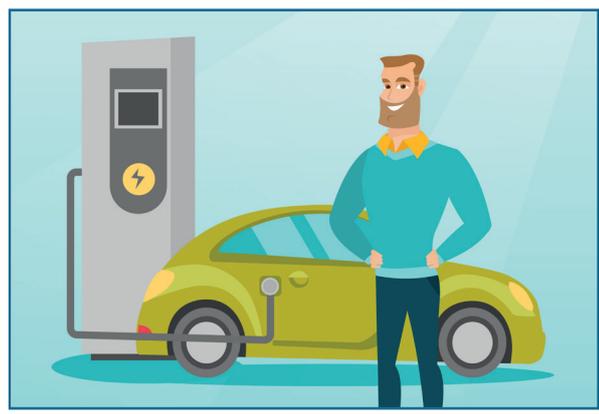




Fiche pédagogique

LES ÉMISSIONS DE CO₂ DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE : QUEL BILAN ?



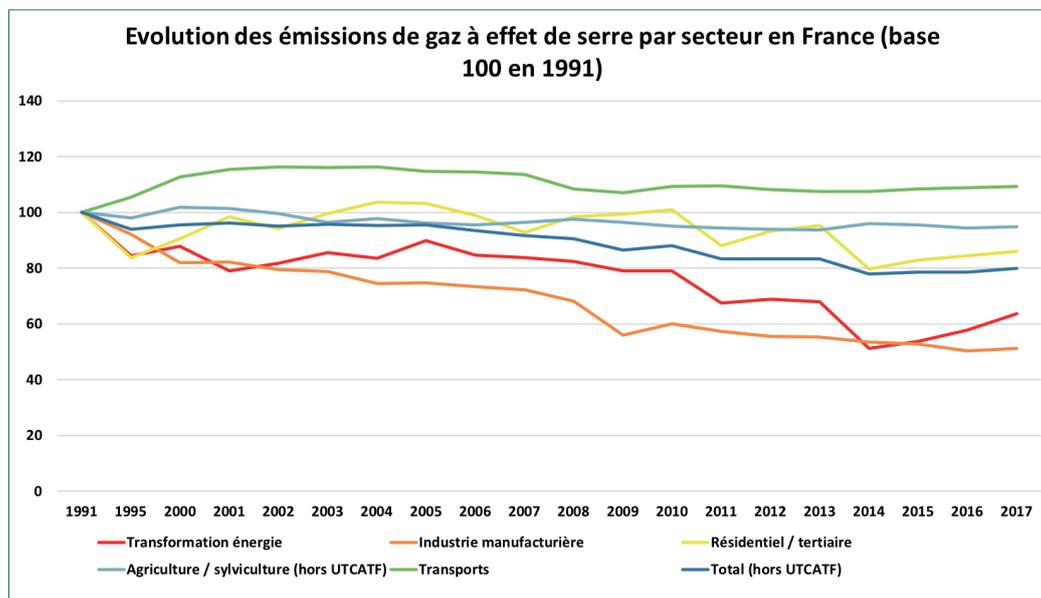
Consciente de l'importance de réduire les émissions de gaz à effet de serre des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers, l'Union européenne a mis en place dès 2009 une réglementation visant à réduire l'impact environnemental des nouveaux véhicules mis en circulation. Prenant en compte les émissions « *au pot d'échappement* » (également appelées émissions « *du réservoir à la roue* »), la dernière révision de cette réglementation a ouvert la porte à la prise en compte des émissions des véhicules sur des périmètres plus complets, dont les contours seront à définir par la Commission européenne en 2023.

Dans ce contexte, l'OIE revient sur les différentes analyses des émissions de gaz à effet de serre pour les véhicules et le bilan du véhicule électrique.



UN SECTEUR DES TRANSPORTS DIFFICILE À DÉCARBONER

Un tiers des émissions de gaz à effet de serre (GES) françaises est lié au secteur des transports et en particulier au transport routier, à l'origine de 95 % de ces émissions. Principalement générées par les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers¹, les émissions du secteur des transports sont les seules à avoir augmenté depuis 1991.



