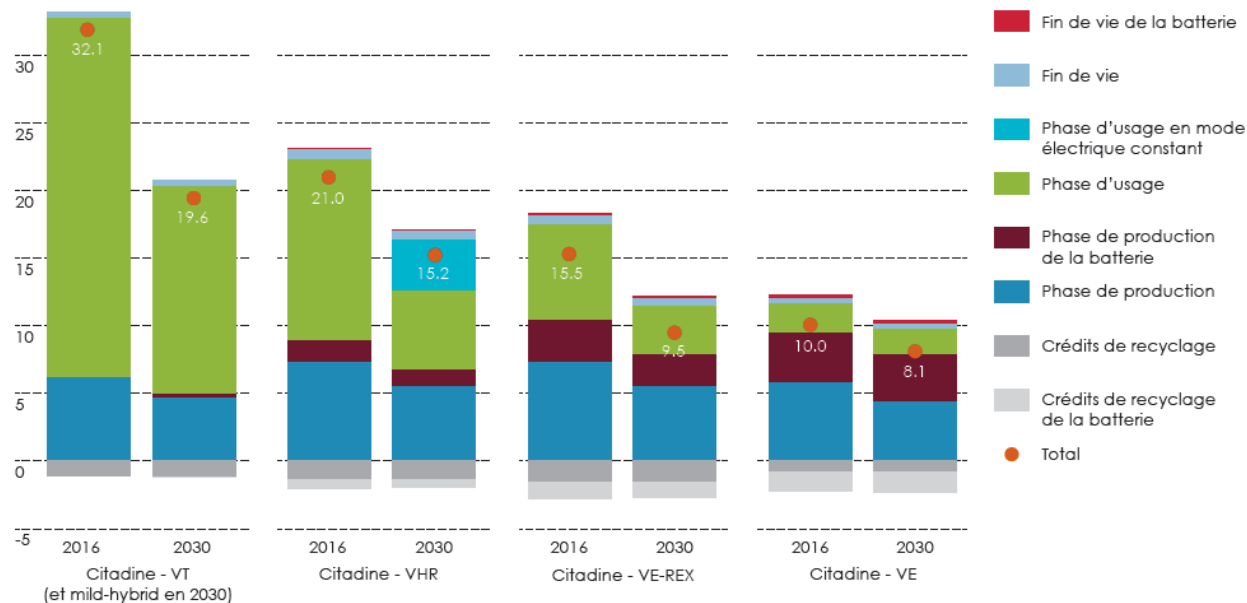
Hypothèses d'ACV

- Voitures de segments B (à gauche) et D (à droite)
- Durée de vie 150 000 et 200 000 km respectivement
- Batteries de 50 et 60 kWh, et 100 kgCO₂e/kWh
- Evaluations en 2020 (ci-dessus) et 2030

Résultats et commentaires

- Segment B : **-64 %** en France en 2020, **-50 %** dans l'UE, **-32 %** en Pologne
- Segment D : **-70 %** en France en 2020, **-55 %** dans l'UE, **-46 %** en Allemagne

Etude FNH-ECF, 2017



Analyses de cycle de vie de voitures citadines (à gauche) et berlines (à droite) en France en 2016 et 2030

