



Commission économique pour l'Europe**Comité des transports intérieurs****Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports****Trente-sixième session**

Genève, 4-6 septembre 2023

Point 8 a) de l'ordre du jour provisoire

Évaluation et suivi des questions nouvelles et des objectifs de développement durable : Tendances et difficultés concernant les transports routiers, les transports ferroviaires et les transports par voie navigable**Tendances générales et évolutions concernant les véhicules électriques et leurs infrastructures de recharge – vue d'ensemble de l'évolution des technologies de mobilité électrique dans les secteurs des véhicules de transport de personnes, des transports publics et du transport routier de marchandises****Note du secrétariat****I. Introduction**

1. Le Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports (WP.5) ayant demandé à sa précédente session que la publication « Transport Trends and Economics 2022-2023 » (Tendances et économie des transports pour la période 2022-2023) soit consacrée aux tendances générales et aux évolutions concernant les véhicules électriques et leurs infrastructures de recharge, le secrétariat a établi, avec le concours d'un consultant externe, un projet de publication figurant dans les documents ECE/TRANS/WP.5/2023/4, ECE/TRANS/WP.5/2023/5, ECE/TRANS/WP.5/2023/6, ECE/TRANS/WP.5/2023/7 et ECE/TRANS/WP.5/2023/8, qui sera soumis pour observations.

2. Le présent document présente une vue d'ensemble complète des tendances les plus récentes en matière de véhicules électriques de transport de personnes et de l'évolution des technologies des véhicules électriques, ainsi que de leurs applications dans les secteurs des transports publics et du transport routier de marchandises.

3. Les membres du WP.5 sont invités à faire part de leurs observations et de leurs propositions d'amélioration du texte et à présenter des études de cas nationales et des exemples de meilleures pratiques à inclure dans la version définitive de la publication.



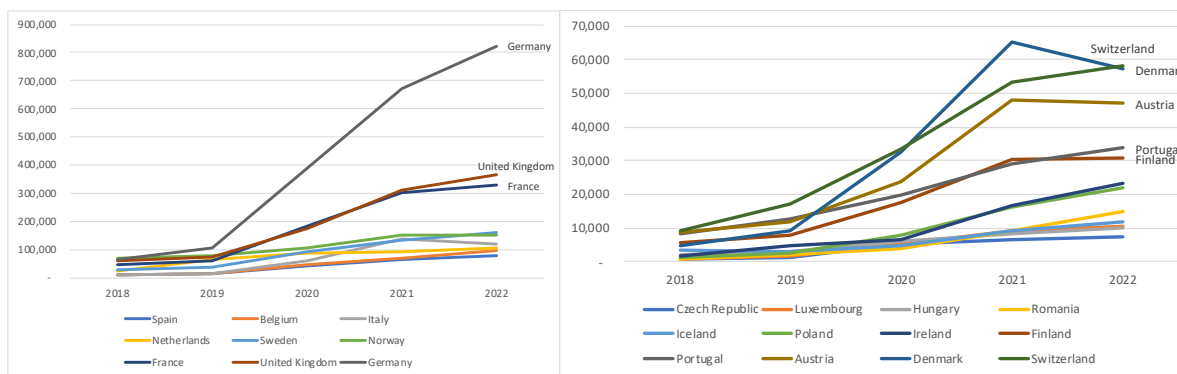
II. Véhicules électriques de transport de personnes

4. Les véhicules électriques de transport de personnes et de transport de marchandises ont tous deux un rôle à jouer dans la transition vers le transport durable. Bien que des progrès aient été réalisés dans le développement des deux types de véhicules, les avancées ont été plus importantes dans le secteur du transport de personnes que dans celui du transport de marchandises. Cela est dû au fait que les efforts de développement ont principalement porté sur les véhicules électriques de transport de personnes, de nombreux constructeurs proposant une vaste gamme de modèles aux consommateurs. C'est grâce aux avancées de la technologie des batteries et des infrastructures de recharge, ainsi qu'aux mesures et incitations publiques visant à promouvoir l'adoption des véhicules électriques, que ces progrès ont pu être réalisés. Dans leur rapport, Briceno-Garmendia et al. (2022) avancent que les véhicules électriques finiront par dominer le marché du transport de personnes dans le monde, le moment où cette transition s'effectuera étant fonction de l'environnement économique et financier de chaque pays.

A. Tendances de l'électrification des voitures particulières à usage privé

5. L'électrification des voitures particulières est une tendance qui connaît un développement rapide dans la région de la CEE. Les pays d'Europe occidentale, tels que l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni, sont en tête pour ce qui est du nombre de nouvelles immatriculations annuelles de voitures particulières électriques (fig. I). En 2022, l'Allemagne a enregistré plus de 800 000 voitures électriques à batterie, suivie par le Royaume-Uni, avec près de 370 000 véhicules. Les immatriculations de voitures électriques dans la région de la CEE ont connu une forte croissance dans l'ensemble, surtout entre 2019 et 2022. Ce phénomène s'explique en partie par l'adoption, en janvier 2020, du règlement (UE) 2019/631¹, qui fixe des normes d'émission de CO₂ pour les voitures particulières et les camionnettes neuves et qui a incité les constructeurs de véhicules à augmenter la production de véhicules électriques.

Figure I
Nouvelles immatriculations de voitures particulières dans la région de la CEE (véhicules électriques à batterie et véhicules électriques hybrides rechargeables)

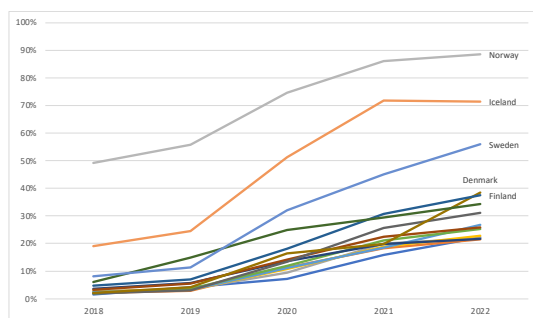


Source : Observatoire européen des carburants alternatifs. Disponible à l'adresse suivante : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/austria/vehicles-and-fleet>. Consulté le 31 mai 2023.

6. La part de marché des voitures électriques dans les pays de la CEE a également connu une forte augmentation (fig. II). La Norvège est toujours en tête de cette transition avec une part de marché des voitures électriques qui bat tous les records, soit 88 % en 2022, contre 49 % en 2018. Elle est suivie de près par l'Islande, la Suède, les Pays-Bas et la Finlande. En Finlande, la part de marché des voitures particulières électriques a connu une augmentation spectaculaire, passant de 4,7 % en 2018 à 37,6 % en 2022.

¹ Source : https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en.