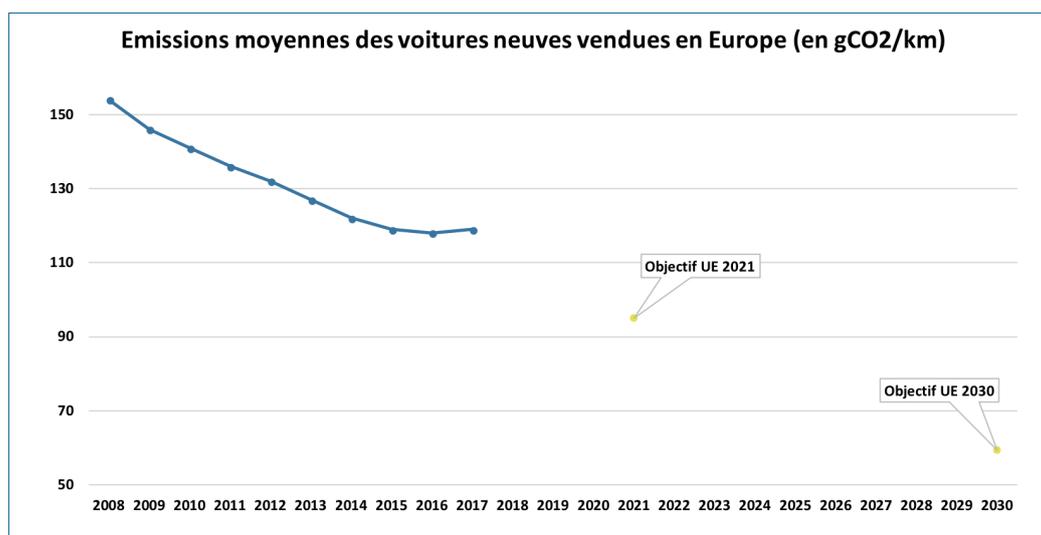
Source : CITEPA avril 2018, traitement UFE

Note de lecture : UTCATF signifie Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie

En 2017, s'agissant des véhicules mis en circulation en Europe, les émissions moyennes de CO₂ par kilomètre parcouru ont augmenté de 0,4 gCO₂/km par rapport à 2016 (+0,6 gCO₂/km en France) et atteignaient

alors 118,5 gCO₂/km, loin des 95 gCO₂/km prévus par la réglementation européenne en 2021². Face à la nécessité de poursuivre et d'accélérer la baisse des émissions de CO₂ des véhicules neufs, la réglementation

européenne a fixé un nouveau cap pour 2030 avec un objectif de réduction de ces émissions de 37,5 % pour les voitures neuves par rapport aux objectifs 2021³, soit des émissions moyennes de CO₂ d'environ 59 gCO₂/km⁴.



Source : AAAData et ACEA

1. En 2015, les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers étaient responsables de 77 % des émissions du secteur du transport routier, les véhicules lourds représentant quant à eux 22 % de ces émissions. Commissariat général au développement durable, Chiffres clés du transport, 2018. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

2. Voir le Règlement (CE) n° 443/2009 du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0001:0015:fr:PDF>

3. Council of the European Union, 2019 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST_5091_2019_EXT_1&from=EN

4. The International Council for Clean Transportation, 2019 https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_20190123.pdf



En France, au mois de juillet 2017, le Ministre de la Transition écologique et solidaire a présenté le **Plan Climat, qui comporte un objectif de « fin des ventes de voitures émettant des gaz à effet de serre d'ici 2040 »**. Ce plan s'inscrit dans le cadre plus large des engagements de la France concernant la réduction des émissions de GES (dont l'Accord de Paris fait

partie) et relève les ambitions existantes dans le domaine de la mobilité individuelle. Cet objectif de fin de ventes de ces véhicules est en outre un des points centraux de la Stratégie nationale bas carbone en France.

Toutefois, si les différentes réglementations européennes et françaises tendent à réduire

les émissions de CO₂ des véhicules, **la question du périmètre d'évaluation de ces émissions est déterminante pour garantir la pertinence des solutions alternatives mises en avant**. Cela permet également de cibler au mieux les axes d'amélioration en matière de réduction des émissions de CO₂.