Hypothèses d'ACV

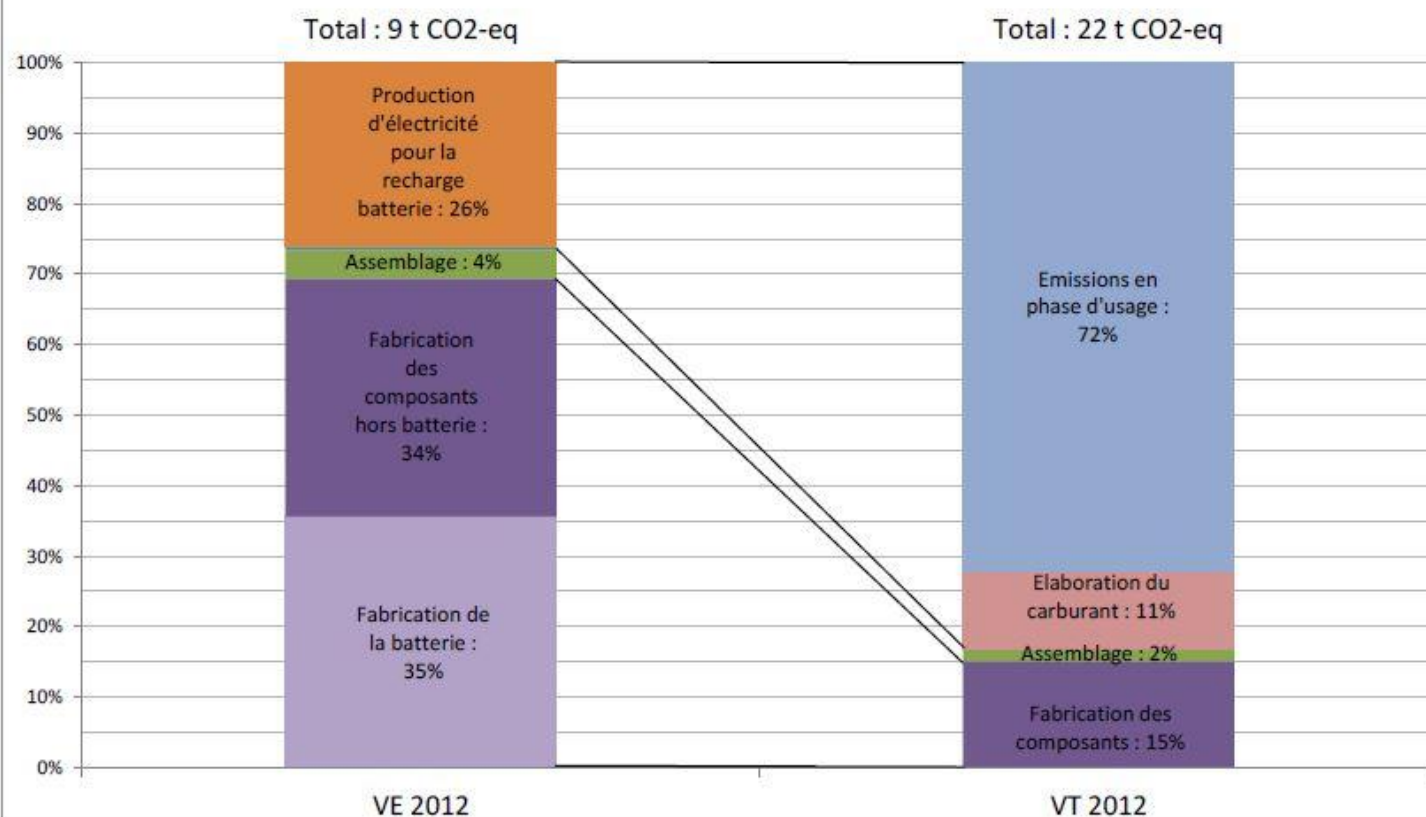
- Voitures citadines et berlines
- Durée de vie 150 000 et 250 000 km respectivement
- Batteries de 50 et 90 kWh en 2030 en hyp. centrale
- Evaluations en 2016 et 2030

Résultats et commentaires

- Citadines : **-69 %** en 2020, **-59 %** en 2030
- Berlines : **-56 %** en 2020, **-55 %** en 2030

Etude ADEME 2013

Contribution des étapes du cycle de vie des VE et VT de référence pour le potentiel de changement climatique



