



ZEN ZÉRO ÉMISSIONS NETTES

ÉCONOMIE

Mars 2023 • www.institutparisregion.fr

DES POIDS LOURDS « ZÉRO ÉMISSION » POUR DÉCARBONER LE FRET ROUTIER

90 %

DES MARCHANDISES TRANSITENT
PAR LA ROUTE

-90 %

D'ÉMISSIONS DE CO₂ D'ICI 2040 POUR
LES POIDS LOURDS NEUFS EN EUROPE
(OBJECTIF CONTRAIGNANT PROPOSÉ
PAR LA COMMISSION EUROPÉENNE)

PARMI LES DIFFÉRENTS LEVIERS PERMETTANT DE RÉDUIRE L'IMPACT CLIMATIQUE DU TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES, LES POIDS LOURDS DITS « ZÉRO ÉMISSION » (ÉLECTRIQUES, À BATTERIE OU À HYDROGÈNE) S'AFFIRMENT COMME UNE SOLUTION INCONTOURNABLE. QUELS SONT LES DERNIERS DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES ET RÉGLEMENTAIRES EN LA MATIÈRE ?

Responsables de 31 % des émissions régionales de gaz à effet de serre (GES)¹, les transports routiers de personnes et de marchandises sont le deuxième secteur le plus émetteur en Île-de-France, derrière le bâti résidentiel et tertiaire (47 %). Les émissions des transports routiers ont déjà baissé de 18 % entre 2005 et 2019 (lire encadré p. 2), mais ce rythme doit encore être accéléré afin de contribuer aux objectifs climatiques de la Région, de la France et de l'Union européenne (UE)² : une réduction d'au moins 55 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 1990, et zéro émission nette de GES en 2050, incluant un objectif de décarbonation quasi complète des transports routiers à cet horizon. Cela est encore plus vrai pour le segment du fret routier (transport de marchandises par poids lourds), dont les émissions en Île-de-France n'ont baissé que de 3 % entre 2005 et 2019, grâce à une légère baisse des kilomètres parcourus³. Or à eux seuls, les poids lourds représentent 25 % des émissions de GES des transports routiers franciliens, pour seulement 8 % des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules motorisés sur les routes d'Île-de-France. Rapportée aux kilomètres parcourus, la décarbonation du fret routier est donc un moyen particulièrement efficace de contribuer à réduire les émissions de GES des transports routiers franciliens dans leur ensemble.

LES LEVIERS DE DÉCARBONATION DU FRET ROUTIER

Aujourd'hui, en Île-de-France, 90 % des marchandises transitent par la route, 6 % par la voie d'eau et 4 % par le rail. Cette prédominance de la route dans le transport de marchandises implique qu'il faut agir sur au moins deux leviers complémentaires pour réduire les émissions de GES du fret routier. En premier lieu, il s'agit de réduire la part du fret routier lui-même en favorisant le report modal vers le fret ferroviaire et les modes fluviaux bas-carbone⁴, avec d'évidentes marges de progression en la

En couverture

Station de recharge pour poids lourds électriques, port de Göteborg, Suède.

UNE BAISSÉ DES ÉMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER DEUX FOIS PLUS FORTE EN ÎLE-DE-FRANCE QU'EN FRANCE

Le principal facteur expliquant la réduction des émissions de GES du transport routier de personnes et de marchandises sur la période récente est la réglementation européenne, qui a limité les rejets de CO₂ moyens des véhicules individuels par constructeur à 130 g/km à partir de 2015*, puis à 95 g/km à partir de 2020**. Cela a en effet contraint les constructeurs à mettre progressivement sur le marché de nouveaux modèles moins émetteurs. La baisse a cependant été deux fois plus importante en Île-de-France (-18%) que dans l'ensemble de la France (-9%) entre 2005 et 2019. Cette différence s'explique principalement par le fait que le nombre de kilomètres totaux parcourus sur cette période a baissé de 3% en Île-de-France, tandis qu'il a continué de croître au niveau national.