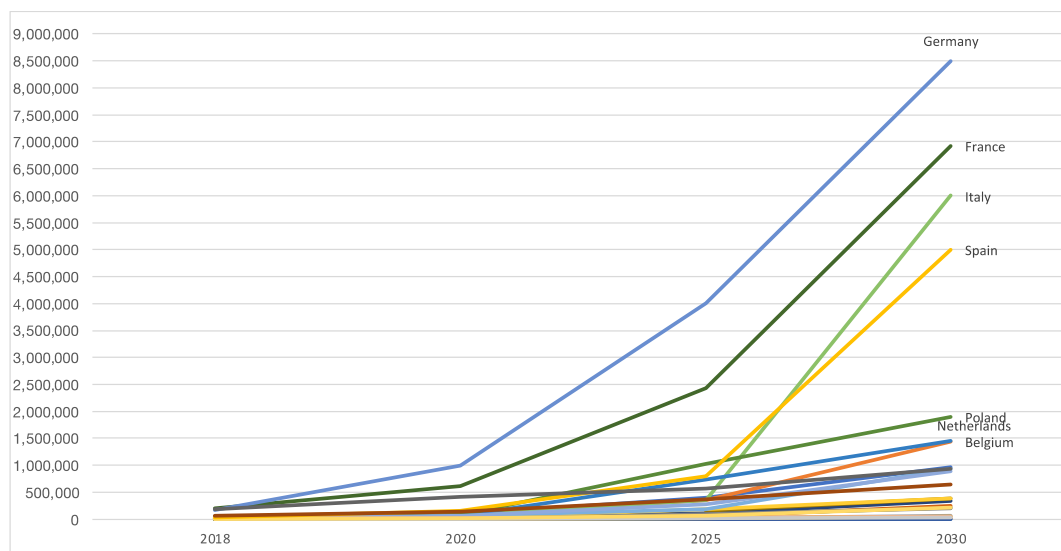
Figure II
Part de marché des véhicules électriques particuliers (véhicules à batterie et véhicules hybrides rechargeables) dans les immatriculations totales dans la région de la CEE



Source : Observatoire européen des carburants alternatifs. Disponible à l'adresse suivante : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road>. Consulté le 31 mai 2023.

7. Un document de travail des services de la Commission européenne, qui examine en détail les cadres stratégiques nationaux mis en place par les États membres pour le développement du marché des carburants alternatifs dans le secteur des transports et le déploiement des infrastructures nécessaires, en application de la directive 2014/94/UE sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs², contient une estimation du nombre de véhicules routiers électriques dans chaque État membre en 2025 et en 2030 (fig. III). Il convient de noter que ces chiffres englobent tous les types de véhicules routiers électriques, dont les voitures particulières (véhicules électriques à batterie et véhicules électriques hybrides rechargeables) constituent la très grande majorité. D'ici à 2030, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et la France devraient avoir le plus grand nombre de véhicules routiers électriques, soit plus de 5 millions dans chacun de ces pays. Le Royaume-Uni, la Belgique, les Pays-Bas et la Pologne font partie des pays dont le nombre de véhicules électriques routiers devrait être très élevé en 2030.

Figure III
Nombre prévu de véhicules électriques routiers dans certains pays de l'Union européenne



Source : Commission européenne (2022).

² Source : https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e6afa54f-8003-11eb-9ac9-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF.

B. Voitures particulières à usage commercial

8. L'électrification des voitures particulières à usage commercial, qui comprennent les taxis et les voitures de transport avec chauffeur, peut avoir des conséquences importantes. Il s'agit de véhicules à fort kilométrage, ce qui signifie qu'ils parcourent chaque jour de longues distances, ce qui en fait des candidats idéaux pour l'électrification. Ces véhicules constituent également une source importante de pollution atmosphérique dans les zones urbaines, et le passage aux véhicules électriques peut contribuer à réduire cette pollution au plan local. Outre les avantages qu'ils présentent pour l'environnement, les taxis électriques peuvent également offrir aux passagers un transport plus confortable, avec des véhicules plus silencieux et une accélération plus douce.

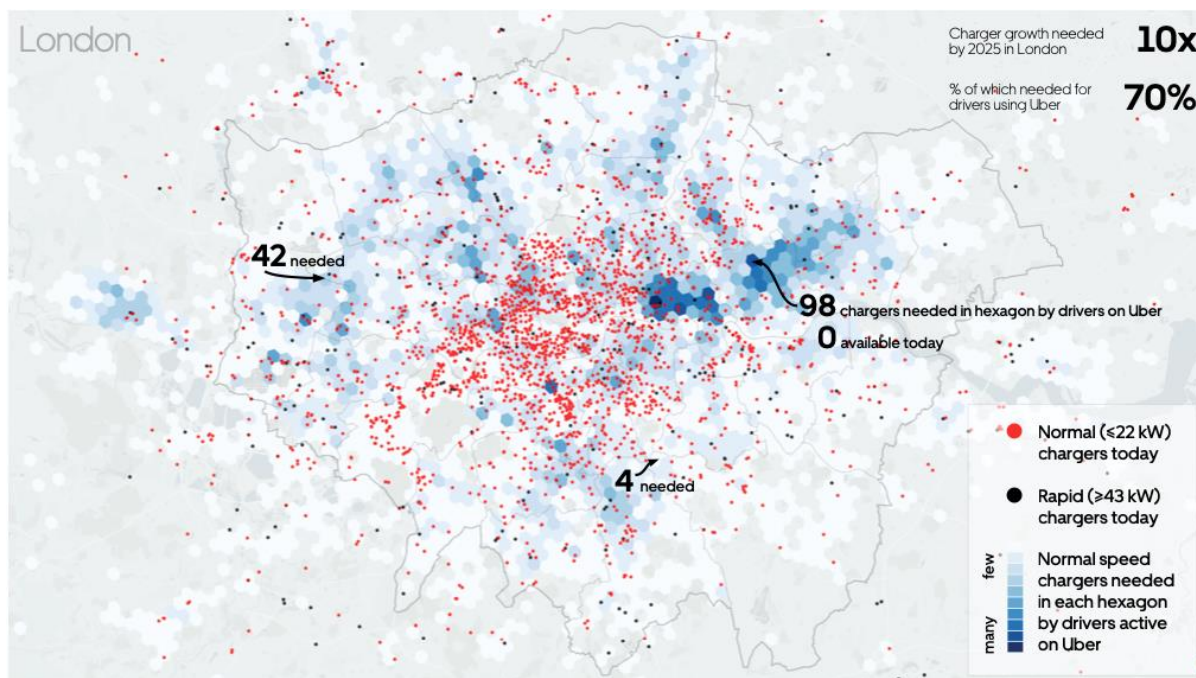
9. Comme pour les voitures particulières électriques à usage privé, les coûts d'exploitation des véhicules électriques utilisés comme taxis et voiture de transport avec chauffeur sont inférieurs à ceux des véhicules à essence classiques. Cela est dû aux moindres coûts d'entretien et de carburant, qui permettent aux chauffeurs et aux entreprises de réaliser des économies importantes. En outre, la baisse des coûts d'exploitation peut entraîner une baisse des tarifs pour les passagers et, partant, une augmentation du nombre d'utilisateurs de ces services, ce qui serait bénéfique pour l'ensemble du système de transport. Les taxis et véhicules de transport avec chauffeurs offrant leurs services à des prix abordables peuvent également constituer un mode de transport plus accessible pour le premier et le dernier kilomètre.

10. Il est essentiel pour le succès commercial des services de véhicule de transport avec chauffeur de donner aux conducteurs la possibilité de recharger leur véhicule pendant la nuit à leur domicile ou à proximité de celui-ci, selon les résultats d'une étude effectuée par Uber en 2020. Le chargement de nuit offre de nombreux avantages (commodité, réalisation d'économies et amélioration de la durée de vie de la batterie). Plus important encore, il élimine le risque de devoir supporter un coût d'opportunité élevé (perte de revenus) en raison du temps passé à chercher et à utiliser un point de recharge au lieu de transporter des passagers. Toutefois, il est difficile pour les conducteurs, qui vivent souvent dans des zones urbaines densément peuplées où l'accès à des infrastructures de recharge publique est parfois limité, de disposer d'une telle installation pendant la nuit. De plus, les installations de recharge publiques de nuit sont généralement situées dans des quartiers aisés.