QUELLES ANALYSES POUR LES ÉMISSIONS DE CO₂ ?

A l'heure actuelle, les objectifs en termes de réduction des émissions de CO₂ des véhicules concernent uniquement les gaz émis en phase d'utilisation des véhicules. Une telle analyse s'avérerait pertinente dans la mesure où la totalité des ventes concernait des motorisations thermiques, fortement émettrices durant les phases d'usage des véhicules. Cependant, **l'arrivée de nouvelles technologies, telles que les véhicules électriques ou les véhicules à pile à combustible consommant de l'hydrogène, conduit à repenser le cadre d'analyse pour garantir la pertinence des choix faits d'un point de vue climatique.**

Du réservoir à la roue : les émissions liées à l'usage

Ce type d'analyse coïncide à la mesure « **au pot d'échappement** » (« **tank to wheel** ») des rejets de CO₂ générés par les véhicules, notamment en raison de la combustion des carburants. Afin de classer des véhicules en termes d'émissions « **au pot d'échappement** »,

Les sources de pollution du transport routier

Au-delà des émissions de gaz à effet de serre et des enjeux climatiques, les transports ont un rôle crucial à jouer dans l'amélioration de la qualité de l'air : en France, ce secteur est ainsi responsable de 35 % des émissions de particules fines (16 % de PM 10 et 19 % de PM_{2,5}) et de 59 % des émissions d'oxydes d'azote NO_x, avec une concentration particulièrement élevée dans les grandes agglomérations. Selon Santé publique France, la pollution de l'air a causé **48 000 décès prématurés chaque année en France**.

A cela s'ajoutent les conséquences sanitaires souvent négligées du bruit généré par les transports, chiffrées au niveau européen à 40 milliards d'euros par an par l'Agence Européenne de l'Environnement. Selon l'ADEME, le transport routier est responsable de plus de la moitié de la pollution sonore en France.

il est nécessaire d'évaluer la consommation énergétique du véhicule, qui dépend de caractéristiques intrinsèques à ce dernier : puissance de la motorisation, poids du véhicule, énergie utilisée, conditions d'utilisation, etc.

Ainsi, un véhicule léger avec une faible puissance dans le moteur tendra à émettre moins de CO₂ qu'un véhicule plus lourd et plus

puissant. Toutefois, afin de pouvoir comparer plus directement entre elles les technologies des groupes moteurs et/ou les énergies utilisées, **les analyses sont réalisées par segment de véhicules, de façon à normaliser des caractéristiques comme la taille ou la puissance des véhicules** (voir encadré ci-dessous).

A titre d'illustration, en considérant ce périmètre de mesure des émissions, pour un segment donné, les véhicules à motorisation essence émettent plus de CO₂ qu'un véhicule à motorisation diesel, alors que les véhicules électriques et les véhicules à pile à combustible n'émettent pas de CO₂ à l'usage.

La segmentation du marché automobile

En Europe, les segments du marché automobile sont identifiés par des lettres.

On distingue alors les segments :

- B₀ des micro-urbaines comme la Smart
- A ou B₁ des urbaines ou petites citadines comme la Renault Twingo ou la Toyota Aygo
- B ou B₂ des citadines/polyvalentes comme la Peugeot 208 ou la Renault ZOE et des monospaces citadins comme la Fiat 500L
- C des compactes comme l'Audi A3 ou la Nissan LEAF. Ce segment comprend aussi les monospaces compacts comme le Volkswagen Touran
- D des berlines familiales comme l'Alfa Romeo Giulia ou la Volvo S60
- E des familiales intermédiaires comme l'Opel Insignia ou la Tesla Model 3
- F et F-Luxe comme la Mercedes Classe S ou la Lexus LS
- Monospaces comme le Renault Espace
- SUV comme le Jeep Cherokee, les SUV étant répartis en 5 classes de taille
- Pick-up comme le Dodge Dakota
- Sportive comme la Nissan GTR.



Du puits à la roue : l'intégration des émissions liées à la production des carburants

En plus des émissions liées à l'utilisation du véhicule, les analyses du « *puits à la roue* » (« *well to wheel* ») permettent de prendre en compte, pour tous les types de motorisations, les émissions de CO₂ liées à la production de l'énergie utilisée dans la production des carburants.