Hypothèses d'ACV

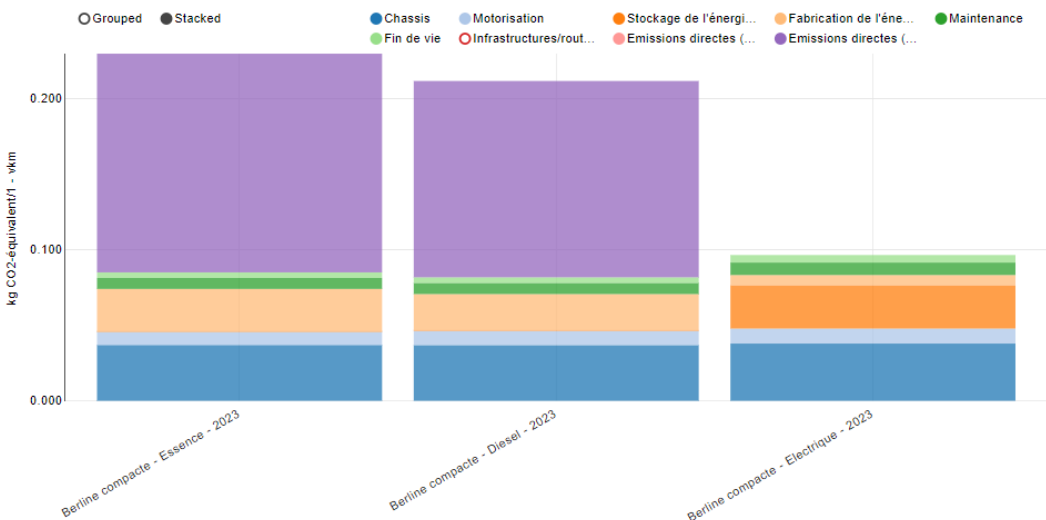
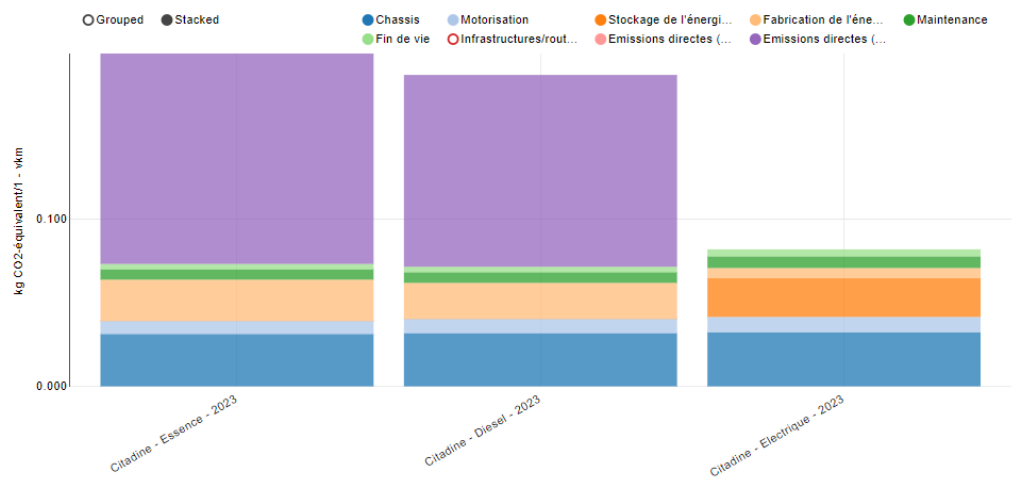
- Voiture citadine, segment B
- Voitures thermiques (diesel, essence) et électriques
- 150 000 km de durée de vie
- Batterie de 24 kWh, et 128 kgCO₂e/kWh (obtenu par le calcul)

Résultats et commentaires

- **-59 %** de baisse d'émissions avec l'électrique (division par **2,4**)
- Baisse aussi pour l'Allemagne et l'UE mais plus faible (p34 et 180)

Potentiel de changement climatique du véhicule électrique français et du véhicule thermique en 2012