11. Une étude menée par Uber à Londres en 2020 souligne la nécessité de mettre des installations de recharge publiques supplémentaires à la disposition des conducteurs de véhicules électriques utilisés comme véhicules de transport avec chauffeur. L'étude montre qu'il faut installer beaucoup plus de points de recharge dans certaines zones, comme on le voit sur la figure IV. Elle conclut sur le besoin de trouver une solution centrale, au niveau de l'agglomération, pour mettre à disposition de nombreuses installations publiques de recharge de nuit à un coût abordable. Il est intéressant de noter que l'approche recommandée par l'étude d'Uber (2020), qui préconise le développement d'un réseau de recharge lente en courant alternatif, est la solution initialement adoptée par la ville d'Amsterdam. Cette stratégie a cependant été revue en 2019 et c'est désormais l'augmentation du nombre de stations publiques de recharge rapide qui est privilégiée pour les taxis (encadré 1).

Figure IV

Points de recharge publics devant être installés à Londres pour les conducteurs de voitures de transport avec chauffeur



Source : Uber (2020).

Encadré 1

Stratégie de déploiement d'infrastructures de recharge rapide pour les taxis à Amsterdam

Situation précédente :

En décembre 2019, environ 1 100 taxis sur les 3 200 taxis membres de l'ATO (Authorized Taxi Organization) à Amsterdam étaient des véhicules à émissions nulles. Ils utilisaient les infrastructures de recharge conçues pour les voitures particulières, les places de stationnement et de recharge répondant à la plus grande partie de leurs besoins en la matière. Cependant, avec l'augmentation du nombre de résidents utilisant des bornes de recharge, il est devenu plus difficile pour les conducteurs de recharger leur véhicule près de chez eux, les bornes étant occupées pendant toute la soirée et toute la nuit. Cette situation a provoqué une demande croissante de points de recharge rapide, qui étaient peu nombreux. À cette époque, la ville comptait 29 points de recharge rapide publics, dont trois seulement, à la gare centrale, étaient exclusivement réservés aux taxis. En outre, des entités privées (stations-service et restaurants) disposaient de bornes de recharge rapide, et de grands centres de recharge Tesla (plus de 40 unités) étaient situés près de l'aéroport de Schiphol.

Situation actuelle :

Le plan d'action d'Amsterdam pour un air pur à l'horizon 2025 et 2030 fixe les objectifs suivants :

- D'ici à 2025, l'objectif est de remplacer tous les véhicules commerciaux à moteur à combustion interne par des véhicules électriques, avec une flotte prévue de 5 000 taxis électriques à batterie ;
- D'ici à 2030, l'intégralité du transport de personnes à Amsterdam devra se faire au moyen de véhicules à émissions nulles. Cela représente environ 254 000 véhicules, parmi lesquels les véhicules de location et les taxis. Cette prescription s'applique non seulement aux voitures particulières circulant dans la ville, mais aussi au trafic entrant, soit environ 90 000 véhicules de pendulaires et 80 000 véhicules de visiteurs en 2030.

Le développement des infrastructures de recharge publique joue donc un rôle essentiel dans cette stratégie. En 2020, Amsterdam a commencé à appliquer une stratégie de déploiement d'infrastructures de recharge publiques, qui ciblait tout particulièrement les taxis électriques, lesquels ont obtenu un accès exclusif à certaines installations afin d'améliorer l'attractivité et la fiabilité du réseau tout en limitant les déplacements. Étant donné que les taxis parcourent des distances importantes et qu'ils sont particulièrement tributaires des points de recharge rapide pour effectuer une recharge intermédiaire, la ville d'Amsterdam a réalisé des investissements substantiels dans l'installation de points de recharge rapide pour les taxis, situés à la périphérie de la ville, à proximité du centre-ville et dans d'autres lieux pertinents. Le nombre de points de recharge rapide publics, destinés principalement aux taxis, passera de 13 en 2019 à 62 d'ici à 2026.

Source : Gemeente Amsterdam (2019).

C. Mobilité partagée et transports publics

12. Dans le présent document, la mobilité partagée désigne l'utilisation partagée des modes de transport, tels que les programmes d'autopartage et les trottinettes électriques. Il est communément admis que l'électrification des voitures particulières ne résoudra pas à elle seule les problèmes liés aux changements climatiques et à la congestion urbaine. Ces problèmes sont en partie imputables à l'augmentation de la densité de population, au manque d'espace dans les zones métropolitaines et à l'insuffisance des investissements dans les infrastructures de transport. Le nombre élevé de véhicules en circulation favorise les embouteillages, ce qui réduit l'efficacité d'ensemble des systèmes de transport. Se contenter de remplacer les véhicules à moteur à combustion interne par des véhicules électriques ne suffira pas à résoudre efficacement le problème de la congestion. Même s'il s'agit d'une étape importante, il est tout aussi important d'électrifier les véhicules de mobilité partagée et de développer l'électrification des transports publics, y compris dans les zones suburbaines. La combinaison des véhicules électriques et des services de mobilité partagée est l'un des moyens qui permettront de remodeler les transports urbains. En outre, compte tenu de l'utilisation intensive dont font l'objet les flottes partagées, les véhicules électriques, dont les coûts d'exploitation sont plus faibles, pourraient devenir plus rentables. Les programmes de partage de véhicules et les transports publics se prêtent mieux à l'électrification, dans la mesure où les exploitants des flottes ont un plus grand contrôle sur le processus de prise de décision. Des efforts particuliers sont nécessaires pour soutenir les mesures porteuses de changement les plus efficaces et en éviter les effets pervers, comme l'abandon de modes de transport respectueux de l'environnement au profit de nouvelles options de mobilité, alors que ces mesures visaient initialement les conducteurs de voitures particulières. Le tableau 1 présente les caractéristiques de base (fonctionnement, particularités et utilisation) des services de partage de voitures particulières et de trottinettes électriques, deux types populaires de solutions de mobilité partagée. L'électrification des autobus publics sera abordée dans le chapitre suivant.

Tableau 1

Caractéristiques des services de partage de voitures particulières et de trottinettes électriques

Caractéristiques	Service de partage de voitures particulières	Service de partage de trottinettes
Type de système	Flotte libre et stations/dépôts	Principalement en flotte libre
Souplesse en matière de stationnement	Flotte libre : les voitures peuvent être garées n'importe où Stations/dépôts : les voitures doivent être laissées sur les places de stationnement prévues à cet effet	Les trottinettes peuvent généralement être garées n'importe où dans la zone de service, sous réserve du respect de certaines règles
Infrastructures de recharge	Flotte libre : forte dépendance à l'égard des stations de recharge rapide publiques	Utilisation majoritaire de systèmes de batteries remplaçables ou de stations de

Caractéristiques	Service de partage de voitures particulières	Service de partage de trottinettes
	Stations/dépôts : possibilité d'utiliser les stations de recharge lente de ces centres pendant le temps d'immobilisation des véhicules	recharge centralisées pendant les heures creuses
Autonomie du véhicule	Autonomie élevée du véhicule grâce à des batteries plus grandes, permettant généralement de parcourir de longues distances	Autonomie réduite du véhicule, généralement adaptée aux trajets de courte et moyenne distance

13. [Ajouter de bonnes pratiques en matière de déploiement des véhicules électriques partagés.]