* Règlement (CE) n° 443/2009
** Règlement (UE) 2019/631

L'EMPREINTE CARBONE DES CAMIONS ÉLECTRIQUES

Même en prenant en compte l'empreinte carbone tout au long du cycle de vie, les camions électriques sont beaucoup moins émetteurs que les diesels. Une étude récente de l'ONG ICCT* a ainsi calculé que les émissions de GES générées sur toute sa durée de vie par un poids lourd électrique à batterie fabriqué en Europe (y compris la batterie) et alimenté avec le mix électrique européen moyen actuel, sont déjà inférieures de 63% à 76% (en fonction du tonnage du véhicule) à celles de son équivalent diesel. Ces performances continueront de s'améliorer à mesure que le mix électrique européen poursuivra sa décarbonation, pour atteindre des réductions d'émissions de plus de 90% lorsqu'il sera 100% décarboné. Il en sera de même pour un poids lourd roulant à l'hydrogène 100% décarboné. Grâce à son électricité décarbonée à plus de 90%, la France permet d'atteindre dès aujourd'hui des performances supérieures à la moyenne européenne.

* International Council on Clean Transportation

matière. Cependant, même si l'on parvenait ainsi à réduire le nombre de poids lourds dans les années à venir, la prépondérance actuelle du fret routier est telle que de nombreux poids lourds continueraient de rouler sur les routes franciliennes dans un avenir prévisible. Pour décarboner le fret routier, il faut donc aussi accroître la part des alternatives bas-carbone dans le parc de poids lourds, aujourd'hui à plus de 99% à motorisation diesel.

BATTERIE ET HYDROGÈNE : LES DEUX TECHNOLOGIES PRIVILÉGIÉES

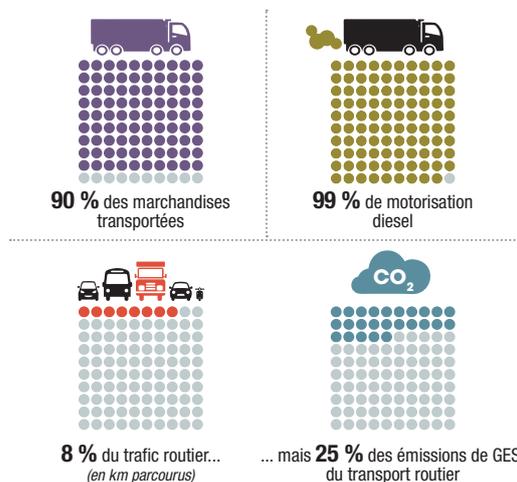
Les camions poids lourds sont les camions de plus de 3,5 tonnes de poids total autorisé en charge. Dans la nomenclature européenne, ils sont un sous-ensemble des véhicules utilitaires lourds, qui comprennent aussi les autobus et les autocars. L'UE distingue deux grandes catégories de véhicules utilitaires lourds bas-carbone : d'une part, les véhicules « à faibles émissions », dotés d'un moteur à combustion interne, dont les émissions de CO₂ sont inférieures d'au moins 50% aux émissions de CO₂ de référence du sous-groupe de véhicules auxquels ils appartiennent ; d'autre part, les véhicules « à émission nulle », ou « zéro émission », sans moteur à combustion interne ou dont les émissions de CO₂ sont inférieures à 1 g/kWh ou à 1 g/km⁵. Les émissions de CO₂ considérées ici sont les émissions à l'échappement, et non pas en analyse de cycle de vie (ACV) complète : elles n'intègrent donc pas les émissions générées en amont (extraction des matériaux, construction des véhicules, fabrication des batteries, etc.) ni en aval (fin de vie des véhicules – lire encadré ci-contre). En ce sens précis, les deux technologies « zéro émission » promues par l'UE pour décarboner les transports routiers lourds sont la batterie et la pile à combustible à hydrogène.

De leur côté, les biocarburants et le biogaz ne sont pas considérés comme des solutions « zéro émission » puisqu'ils émettent du CO₂ à l'échappement, mais « à faibles émissions », ce CO₂ étant issu de la biomasse et non d'origine fossile. Leur principal avantage par rapport à l'hydrogène et à la batterie est qu'ils peuvent être utilisés dans les poids lourds à moteur thermique, soit à 100%, soit – le plus souvent – en mix avec le diesel ou le gaz naturel véhicule (GNV). Ils peuvent ainsi contribuer dès aujourd'hui à décarboner le parc existant de poids lourds. Cependant, le potentiel de production de biocarburants durables (du point de vue de la concurrence avec les usages alimentaires, des impacts sur la biodiversité, etc.) est réel, mais loin d'être infini à court et moyen termes. Les biocarburants devraient donc être orientés en priorité vers les secteurs qui n'ont guère d'autre choix de décarbonation à grande échelle pour au moins les deux prochaines décennies, comme le transport aérien – en particulier long-courrier. De plus, les biocarburants sont moins performants que la batterie et la pile à combustible pour réduire aussi la pollution sonore et atmosphérique (oxydes d'azote, particules fines, composés organiques volatils, ammoniac, etc.) dans les villes et les zones urbaines.