Outil Carculator - Sacchi et al, 2020, 2022



Hypothèses d'ACV

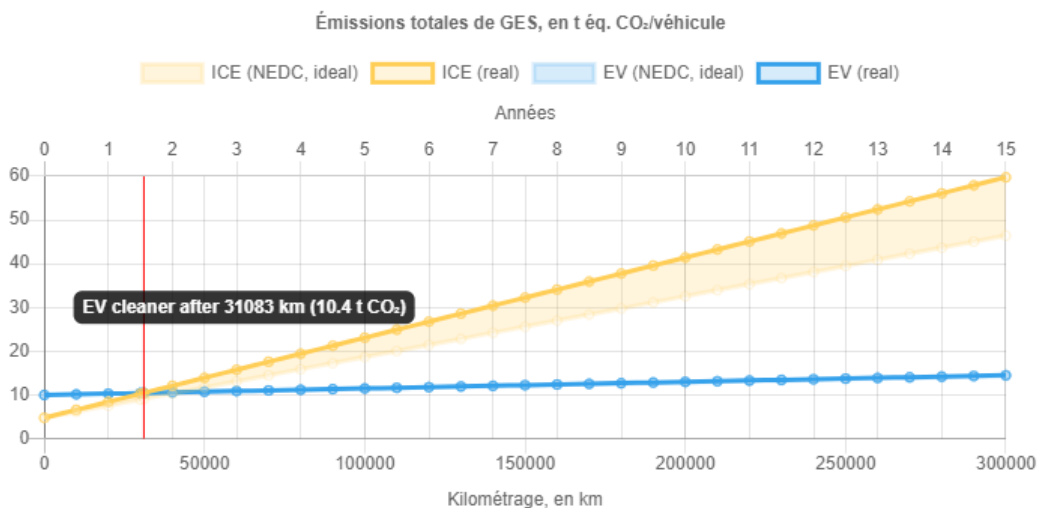
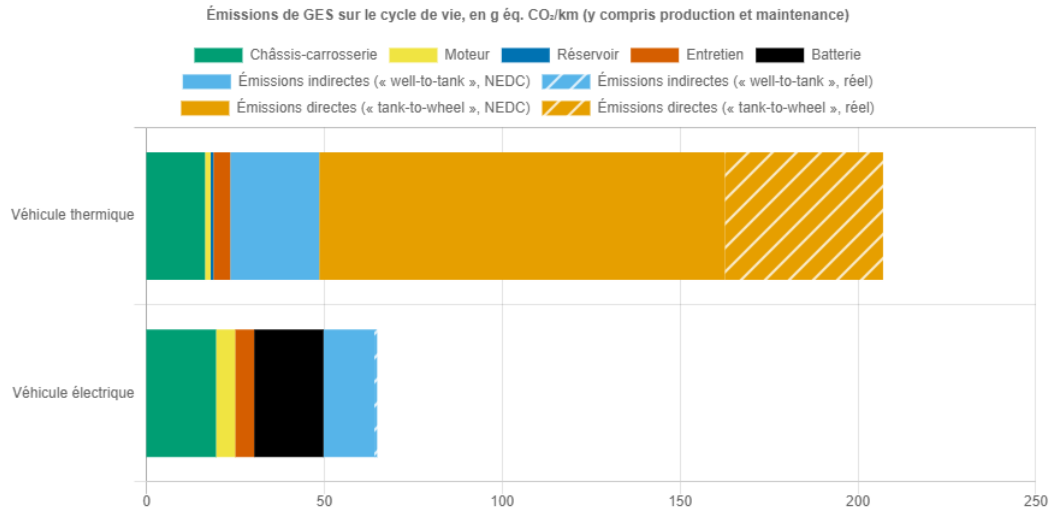
- Configuration de base, détaillée (hors impact infrastructure ; de nombreux autres impacts env. sont documentés par l'outil)
- Année 2023, mix électrique d'usage sur 2023-2039
- Essence, diesel, électrique
- Voitures citadines et berlines compactes
- 200 000 km de durée de vie ; batteries de 48 et 55 kWh (environ 100 kgCO₂e/kWh)

Résultats et commentaires

- Citadines : **-56 et -59 %** par rapport au diesel et à l'essence
- Berlines : **-54 et -58 %** en rapport au diesel et à l'essence
- L'outil permet aussi de prendre en compte l'impact carbone de l'infrastructure routière, qui croît avec le poids du véhicule ; en l'intégrant, cela limite les baisses entre **-49 %** et **-54 %**

Emissions sur le cycle de vie des citadines (en haut) et berlines compactes (en bas) vendues en France en 2023

Outil Climobil



Emissions sur l'ensemble du cycle de vie (en haut) et selon le kilométrage (en bas)

Hypothèses d'ACV

- Configuration de base de l'outil (possibilité de choisir des modèles de voitures, jusqu'à 2017 ; une mise à jour de l'outil est prévue à l'avenir)
- Comparaison de la Clio et la Zoé de 2017 ; en France ; 200 000 km de durée de vie

Résultats et commentaires

- **-69 %** par rapport à l'essence (division par 3,2)