D. Évolution de la technologie des véhicules électriques

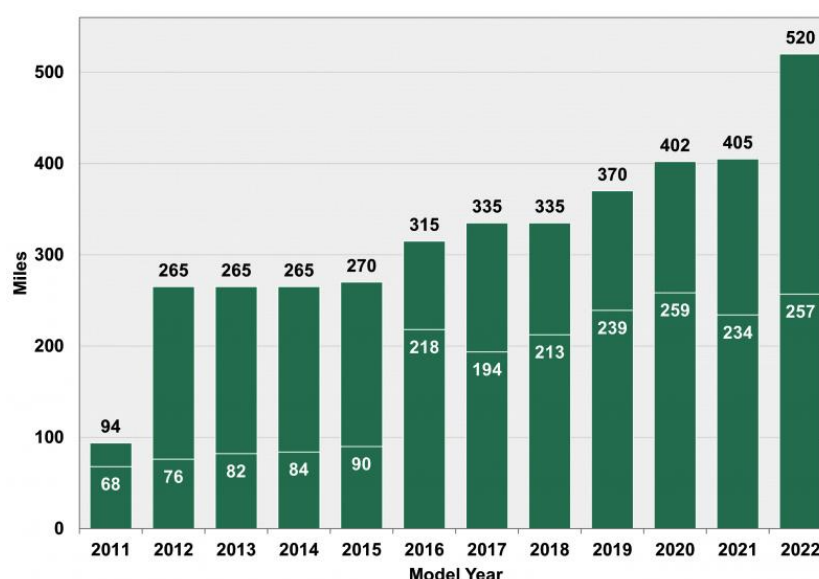
14. Les importants progrès réalisés dans le secteur des véhicules électriques au cours des dix dernières années, qui ont permis une augmentation rapide de l'adoption de ces véhicules, ont été exposés dans les sections précédentes. Les grandes tendances à l'œuvre dans ce secteur, qui devraient perdurer, sont les suivantes.

1. Baisse du prix des véhicules et augmentation de leur autonomie

15 Le coût des véhicules électriques a beaucoup freiné leur adoption à grande échelle. Néanmoins, cette situation évolue progressivement avec l'introduction sur le marché de modèles de véhicules électriques plus abordables, ce qui les rend accessibles à un plus grand nombre de consommateurs. En outre, la croissance du marché primaire des véhicules électriques entraînera automatiquement le développement du marché de l'occasion. Des mesures sont également prises pour améliorer l'autonomie des véhicules, qui est une préoccupation majeure des consommateurs depuis le début. Comme on le voit sur la figure V, l'autonomie moyenne des véhicules électriques aux États-Unis s'est considérablement améliorée entre 2011 et 2022.

Figure V

Autonomie médiane et maximale des véhicules électriques sur le marché des États-Unis



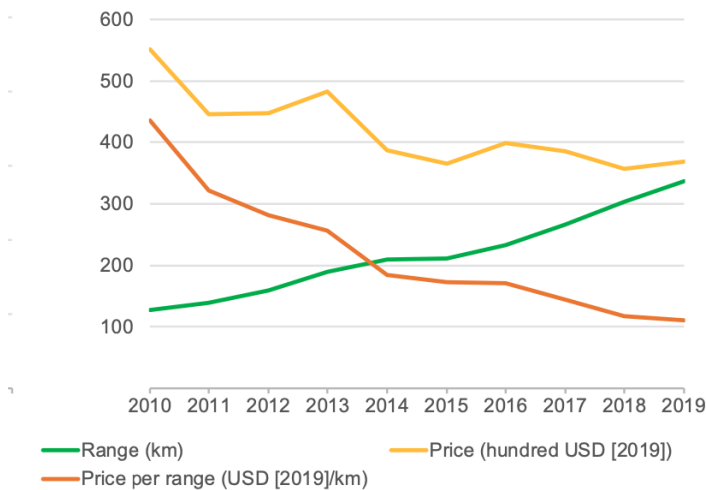
Source : Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (Office de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables)³.

³ Source : <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1290-may-15-2023-model-year-2022-longest-range-ev-reached-520-miles>.

16. On constate depuis quelque temps une amélioration rapide de l'autonomie des véhicules électriques et une baisse de leur prix. La figure VI permet d'observer la baisse du prix des véhicules électriques à batterie entre 2010 et 2019, dont l'autonomie est passée d'un peu plus de 100 km en 2010 à près de 350 km en 2019. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE) (2023), l'autonomie moyenne pondérée en fonction des ventes des petits véhicules électriques à batterie vendus aux États-Unis était de près de 350 km en 2022, contre un peu moins de 300 km en France, en Allemagne et au Royaume-Uni, et moins de 220 km en Chine. Les innovations technologiques dans le domaine des batteries, telles que l'amélioration de leur densité énergétique et de leur efficacité, sont les principaux moteurs de cette tendance positive.

Figure VI

Prix moyen et autonomie des véhicules électriques à batterie (2010-2019)

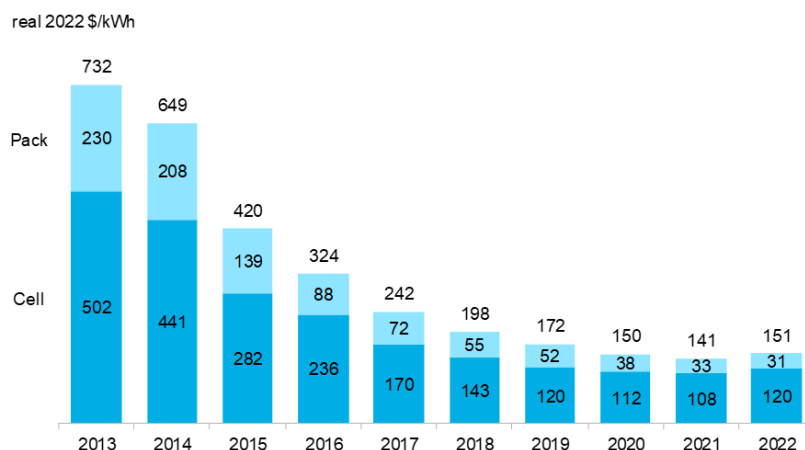


Source : AIE (2020).

2. Baisse du prix des batteries

17. Les batteries, qui sont les composants les plus onéreux d'un véhicule électrique, n'ont cessé de voir leur prix baisser. Alors qu'il s'élevait à plus de 700 dollars des États-Unis le kWh en 2013, grâce à l'augmentation de la production et aux améliorations technologiques, il n'était que de 140 dollars le kWh environ en 2021. Ce prix est cependant remonté temporairement en 2021 et 2022 en raison de divers facteurs (effets de la COVID, guerre en Ukraine, hausse des prix des matières premières, perturbation de la chaîne d'approvisionnement et problèmes connexes) (fig. VII). Néanmoins, BloombergNEF (2022) prévoit qu'en 2023 le prix moyen des batteries sera du même ordre qu'en 2022, et commencera à baisser à nouveau en 2024, pour tomber en dessous de 100 dollars le kWh en 2026.

Figure VII
Répartition du prix moyen pondéré en volume des batteries et des cellules au lithium-ion (2013-2022)



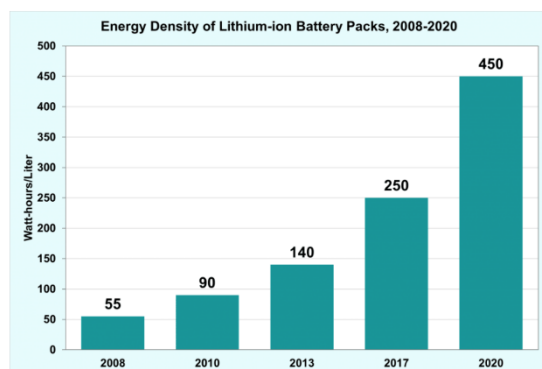
Source : BloombergNEF (2022).