Pour ces différentes raisons, la stratégie européenne est de promouvoir les véhicules utilitaires lourds « zéro émission » comme principale solution de long terme pour parvenir à la décarbonation profonde du fret routier, et de promouvoir les véhicules « à faibles émissions » (et donc les biocarburants et le biogaz) comme solutions partielles et transitoires à court et moyen termes, en attendant que les véhicules « zéro émission » prennent le relais à plus grande échelle.

Cette stratégie européenne s'appuie principalement sur deux instruments législatifs complémentaires : les normes de performance en matière d'émissions de CO₂ pour les nouveaux véhicules utilitaires lourds et le règlement sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs (Afir).

Les poids lourds en Île-de-France, ce sont :



RÉDUIRE DE 90% LES ÉMISSIONS DE CO₂ DES POIDS LOURDS NEUFS EN 2040

Ce n'est que depuis 2019 que des exigences de performance en matière d'émissions de CO₂ ont été introduites pour les futures ventes de véhicules utilitaires lourds neufs au sein de l'UE : -15% de CO₂ à partir de 2025 par rapport à la période allant du 1^{er} juillet 2019 au 30 juin 2020, puis -30% à partir de 2030⁶. Il s'agit d'une réduction moyenne que chaque constructeur doit atteindre sur l'ensemble de sa flotte de poids lourds neufs. La publication du paquet législatif « Fit for 55 »⁷ et les pressions de nombreux acteurs (ONG, mais aussi constructeurs et transporteurs) ont conduit la Commission européenne, en février 2023, à proposer de nouvelles normes d'émissions plus contraignantes. Si l'objectif de -15% en 2025 n'est pas modifié, l'objectif 2030 passe en revanche de -30% à -45%, et deux nouveaux jalons sont ajoutés : -65% en 2035, puis -90% en 2040.



Cette proposition reste en deçà de l'objectif de 100 % de ventes de camions neufs « zéro émission » en 2040 que se sont déjà fixé plusieurs acteurs de la filière comme le Global Commercial Vehicle Drive to Zero, une coalition de gouvernements, de constructeurs (dont Scania et Volvo Trucks), de transporteurs et d'investisseurs, formée lors de la COP26, à Glasgow, en octobre 2021. Par ailleurs, les principaux constructeurs de poids lourds se sont déjà fixé pour 2030 des objectifs de ventes de camions « zéro émission » compris entre 40 % (MAN) et 70 % (Volvo Trucks). La Commission européenne considère cependant que sa nouvelle proposition – fruit d'un compromis avec les acteurs opposés à l'interdiction pure et simple du moteur thermique – constitue un signal politique suffisamment fort pour inciter la filière à s'engager fermement vers le poids lourd « zéro émission ». Les États membres et le Parlement européen doivent désormais se prononcer sur cette proposition.

ACCÉLÉRER LE DÉPLOIEMENT D'INFRASTRUCTURES DE RECHARGE SUR LE RÉSEAU ROUTIER EUROPÉEN

Le paquet « Fit for 55 » inclut également une révision de la directive sur les infrastructures de carburants alternatifs (Afid, pour *Alternative Fuels Infrastructure Directive*), qui devient au passage un règlement (Afir, pour *Alternative Fuels Infrastructure*

Regulation), plus contraignant pour les États-membres qu'une simple directive. Le 28 mars 2023, le Parlement européen et le Conseil sont parvenus à un accord sur ce règlement. Il prévoit que des stations de recharge réservées aux véhicules utilitaires lourds, d'une puissance minimale de 350 kW, devront être déployées tous les 60 km le long du réseau central du RTE-T et tous les 100 km le long du réseau global, plus vaste, du RTE-T à partir de 2025, une couverture complète du réseau devant être assurée à l'horizon 2030.