Outil Cars CO₂ Comparator

Tests, modeling & design by



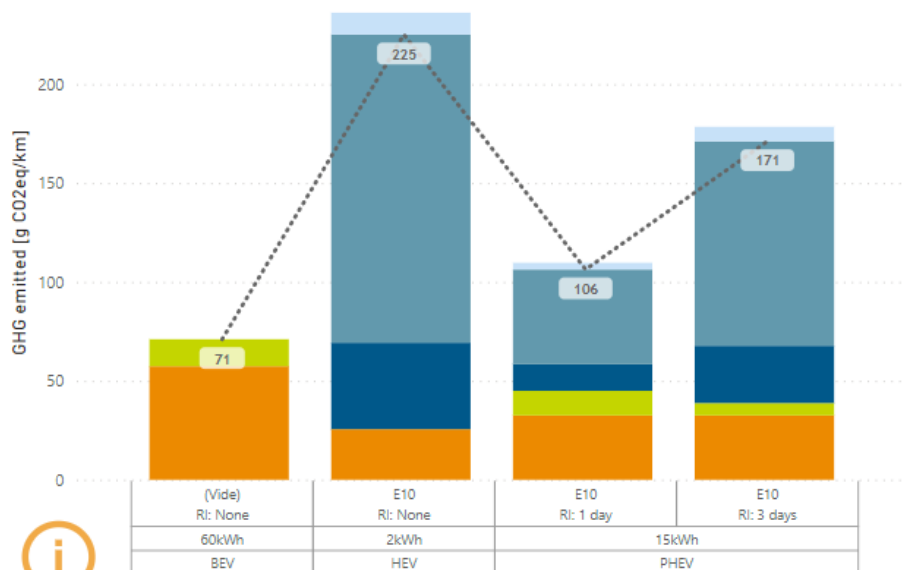
Life cycle assessment (LCA) of greenhouse gas emissions from passenger cars in real-world conditions

A function of electrification level, end-user behavior, fuel, industrial and energy sector key parameters

Please click on the information buttons to get further explanations for each parameter



● Manufacture ● Electricity ● Fuel WTT ● Fuel TTW minus Recycled CO₂ ● Recycled CO₂ Total LCA GHG



As powertrains diversify in their electrification levels – Hybrids (HEV), Plug-in Hybrids (PHEV) and Battery Electric Vehicles (BEV) – along with the fuel production pathways – fossil and renewable routes – the carbon footprint over their life cycle heavily depends on their use cases (e.g. driving profile) and context of use (e.g. carbon intensity of electricity). This interactive tool allows to design several scenarios combining these parameters and to compare their environmental performance.



To reset to default parameters, please use the page refresh button of your browser

Vehicles

Electrification level: HEV, PHEV, BEV

Battery capacity [kWh]: 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140

Battery production [kgCO₂eq/kWh]: 100

Total lifetime mileage [km]: 125000, 150000, 187500, 250000

Usages

Recharge interval (RI) for PHEVs [days]: 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0

Daily vehicle mileage scenarios: Short, Average, Long, Certification

Climate: Cold, Temperate, Hot

Energies

Electricity carbon intensity gCO₂eq/kWh: 55

Mostly fossil, available today: B7 - fossil diesel blended with 7% renewable biodiesel, E10 - fossil gasoline blended with 10% renewable ethanol

100% renewable Diesel, available today: HVO, made from renewable vegetable oil and waste cooking oil

100% renewable, future fuel: e-Diesel, made from renewable electricity and captured CO₂; e-gasoline, made from renewable electricity and captured CO₂