Note : L'enquête a permis d'établir cette valeur en utilisant les données de 178 points de mesure provenant de voitures particulières, d'autobus, de véhicules utilitaires et de batteries stationnaires de stockage.

3. Réduction de la taille des batteries

18. Des batteries plus petites mais d'une plus grande densité énergétique ont été mises au point pour pouvoir construire des véhicules électriques efficaces et légers. Cette évolution a été motivée par la demande de véhicules électriques ayant des fonctionnalités et des performances comparables à celles des véhicules à moteur à combustion interne classiques. Les batteries actuelles permettent aux véhicules de stocker plus d'énergie par unité de poids. En conséquence, ils sont de plus en plus légers et efficaces et leur conception devient plus innovante et évolutive.

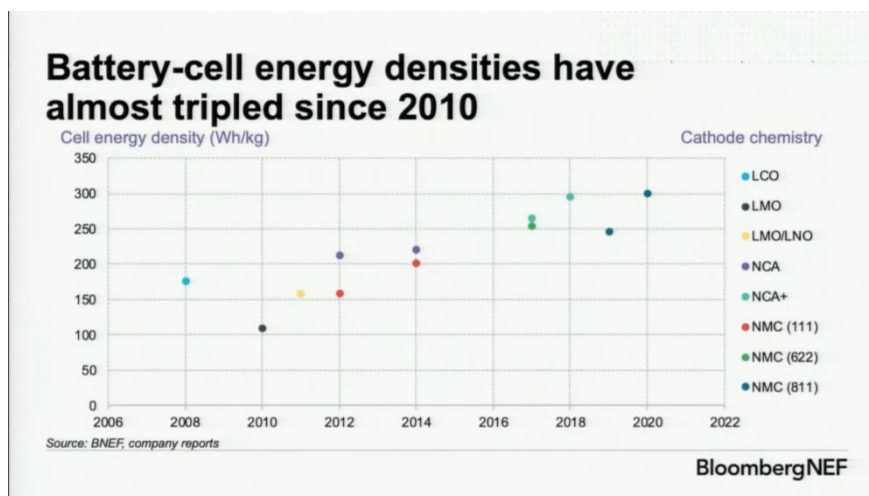
Figure VIII
Densité énergétique des batteries au lithium-ion en Wh/litre



Source : Département de l'énergie des États-Unis⁴.

⁴ Source : <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1234-april-18-2022-volumetric-energy-density-lithium-ion-batteries>.

Figure IX
Densité énergétique des batteries au lithium-ion en Wh/kg



Source : BloombergNEF (2020)⁵.

19. Grâce aux progrès de la technologie des batteries, les véhicules électriques sont en moyenne moins lourds et plus aptes à parcourir une distance supérieure avec une seule recharge. Le moindre volume permet en outre de réduire la taille des batteries ou d'augmenter l'autonomie à volume égal. On peut même envisager des façons innovantes de disposer la batterie à l'intérieur du véhicule afin d'optimiser la conception de celui-ci.

4. Conduite automatisée

20. La conduite automatisée gagne en importance dans le secteur des véhicules électriques, presque tous les principaux constructeurs mettant au point ou commercialisant des fonctionnalités dans ce domaine. L'Autopilot de Tesla a ouvert la voie et d'autres constructeurs de véhicules électriques tels que Lucid Motors ou Nio lui ont emboîté le pas en proposant des systèmes avancés d'assistance à la conduite sous une forme ou sous une autre. Les constructeurs traditionnels suivent également cette tendance, comme Mercedes-Benz, qui a lancé son véhicule électrique phare EQS, premier véhicule de série équipé d'un système de conduite automatisée à faire son apparition sur le marché en Allemagne et aux États-Unis. L'installation de systèmes de conduite automatisée dans des véhicules électriques devrait s'intensifier à mesure que l'intelligence artificielle, l'innovation et la technologie des capteurs continuent d'évoluer, ouvrant la voie à un avenir dans lequel les véhicules électriques à conduite autonome deviendront la norme plutôt que l'exception.

III. Électrification des autobus de transport public

21. Même si la révolution que constitue le passage aux véhicules électriques constitue sans aucun doute une étape essentielle vers la mobilité durable, elle ne résout pas en elle-même deux des principaux problèmes des environnements urbains que sont les embouteillages et les difficultés de stationnement. Par conséquent, en misant uniquement sur l'adoption des véhicules électriques, on fait l'impasse sur les problèmes liés à l'autosolisme, que le véhicule soit électrique ou non. Bien que les véhicules électriques soient plus écologiques, ils consomment toujours autant d'espace que les véhicules à combustible fossile sur la route et dans les parkings. La clef d'une mobilité urbaine véritablement durable ne réside pas seulement dans l'électrification, mais aussi dans la promotion d'une utilisation efficace de l'espace urbain grâce à un meilleur système de transports publics. L'électrification des autobus est une bonne solution à cet égard, notamment lorsque l'on

⁵ Source : <https://cleantechnica.com/2020/02/19/bloombergnef-lithium-ion-battery-cell-densities-have-almost-tripled-since-2010/>.

prend en compte les coûts environnementaux externes dans le calcul du coût complet des véhicules.

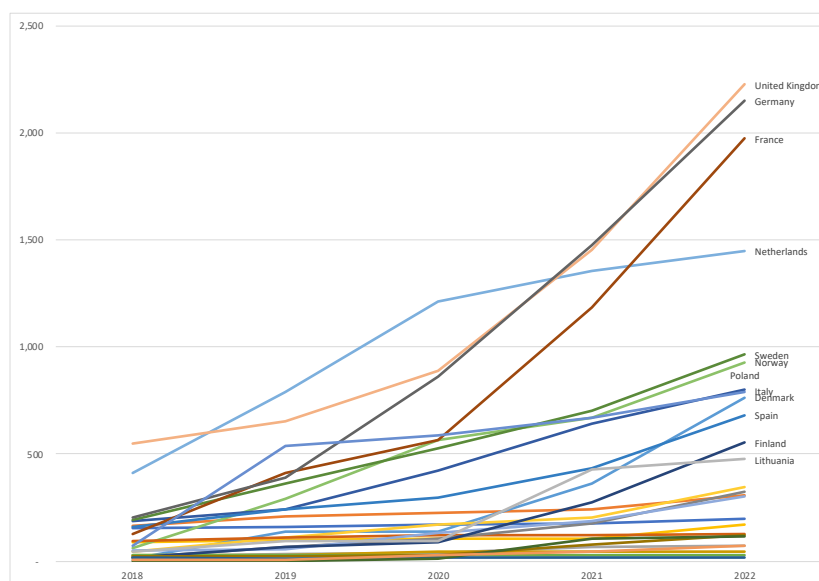
22. Nombreux sont ceux qui affirment qu'une double stratégie de promotion et d'électrification des transports publics est une solution facile à mettre en place, pour deux raisons principales. Tout d'abord, les véhicules de transport public parcourent de grandes distances et leur coût diminue avec l'augmentation du kilométrage. Le fait que la mise en service d'autobus électriques sur des itinéraires très fréquentés permette de réaliser d'importantes économies de coûts d'exploitation est le meilleur argument en faveur de leur utilisation. Ensuite, les transports publics sont gérés principalement par les pouvoirs publics, qui ont la possibilité d'orienter leur développement et leur fonctionnement. Étant donné que l'État est responsable des achats, il n'est pas nécessaire d'élaborer une réglementation ou des régimes de subvention complexes.