Ainsi, à titre d'illustration, pour un véhicule électrique à batterie, ce type d'analyses intégrera l'empreinte carbone de la production d'électricité qui est, par exemple en France de 57 gCO₂/kWh⁵. De même, pour un véhicule à pile à combustible, les modalités de production de l'hydrogène auront une incidence importante sur les émissions de ces véhicules dans les analyses du puits à la roue : les véhicules utilisant de l'hydrogène issu de

craquage d'hydrocarbures (principalement de méthane)⁶ présenteront de moins bons résultats dans les analyses du « *puits à la roue* » que ces mêmes véhicules utilisant de l'hydrogène produit par électrolyse, a fortiori avec l'électricité bas carbone telle que celle disponible en France. Enfin, s'agissant des véhicules à combustion interne ou véhicules thermiques, une voiture roulant au GNV (gaz naturel pour véhicules) émet environ 7 % de moins de CO₂ qu'un véhicule diesel et 25 % de moins qu'un véhicule essence⁷.

Du berceau à la tombe : l'analyse complète en cycle de vie

Les analyses en cycle de vie ont fait l'objet au milieu des années 1990 d'une normalisation internationale (normes ISO 14040 à 14043). Ces analyses correspondent à la « *compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un*

système de produits au cours de son cycle de vie »⁸. Ces analyses, qui s'appliquent à tous types de biens, se basent ainsi sur l'évaluation des émissions de trois phases :

- **La naissance** : les émissions liées à la production du véhicule et de ses composants, à la production des carburants ou de l'électricité (y compris la fabrication des unités de production de ceux-ci), à l'extraction des ressources minières nécessaires, mais aussi au transport des différents produits et à la distribution de ceux-ci ;
- **La vie** : les émissions liées à l'utilisation du véhicule, c'est-à-dire aux émissions issues des analyses « *tank to wheel* » décrites plus haut ;
- **La mort** : il s'agit ici des émissions liées au traitement (valorisation ou élimination) des déchets.

Synthèse des analyses d'émissions de CO2 des véhicules

Analyse	Au pot d'échappement (« <i>Tank to wheel</i> »)	Du puits à la roue (« <i>Well to wheel</i> »)	En cycle de vie du véhicule (« <i>Cradle to grave</i> »)
Description du périmètre	Utilisation du véhicule	Utilisation du véhicule Production de l'énergie	Fabrication et transport du véhicule et de ses composants Production et transport de l'énergie Utilisation du véhicule Fin de vie du véhicule

PRÉSENTATION DES PRINCIPALES ÉTUDES EN CYCLE DE VIE POUR LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE

Si dans une logique d'émissions en phase de roulage, les véhicules électriques présentent des avantages indéniables pour diminuer, en plus des polluants atmosphériques et du bruit, les émissions de CO₂, il est important qu'ils soient aussi une solution pertinente lorsque l'on considère des analyses en cycle de vie (ACV). Comme cela est précisé précédemment, ces analyses permettent, s'agissant des véhicules électriques, de prendre également en compte les émissions liées à la production des batteries : cette étape énergivore est actuellement quasi-

exclusivement réalisée dans des pays d'Asie, caractérisés par un mix électrique plus carboné que celui existant en France. Sans pour autant prétendre être exhaustif, l'OIE synthétise ci-dessous les résultats de différentes études sur le sujet.

En décembre 2017, la Fondation pour la Nature et l'Homme (FNH) et la Fondation européenne pour le climat (ECF), en partenariat avec de nombreux acteurs tels que SAFT, Avere France, le groupe Renault et RTE, ont publié une étude comparant

les émissions en tonnes-équivalent CO₂ des véhicules thermiques et électriques (citadines et berlines) en 2016 et à l'horizon 2030 en France⁹. Cette étude, qui tient également compte de la phase de recyclage des batteries, montre qu'aussi bien en 2016 qu'en 2030, **les véhicules thermiques présentent des potentiels de réchauffement climatique plus important que les véhicules électriques ou hybrides rechargeables, ces derniers étant, en fonction des scénarios de l'étude, deux à trois fois moins émetteurs que les véhicules thermiques.**