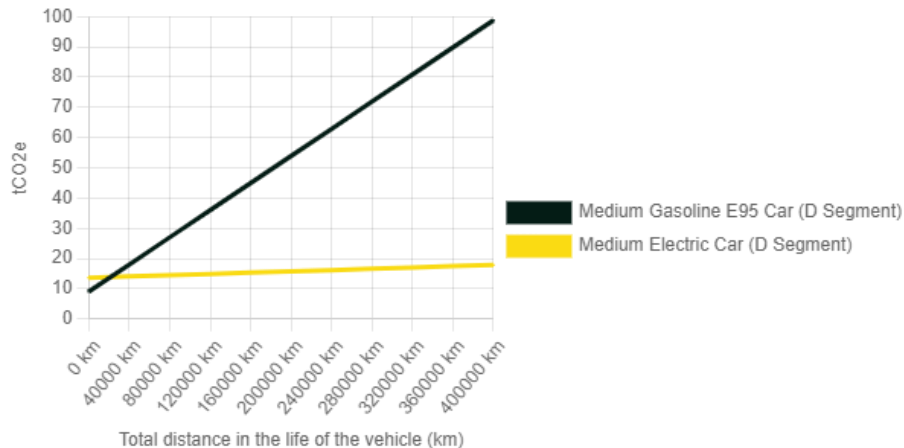
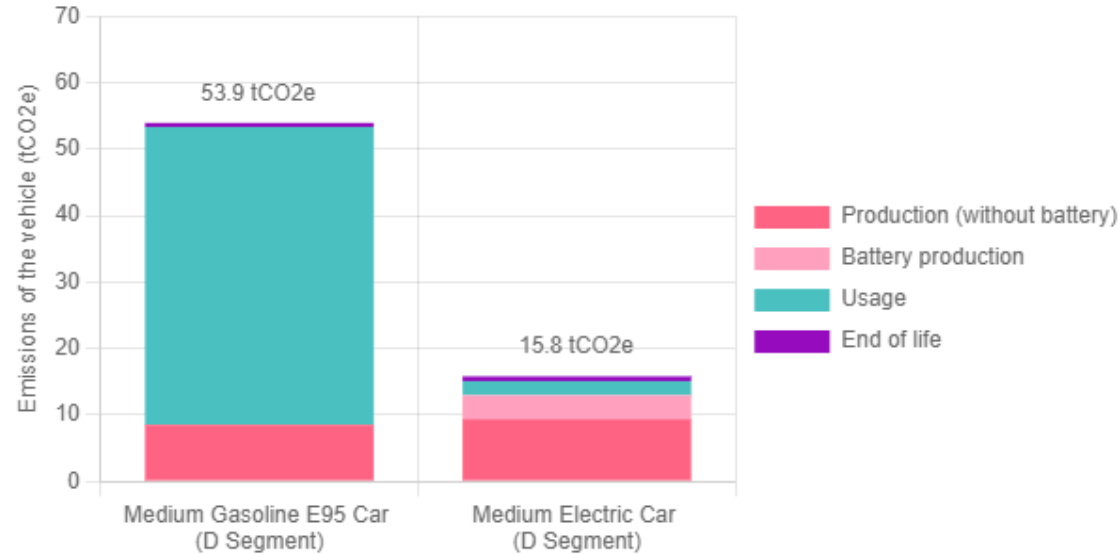
Hypothèses d'ACV

- Configuration de base de l'outil
- Exemple avec le mix électrique en France (55 gCO₂e/kWh), batterie à 100 kgCO₂e/kWh, 187 500 km de durée de vie

Résultats et commentaires

- **-68 %** par rapport à l'hybride non rechargeable

Outil EV Footprint



Figures : Emissions sur l'ensemble du cycle de vie (en haut) et selon le kilométrage (en bas)

Hypothèses d'ACV

- Configuration de base de l'outil (outil très simple d'utilisation, lien en bas de page)
- Voitures essence et électriques ; Segment D (berline familiale) ; en France ; 200 000 km de durée de vie

Résultats et commentaires

- **-71 %** par rapport à l'essence (division par 3,4)

Paramètres structurants des analyses de cycle de vie

Mix électrique à l'usage

- Très contrasté selon les pays ; parfois considéré comme évolutif sur la durée de vie et d'utilisation du véhicule électrique

Durée de vie / kilométrage du véhicule

- Les émissions de l'électrique étant plus fortes à la production et plus faibles à l'usage du véhicule, un kilométrage important favorise l'électrique
- [Weymar et Finkbeiner](#) (2016) conseillent de retenir 200 000 km, surtout pour les segments A et B, et 230 000 km pour le segment C

Bilan carbone des batteries

- Progrès importants sur les dernières années, donc leur niveau dépend de l'année et des sources de données utilisées
- Dépend aussi des chimies de batterie (métaux utilisés, type de gisement...), du lieu de fabrication (mix électrique) ou de la capacité de l'usine...

Taille et poids du véhicule

- Le poids du véhicule influence les niveaux d'émissions en absolu mais pas forcément l'écart entre thermique et électrique

Capacité de la batterie

- Une forte capacité de batterie vient réduire le bénéfice de l'électrique, qui aura alors de plus fortes émissions à la production du véhicule

Fin de vie de la batterie

- Parfois, des baisses d'émissions pour la fin de vie sont intégrées, pour une seconde vie en batterie stationnaire (stockage) ou pour le recyclage

Consommations d'énergies des véhicules

- Parfois basées sur le cycle d'homologation, parfois des émissions réelles, ou des modèles sur des véhicules fictifs...
- La part de biocarburants incorporés pour les véhicules thermiques influence aussi ses émissions
- Les consommations dépendent aussi de la vitesse moyenne des véhicules

Emissions liées aux infrastructures

- Des émissions liées aux infrastructures de transport peuvent être ajoutées (ex : Sacchi et al), ce qui limite l'écart d'émissions entre les véhicules