A. Tendances en matière d'électrification des autobus de transport public

23. Le passage aux autobus urbains électriques résulte des politiques de mobilité des grandes villes, les autorités municipales cherchant à améliorer le cadre de vie des citoyens. On peut observer sur la figure X la croissance des flottes d'autobus électriques dans 26 pays de la CEE entre 2018 et 2022. Les données indiquent que le nombre d'autobus électriques augmente chaque année dans la plupart des pays. En 2022, c'est en Allemagne, en France, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni qu'il était le plus élevé. Le nombre d'autobus électriques a également augmenté en Italie, bien qu'à un rythme un peu plus lent. Dans l'ensemble, les données révèlent une tendance à la hausse des autobus électriques dans les pays de la CEE, bien que les taux d'adoption varient d'un pays à l'autre. Il convient de noter que ce chiffre représente l'ensemble de la flotte d'autobus, qui comprend également les autocars et les trolleybus.

Figure X

Flotte d'autobus électriques dans la région de la CEE de 2018 à 2022

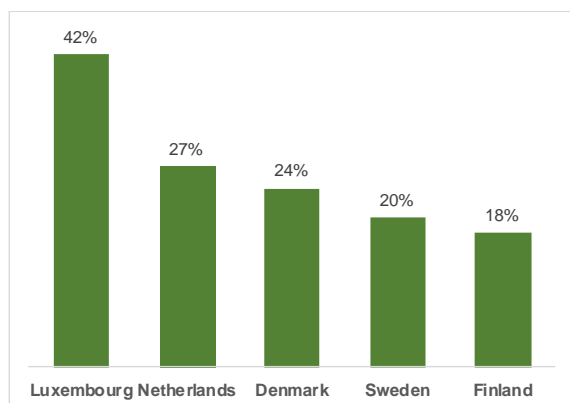


Source : Observatoire européen des carburants alternatifs. Disponible à l'adresse suivante : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road>. Consulté le 31 mai 2023.

Note : Les flottes comprennent les autocars, les autobus et les trolleybus.

24. En ce qui concerne la part des autobus électriques de transport public dans les transports urbains, une étude internationale menée par Rabobank (FD (2023)) indique que les pays leaders dans ce domaine sont, dans l'ordre, le Luxembourg, les Pays-Bas, le Danemark, la Suède et la Finlande (fig. XI). Amsterdam et Stockholm ont un taux de pénétration des transports urbains électriques particulièrement élevé. C'est le lancement du pacte vert par la Commission européenne en 2019 qui a accéléré le remplacement des autobus diesel et autres autobus urbains par des véhicules électriques. L'objectif est d'acquiescer exclusivement des autobus électriques d'ici à 2030.

Figure XI
Part de marché des autobus électriques de transport public dans l'ensemble de la flotte (2022)



Source : FD (2023).

25. Les sections suivantes portent essentiellement sur les autobus électriques de transport public à batterie, en tenant compte des avancées technologiques dont ils ont bénéficié et du rôle essentiel qu'ils jouent dans la lutte contre la pollution atmosphérique dans les zones urbaines, ainsi que de leur fonction sociale, à savoir la mise à disposition de transports publics aux citoyens.

B. Modèles de véhicules et technologies

26. Les autobus électriques à batterie sont alimentés uniquement par les batteries du véhicule, en l'absence de générateur. Ces véhicules, dont le coût moyen est de 500 000 euros et la durée de vie de dix à quinze ans, sont beaucoup plus chers que les autobus diesel, principalement en raison du coût des batteries. Ces dernières années, le prix des batteries pour autobus a connu une baisse importante et représente maintenant une fraction de ce qu'il était auparavant⁶. Le tableau 2 présente la capacité et l'autonomie moyennes des batteries des autobus de transport public, qui ont augmenté entre 2019 et 2022. Il convient de noter que la capacité de la batterie ne permet pas à elle seule de déterminer avec précision l'autonomie de conduite, car celle-ci varie en fonction de facteurs tels que l'efficacité de l'autobus, les conditions de conduite, le nombre de passagers et d'autres facteurs opérationnels.

Tableau 2

Capacité moyenne des batteries des autobus de transport public

	2019	2020	2021	2022	Variation entre 2019 et 2022
Capacité moyenne de la batterie (en kWh)	264	322	225	345	31 %
Autonomie estimée*	200-250	250-300	150-200	300-350	

Source : AIE (2023), ZET⁷.

* L'autonomie estimée est basée sur les déclarations de plusieurs constructeurs de véhicules figurant sur le site web du ZETI (Zero-Emission Technology Inventory) (Inventaire des technologies à émissions nulles).

27. L'autonomie des batteries et la capacité des autobus sont des facteurs essentiels pour les entreprises de transport public. Les autobus ont des itinéraires imposés et doivent parcourir quotidiennement de longues distances en respectant des plages de temps fixes pour

⁶ Source: https://www.sustainable-bus.com/components/battery-prices-2023-packs-peak/?utm_source=Sustainable+Bus+Next+Stop&utm_campaign=4234fc905c-2023_03_24_NL_NEXT_STOP_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_b48eb86b72-4234fc905c-176774393.

⁷ Source : <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti/>.

le ravitaillement en carburant ou la recharge. Lors du passage aux flottes électriques, les entreprises de transport public doivent s'assurer que les niveaux de service existants sont maintenus ou améliorés. Cependant, le fait d'embarquer autant de passagers que possible peut entraîner une réduction de l'autonomie et une perte d'énergie de la batterie. Le tableau 3 donne un aperçu des dix constructeurs européens qui proposent les autobus électriques à batterie de transport public ayant la plus grande autonomie.

Tableau 3

Les 10 autobus électriques à batterie de transport public en Europe ayant la plus grande autonomie en 2023, classés par constructeur

<i>Constructeur</i>	<i>Modèle</i>	<i>Longueur (en m)</i>	<i>Capacité de la batterie (en kWh)</i>	<i>Autonomie maximale (en km)*</i>	<i>Nombre maximal de passagers autorisé**</i>
Ebusco	Ebusco 3.0	12	350	575	95
IVECO	E-WAY Full Electric	12	350	543	70
Quantron	Q-Bus	12	332	370	88
Temsa	Avenue Electron	12	360	350	85
Otokar	e-KENT C	12	300	300	95
Isuzu	NOVOCITI VOLT	8	211	300	52
Caetano	e.City Gold	12	385	300	87
Bozankaya	E Bus 10	10,7	230	300	80
MAN	Lion's City E	18	640	270	120
BYD	ADL Enviro200EV	10,2	348	257	80

Source : ZETI Data Explorer⁸. Consulté le 7 juin 2023.

* Les valeurs d'autonomie proviennent des estimations des constructeurs dans des conditions favorables et peuvent être supérieures aux valeurs d'autonomie réelle enregistrées sur le terrain.

** Pour certains modèles, l'explorateur de données ZETI ne fournit pas de données sur le nombre maximal de passagers autorisé. Dans ce cas, d'autres sources sont consultées.

C. Types de contrats et modèles commerciaux pour l'électrification des autobus de transport public

28. Étant donné l'intérêt particulier que présentent les autobus pour les pouvoirs publics, ce sont eux qui prendront en charge les dépenses supplémentaires découlant de l'adoption d'autobus électriques et de la mise en place des infrastructures de recharge nécessaires. Par rapport aux contrats de propriété et d'exploitation traditionnels, les contrats relatifs aux autobus électriques font intervenir de nouvelles parties prenantes et portent sur de nouveaux éléments, à savoir les opérations de recharge et d'entretien.