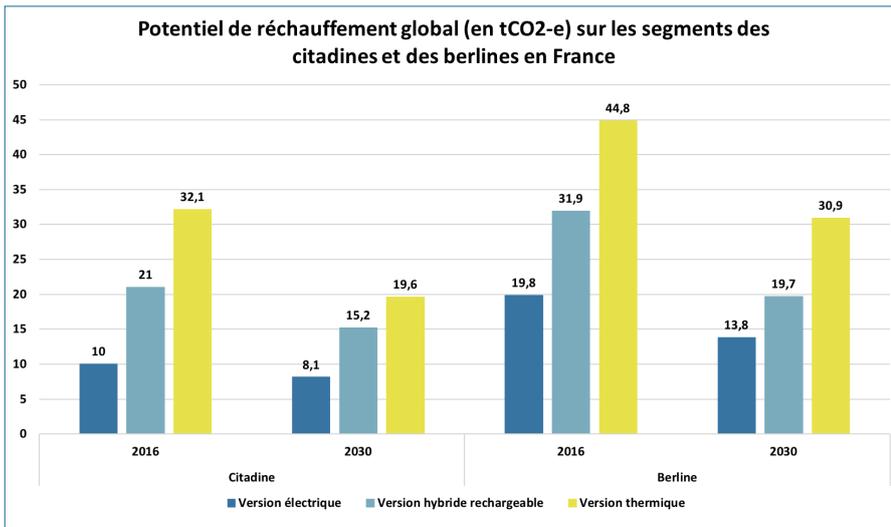
5. Cette valeur est issue de la base carbone de l'Ademe. Pour plus de détail, OIE, [Le contenu carbone des énergies](#), 2019

6. Pour plus de détail, OIE, [L'hydrogène dans la transition énergétique](#), 2018

7. <https://www.gaz-mobilite.fr/>

8. Organisation internationale de normalisation, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:fr>

9. L'hypothèse retenue ici est une durée de vie de 10 ans des véhicules, les citadines parcourant 15 000 km par an alors que les berlines sont supposées parcourir 25 000 km. Pour voir le détail de l'étude : <https://europeanclimate.org/>



Impact du mix électrique au niveau européen sur l'ACV

Afin de prendre en compte des mix électriques différents, l'étude soutenue par la Fondation européenne pour le climat a été prolongée en considérant les caractéristiques du Royaume-Uni, de l'Italie et de l'Union européenne¹⁰. Il ressort de cette étude complémentaire que, y compris lorsque sont pris en compte des mix électriques plus carbonés que celui existant en France, les véhicules électriques présentent une empreinte carbone moindre que les véhicules thermiques et que les véhicules à hybridation légère (hybrides non rechargeables)¹¹.

Source : FNH et ECF

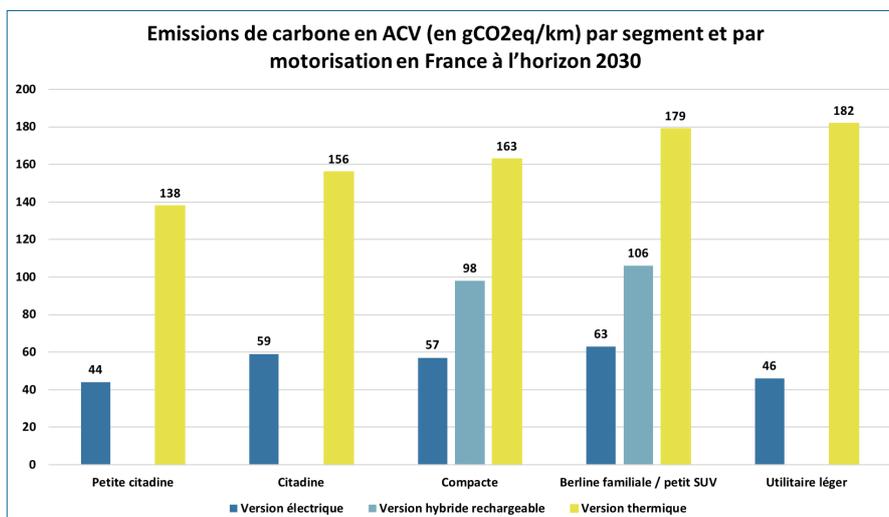
Note de lecture : Il est supposé qu'en 2030 les modèles thermiques soient des véhicules à hybridation légère.