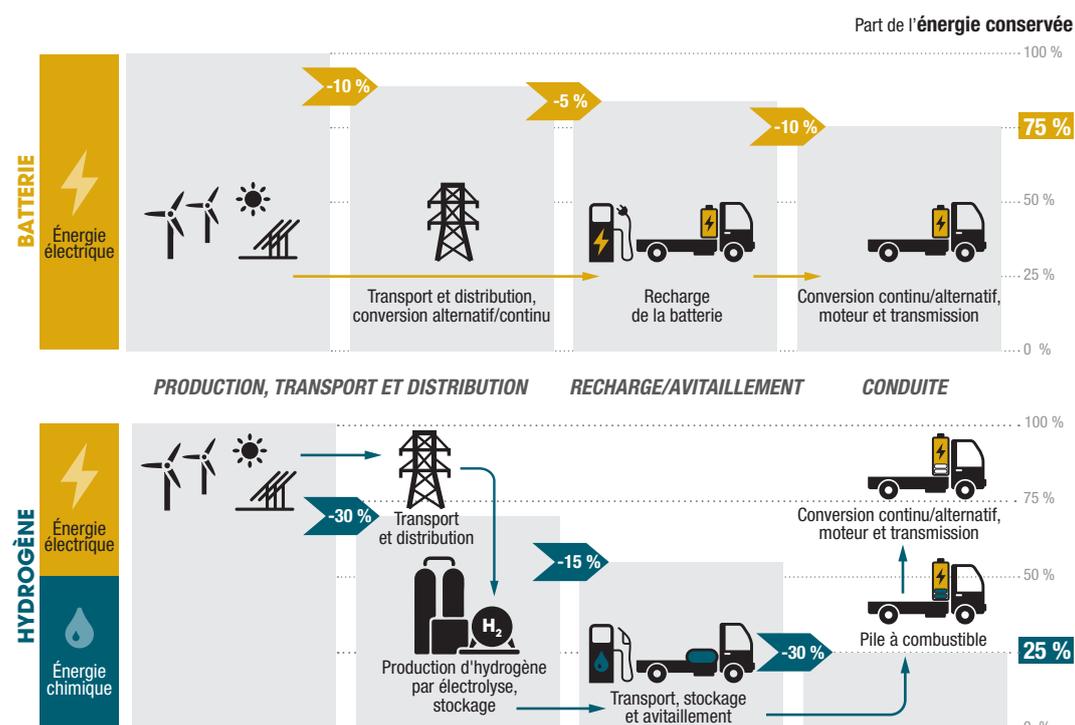
De plus, des stations de recharge devront être installées sur des aires de stationnement sûres et sécurisées pour la recharge de nuit ainsi que dans les nœuds urbains pour les véhicules de livraison. Il prévoit également que des infrastructures de ravitaillement en hydrogène pouvant être utilisées à la fois par des voitures et des camions devront être déployées à partir de 2030 dans tous les nœuds urbains et tous les 200 km le long du réseau central du RTE-T.

Cela répond à une demande pressante de la part des constructeurs européens de poids lourds, pour qui un réseau suffisamment dense de stations de recharge électrique et de distribution d'hydrogène pour les véhicules utilitaires lourds dans toute l'Europe est une condition essentielle au passage à l'échelle industrielle de la production de poids lourds « zéro émission »⁸.

LA BATTERIE ET L'HYDROGÈNE, ENTRE COMPÉTITION ET COMPLÉMENTARITÉS

De nombreux acteurs, à commencer par les principaux constructeurs, considèrent désormais que les poids lourds à batterie devraient se déployer plus rapidement et en plus grand nombre que leurs homologues à hydrogène⁹. Cela est principalement dû au fait que l'économie de l'hydrogène bas-carbone n'en est encore qu'à ses balbutiements, tandis que le segment des poids lourds électriques bénéficie déjà des améliorations technologiques, des effets de synergie et des économies d'échelle à l'œuvre dans l'industrie de la batterie et du véhicule électrique individuel¹⁰. Plusieurs modèles disponibles sur le marché atteignent déjà une autonomie de 400 km (Daimler eActros 400 6x2, Renault D ZE, Volvo FM 6x2, etc.), et jusqu'à 500 km pour des modèles annoncés en 2023 et 2024, comme le Daimler eActros LongHaul 4x2 et le Renault T electric. Or 62 % du trafic des poids lourds en Europe, calculé en tonne-kilomètre (t.km), est réalisé par des véhicules roulant moins de 400 km par trajet. Il est donc possible d'utiliser des poids lourds à batterie pour une part importante du fret routier européen avec des modèles qui sont déjà sur le marché.