29. Les autorités de transport public ont parfois des difficultés à assumer les coûts d'investissement plus élevés liés aux autobus électriques. Il s'est avéré qu'en groupant leurs besoins, des municipalités urbaines ont pu constituer des lots d'achat et réduire de manière notable le coût unitaire des autobus électriques. Le programme FAME India⁹ a permis de baisser les coûts jusqu'à 30 %. Pour obtenir ce type de réduction, il faudra peut-être coordonner l'achat d'autobus électriques municipaux au niveau national. Dans les petits pays, une coordination supranationale facilitée par des institutions régionales ou multilatérales pourrait être une bonne solution.

30. Les coûts initiaux élevés des autobus électriques à batterie font qu'il est nécessaire de passer d'un modèle axé uniquement sur les coûts d'acquisition à un modèle d'achat fondé sur le coût complet de possession et sur un nouveau système de financement. Le type de contrat et le financement sont étroitement liés et jouent un rôle essentiel dans le choix des

⁸ Source : <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>.

⁹ FAME est l'acronyme de « Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &) Electric Vehicles » (Adoption et fabrication accélérées de véhicules (hybrides et) électriques).

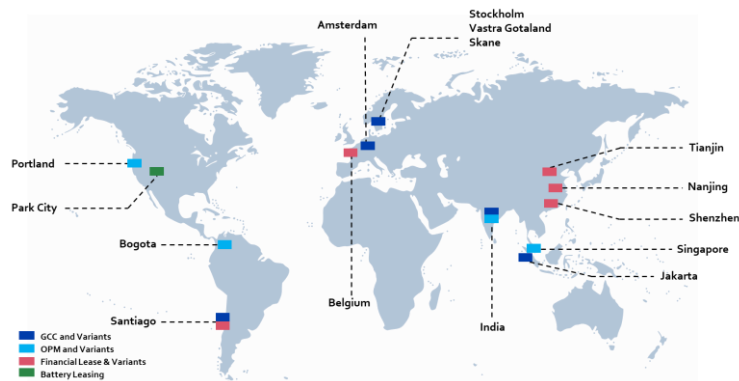
stratégies de recharge possibles, des types d'autobus et de batteries, ainsi que du matériel, des logiciels, et des modalités d'entretien et d'exploitation (ITDP (2021)).

31. La figure XII permet de visualiser les modèles commerciaux appliqués dans différents pays du monde. Ces modèles sont couramment utilisés dans les types de contrats suivants :

- Contrat à coût brut : dans ce type de contrat, un accord de service est conclu, dans lequel l'exploitant est responsable du fonctionnement du service d'autobus à un coût par kilomètre fixé à l'avance. C'est l'exploitant qui perçoit les recettes, l'autorité ou organisme de transport public conservant la propriété du véhicule ;
- Contrat d'achat ferme : c'est le type de contrat d'achat classique utilisé par les organismes de transport public. Dans ce cadre, les organismes achètent directement la flotte au lieu de louer les véhicules ou d'en confier l'exploitation à un exploitant-propriétaire ;
- Contrat de location-financement : dans ce type de contrat, l'autobus, et éventuellement la batterie, sont loués à un agent financier. Il existe également une variante dans laquelle l'agent financier fournit l'infrastructure de recharge en échange d'un paiement mensuel ;
- Contrat de location de la batterie : dans ce type de contrat, l'achat, l'exploitation et l'entretien de la batterie sont entièrement externalisés en échange d'un paiement mensuel.

Figure XII

Modèle commercial des autobus électriques dans le monde



Source : Patel (2023).

32. Les difficultés financières et opérationnelles liées au déploiement des autobus de transport public sont encore plus prononcées dans les pays qui ne disposent pas de capacités locales de fabrication d'autobus électriques et qui se heurtent aux obstacles suivants :

- Coûts d'importation supplémentaires ;
- Difficultés en matière de gestion de la chaîne d'approvisionnement, pouvant occasionner des retards dans la livraison des autobus ;
- Disponibilité limitée d'autobus électriques adaptés à des besoins spécifiques (conditions climatiques, infrastructure routière et besoins opérationnels) qui nécessitent des équipements sur mesure ;
- Difficultés d'accès aux services d'assistance technique et de maintenance.

33. La ville de Santiago a toutefois réussi à surmonter ces difficultés en adoptant des modes de financement novateurs et en améliorant ses pratiques d'achat. Elle a acheté plus de 400 autobus électriques en 2020, ce qui lui a permis d'exploiter le premier corridor électrique d'Amérique latine (encadré 2).

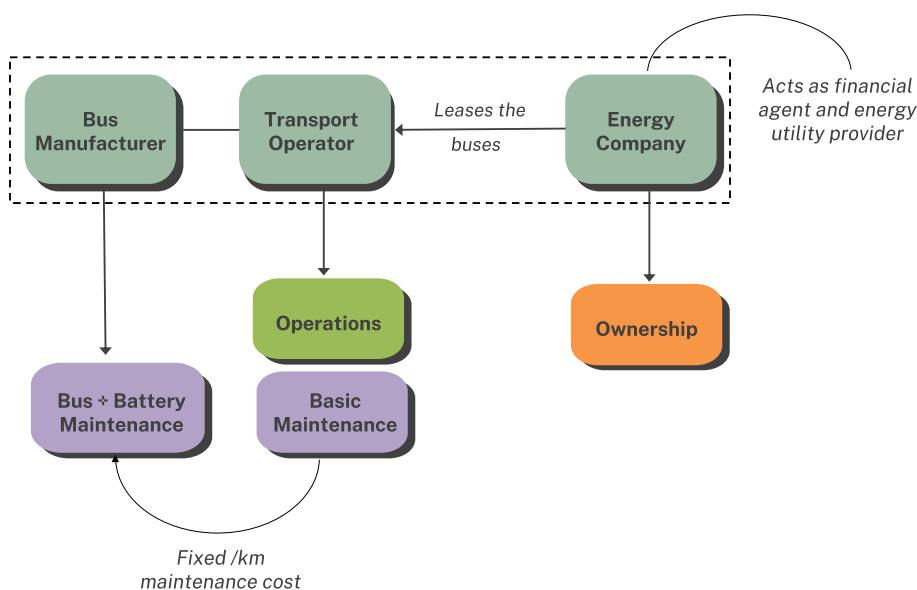
Encadré 2

Modèle commercial adopté par la ville de Santiago pour la mise en place d'autobus électriques

Santiago fait figure de modèle en matière d'électrification des autobus publics dans un pays où il n'existe pas de constructeur de ce type de véhicule. Les mesures volontaristes prises par le Gouvernement pour faciliter le processus, simplifier les procédures d'approbation et d'autorisation et contribuer à la planification et à la réglementation des autobus électriques ont joué un rôle essentiel dans le succès de cette transition.

Le modèle commercial utilisé à cet effet est celui d'un partenariat public-privé entre l'État (le Ministère des transports et des télécommunications) et les entreprises du secteur de l'énergie Enel et Engie, qui ont acheté les autobus et les infrastructures de recharge électrique et les ont loués aux opérateurs de transport. Les contrats de location prévoient des paiements mensuels pour la prise en charge de trois éléments principaux : la mise à disposition de la flotte, les infrastructures de recharge et la fourniture d'énergie. En jouant le rôle d'agent financier, les entreprises du secteur de l'énergie soutiennent leur activité principale, à savoir la fourniture d'énergie et l'installation d'infrastructures de recharge.