Plus récemment, l'IFP Energies Nouvelles et l'ADEME ont également publié une étude visant à comparer les émissions en termes de CO₂ des véhicules électriques, véhicules hybrides rechargeables, véhicules thermiques et véhicules à hybridation légère dans le cadre d'une utilisation urbaine des véhicules. **Cette étude présente également l'intérêt d'analyser différentes motorisations des bus utilisés pour le transport urbain.** S'agissant de l'impact environnemental des différents types de motorisation, les véhicules électriques et hybrides rechargeables sont, sur les différents segments étudiés, significativement moins

émetteurs de CO₂ que les véhicules thermiques, ce constat prévalant également pour les bus.

Enfin, le cabinet de conseil Carbone 4 a étudié les écarts en termes d'empreinte carbone des véhicules thermiques et des véhicules électrifiés en France à l'horizon 2030 sur l'ensemble du cycle de vie des véhicules c'est-à-dire en intégrant à la fois le recyclage des batteries – cette obligation existe déjà dans la réglementation européenne – et des voitures ainsi que l'empreinte carbone des centrales électriques et pas seulement leur utilisation. En tenant compte du recyclage

des batteries, qui permet de réduire les impacts liés à la production des batteries, **l'étude conclut que le rapport des émissions totales entre un véhicule léger électrique et un véhicule léger thermique est compris entre un facteur 2,5 et un facteur 4** (cf. figure ci-dessous). A l'instar d'autres études sur le sujet, la présente étude souligne l'importance de disposer d'un mix électrique décarboné comme cela est le cas en France et l'impact positif du nombre de kilomètres effectués avec le véhicule pour accroître l'effet positif des véhicules électriques en termes de réduction d'émissions.



Source : Carbone 4

10. L'étude complémentaire est disponible à l'adresse suivante : <https://europeanclimate.org/>

11. Il convient de noter que l'organisation non gouvernementale Transport & Environment a mené en 2017 une étude similaire sur l'impact des véhicules électriques au niveau européen. Ses conclusions sont similaires à celle évoquée ici.



Synthèse des études en ACV

Etude	FNH/ECF	Ademe/IFPEN	Carbone 4
Analyse	« Du berceau à la tombe »		
Véhicules étudiés	Citadines et berlines	Citadines, compactes, berlines familiales, utilitaires légers, bus et poids lourds	Petites citadines, citadines, compactes, berlines familiales/petits SUV et utilitaires légers
Unités	tCO ₂ -eq	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km
Écarts d'émissions par rapport à la version thermique	Entre 2,2 et 3,2 fois moins d'émissions des versions électriques	Environ entre 2 et 6 fois moins d'émissions des versions électriques	Entre 2,6 et 4 fois moins d'émissions des versions électriques

CONCLUSIONS

Le poids du secteur des transports dans les émissions de gaz à effet de serre en France et en Europe a conduit les pouvoirs publics à renforcer les ambitions en matière de performances environnementale et climatique des véhicules qui seront mis sur le marché dans les années à venir. La diversification des technologies présentes ou futures sur le marché automobile et la prise en compte des impacts environnementaux

globaux supposent de disposer de mesures des émissions basées sur des périmètres plus complets. Pour ce faire, une évolution progressive des analyses des émissions de CO₂ « *du réservoir à la roue* » vers des analyses « *du berceau à la tombe* » s'impose mais reste complexe à mettre en œuvre en pratique dans les réglementations. Néanmoins, le résultat de ces comparaisons entre motorisations s'avère être déterminant

pour définir les technologies garantes d'une réduction globale des émissions de gaz à effet de serre et d'atteinte de la neutralité carbone à horizon 2050. Dans cette optique, les études présentées dans cette note montrent le rôle que peuvent être amenés à jouer les véhicules électriques dans la réduction de l'empreinte carbone du transport routier.