Comparaison de l'efficacité énergétique entre poids lourds à batterie et à hydrogène



Les récents travaux de l'institut de recherche néerlandais TNO et de l'International Transport Forum (ITF, rattaché à l'OCDE) montrent aussi que les camions à batterie atteindront la parité de coût total de possession¹¹ avec leurs équivalents diesel avant 2030, dans la plupart des segments et des scénarios étudiés. Inversement, les poids lourds à hydrogène ne devraient être la solution la plus économique qu'après 2030, et seulement pour les trajets les plus longs et les plus complexes. Cela est dû principalement à des dépenses d'exploitation plus élevées pour les poids lourds à hydrogène du fait de coûts de carburant supérieurs, en lien direct avec la moindre efficacité énergétique de l'hydrogène par rapport à l'électrification directe permise par les véhicules à batterie (voir schéma ci-contre).

PLUSIEURS DIZAINES DE MODÈLES DE POIDS LOURDS « ZÉRO ÉMISSION » DÉJÀ DISPONIBLES

Selon l'Association des constructeurs européens d'automobiles (Acea), sur les 6,2 millions de poids lourds aujourd'hui en circulation dans l'UE, seuls une dizaine de milliers sont « zéro émission », soit 0,2 % du total. Leurs ventes, encore modestes, sont cependant en phase d'accélération : de 692 en 2019 à 1 239 en 2020, et plus de 2 500 en 2022. Tous les constructeurs ont soit commencé la production en série de poids lourds à batterie, soit en sont aux dernières étapes avant la production en série. Plusieurs dizaines de modèles différents sont déjà disponibles dans divers tonnages (jusqu'à 44 t) et configurations – de la distribution régionale au long-courrier, en passant par les véhicules de chantier. La production de poids lourds hydrogène en est, pour l'instant, à un stade moins avancé, avec un nombre de modèles plus réduit. Fin 2022, l'ICCT recensait ainsi 43 modèles de poids lourds électriques et huit modèles de poids lourds hydrogène déjà disponibles.

ANTICIPER ET PLANIFIER LE DÉPLOIEMENT DES INFRASTRUCTURES DE RECHARGE

L'Acea estime que, pour atteindre l'objectif actuel de -30 % d'émissions de CO₂ en moyenne pour les poids lourds neufs en 2030, il faudra à cette date un parc d'au moins 280 000 poids lourds « zéro émission » dans l'UE, dont 230 000 à batterie (soit 82 %) et 50 000 à hydrogène (18 %). À titre de comparaison, 290 000 poids lourds neufs (à 96 % diesel) ont été vendus dans l'UE pour la seule année 2021. Selon l'Acea, cela nécessitera de déployer d'ici 2030 dans l'UE entre 34 000 et 42 000 points de recharge, dont au moins 20 000 connecteurs de charge à haute puissance MCS (Megawatt Charging System, > 800 kW), ainsi que 500 à 1 500 stations d'avitaillement en hydrogène.

Les poids lourds « zéro émission » apparaissant comme l'une des solutions incontournables pour décarboner en profondeur le fret routier, il est important d'anticiper dès aujourd'hui les nombreux défis qu'ils vont poser, notamment en matière d'adaptation du réseau électrique et de déploiement des infrastructures de recharge : enjeux de localisation et de planification spatiale, de modèles de financement public et privé, ainsi que de flexibilisation de la demande (par exemple, via les systèmes de recharge intelligente). Ces enjeux, appliqués à l'Île-de-France, seront approfondis dans de prochains travaux de L'Institut Paris Region. ■

Martin Hervouët, chargé d'études,
département Économie (Vincent Gollain, directeur),

avec la collaboration de Dany Nguyen-Luong, directeur du département Mobilités et Transports, d'Antoine Beyer et de Florian Tedeschi, chargés d'études, département Mobilités et Transports

- Il s'agit des émissions se produisant directement sur le territoire régional (scope 1) ainsi que des émissions indirectes liées à la consommation d'électricité et de chauffage urbain (scope 2).
- Stratégie Énergie-climat de la Région Île-de-France, juillet 2018 ; loi Énergie-climat de novembre 2019 ; loi Climat européenne, adoptée en juin 2021.
- Source : « Bilan 2019 des émissions atmosphériques en Île-de-France », Airparif, octobre 2022.
- La Stratégie Fret et logistique 2022-2027 de la Région Île-de-France consacre ainsi l'un de ses quatre grands axes à assurer les conditions de la décarbonation des activités logistiques, en particulier via le soutien à la voie d'eau.
- Règlement (UE) 2019/1242 du 20 juin 2019. Dans sa proposition de révision de ce règlement, la Commission européenne propose un nouveau seuil à 5 g CO₂/t.km pour les véhicules « zéro émission ».
- Règlement (UE) 2019/1242 du 20 juin 2019.
- Publié en juillet 2021 par la Commission européenne, le paquet législatif « Fit for 55 » vise à adapter l'ensemble de la législation Énergie-climat de l'UE au nouvel objectif de réduction des émissions de GES d'au moins 55 % en 2030 par rapport à 1990.
- De leur côté, les systèmes de routes électriques à caténaires sont en théorie une solution intéressante, notamment pour les grands axes autoroutiers. Ils permettraient de réduire fortement le poids des batteries nécessaires pour les longues distances. La majorité des acteurs – industriels comme régulateurs – semblent cependant avoir fait le choix des infrastructures de recharge, plus flexibles et rapides à déployer.
- Commission européenne, « Étude d'impact de la révision des normes d'émission de CO₂ des véhicules utilitaires lourds neufs », p. 159, février 2023.
- Le segment des véhicules particuliers et des VUL électriques à batterie a déjà atteint le stade de la production industrielle de masse, avec un parc mondial de 27 millions de véhicules fin 2022 et 40 millions projetés pour fin 2023 – contre seulement quelques dizaines de milliers de véhicules à hydrogène actuellement en circulation dans le monde, selon le cabinet d'études dédié à la transition énergétique BloombergNEF.
- Le coût total de possession d'un véhicule (TCO, pour Total Cost of Ownership) comprend les dépenses d'investissement (Capex, pour Capital expenditure, correspondant au coût d'acquisition du véhicule) et les dépenses d'exploitation (Opex, pour Operational expenditure, dont le périmètre peut varier légèrement d'une méthodologie à l'autre, mais qui incluent toujours les deux postes majeurs de dépenses que sont le carburant et la maintenance).

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Nicolas Bauquet, DG
COORDINATION DES ÉTUDES
Sébastien Alavoine, DGA

DIRECTION DE LA COMMUNICATION

Sophie Roquette
RÉDACTION EN CHEF
Laurène Champalle
MAQUETTE
Jean-Eudes Tilloy

INFOGRAPHIE/CARTOGRAPHIE

Pascal Guéry
MÉDIATHÈQUE/PHOTOTHÈQUE
Julie Sarris

FABRICATION

Sylvie Coulomb
RELATIONS PRESSE
Sandrine Kocki
33 (0)1 77 49 75 78

L'Institut Paris Region

15, rue Falguière
75740 Paris cedex 15
33 (0)1 77 49 77 49

ISSN 2724-928X
ISSN ressource en ligne
2725-6839



institutparisregion.fr



RESSOURCES

- Beyer Antoine, « Quelle place pour l'Île-de-France dans le réseau transeuropéen de transport ? », *Note rapide* n° 971, L'Institut Paris Region, janvier 2023.
- Hemmerding Thomas, Sittler Lucas, « Quel déploiement des stations hydrogène pour la mobilité en Île-de-France », *Note rapide* n° 960, L'Institut Paris Region, octobre 2022.
- Hervouët Martin, Cordeau Erwan, « Quels leviers activer pour accélérer la transition bas-carbone de l'Île-de-France », *Note rapide* n° 942, L'Institut Paris Region, mai 2022.
- Prédali Frédéric, Nguyen-Luong Dany, Tedeschi Florian, Le Franc Adrien, Mimouni Narjis, « Mobilité électrique et smart grids : une synergie à développer », *Note rapide* n° 882, L'Institut Paris Region, février 2021.
- Acea, CO2 Standards for Heavy-Duty Vehicles, février 2023.
- Agence internationale de l'énergie, Global Electric Vehicle Outlook 2022.
- BloombergNEF, Zero-Emission Vehicles Factbook, novembre 2022.
- ICCT, A comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of European heavy-duty vehicles and fuels, février 2023.
- ICCT, A story of transition: How Europe's faring in its move to zero-emission trucks and buses, novembre 2022.
- International Transport Forum, Decarbonising Europe's Trucks: How to Minimise Cost Uncertainty, septembre 2022.
- Transport & Environment, Electric trucks take charge, octobre 2022.
- TNO, Techno-economic uptake potential of zero-emission trucks in Europe, octobre 2022.
- Zenon Research, Kearney, Decarbonizing heavy-duty road transport in Europe, octobre 2022.