Les opérateurs de transport, quant à eux, sont responsables de l'exploitation des autobus et de leur entretien de base. De leur côté, les constructeurs d'autobus sont chargés des opérations de maintenance plus importantes, notamment s'agissant des batteries et des groupes motopropulseurs électriques. Des frais d'entretien fixes sont convenus et une clause du contrat dispose que le constructeur est responsable des amendes infligées aux autobus qui ne respectent pas la fréquence des contrôles.



Les premiers autobus électriques mis en circulation à Santiago dans le cadre d'un projet pilote, qui étaient de marque BYD, coûtaient environ 450 000 dollars des États-Unis, soit plus de deux fois le coût des autobus diesel Euro VI. Cependant, les prix négociés ont beaucoup baissé avec l'accroissement de la flotte d'autobus. Les constructeurs d'autobus BYD et Yutong ont saisi l'occasion qui leur était donnée d'introduire la technologie des autobus électriques sur le marché latino-américain et ont proposé un prix plus compétitif (environ 300 000 dollars) pour les autobus achetés par la suite, qui ont ainsi pu constituer une solution de remplacement viable aux autobus diesel Euro VI.

Principaux facteurs de succès

Volonté politique forte

a) La Stratégie nationale pour la mobilité électrique met en place un cadre réglementaire pour l'électrification des transports publics au Chili d'ici à 2040.

b) Les autorités municipales se sont engagées à acheter exclusivement des autobus à émissions nulles après 2025. Elles ont activement encouragé le développement des autobus électriques, grâce à l'adoption de politiques et de mesures d'incitation destinées aux exploitants.

Nouveaux modèles commerciaux et diversification

a) Des stratégies d'achat en gros ont été appliquées pour réduire les coûts d'achat.

b) Afin de réduire le risque et la charge financière pesant sur les transporteurs, les entreprises et les services publics du secteur de l'énergie ont investi dans les autobus électriques et les bornes de recharge. Les constructeurs d'autobus sont quant à eux responsables de l'entretien des véhicules et des batteries. Ainsi répartis, les risques sont pris en charge par les parties les mieux à même de les assumer.

c) L'organisme de transport public garantit le versement des paiements entre les transporteurs et les entreprises du service public au titre de la location.

Source : Race to Zero (2021), ZEBRA (2020).

IV. Électrification du transport routier de marchandises

34. Le transport de marchandises est un élément essentiel du commerce mondial, mais il est aussi responsable d'une part importante des émissions de gaz à effet de serre. Selon Gómez Vilchez et al (2022), les véhicules utilitaires légers et les véhicules utilitaires lourds sont responsables de 36 % de l'équivalent CO₂ généré par le secteur des transports dans l'Union européenne et au Royaume-Uni en 2019. Le développement des véhicules électriques destinés au transport de marchandises a été plus lent et de moindre ampleur que le développement des véhicules électriques de transport de passagers. Le transport de marchandises est le parent pauvre de la décarbonisation des transports (Council for Decarbonising Transport in Asia (2022)). Malgré quelques évolutions prometteuses, comme l'apparition de camionnettes et de camions de livraison électriques dans les zones urbaines, il reste encore de nombreux obstacles à surmonter. Il s'agit notamment de réduire les coûts initiaux, de mettre au point des batteries plus efficaces, d'installer davantage d'infrastructures de recharge pour les véhicules de plus grande taille et d'augmenter le niveau des investissements dans la recherche et le développement.

A. Véhicules utilitaires légers

35. Les véhicules utilitaires légers (VUL), communément appelés camionnettes, sont des éléments indispensables des chaînes logistiques. Ils jouent un rôle fondamental en facilitant l'acheminement des marchandises sur le dernier kilomètre dans les zones urbaines, contribuent à la fourniture de services essentiels (ambulances, services postaux et de messagerie) et sont utilisés par les services municipaux. Les VUL contribuent grandement à la mobilité urbaine durable, ce qui est particulièrement important compte tenu de l'expansion rapide du marché du commerce en ligne.

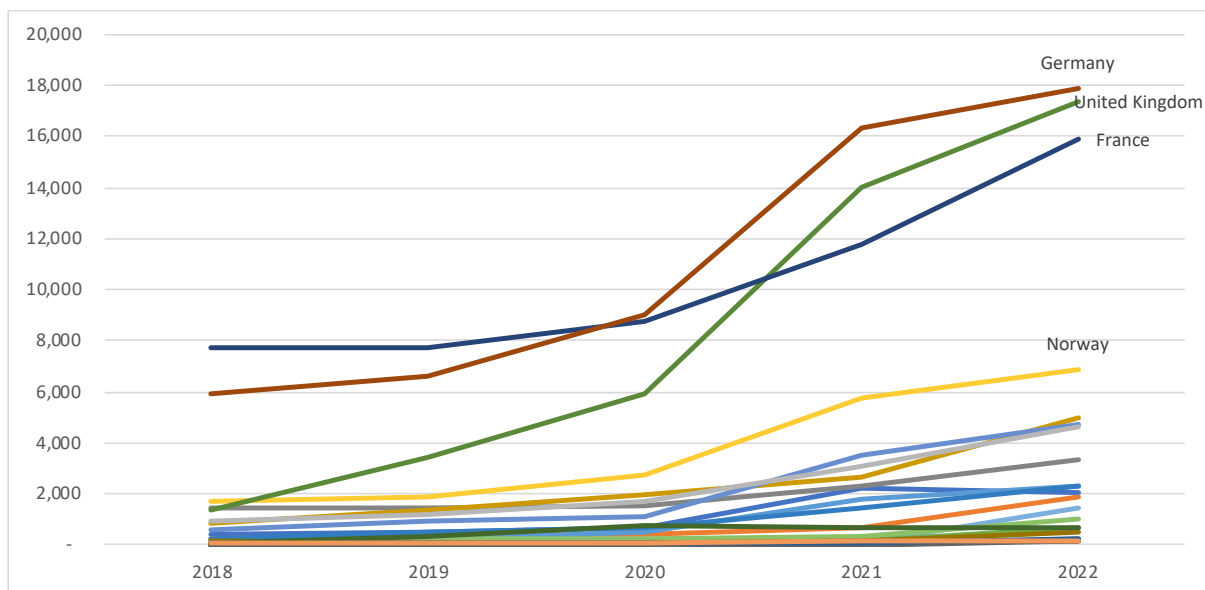
36. L'électrification des VUL présente un intérêt économique supérieur à celui des voitures, notamment dans le contexte de la livraison urbaine. Les VUL circulent en grand nombre, empruntent souvent des itinéraires prévisibles et peuvent être rechargés dans des entrepôts commerciaux (AIE (2022)). Les entreprises sont très attentives au coût complet de possession et prennent dûment en compte les coûts sur toute la durée utile lorsqu'elles achètent des véhicules.

37. Les ventes de VUL ont plus que doublé dans certains pays de la CEE entre 2018 et 2022 (fig. XIII). Pendant cette période, le pourcentage moyen de véhicules électriques hybrides rechargeables par rapport au nombre total de véhicules est resté relativement faible dans la région, avec une moyenne d'environ 2,44 %. C'est en Norvège, où le marché des véhicules électriques a toujours été bien développé, que l'on trouve le plus grand nombre de VUL électriques (fig. XIV). Il est intéressant de noter qu'aucune nouvelle immatriculation de véhicule électrique hybride rechargeable n'a été enregistrée en 2022, ce qui est peut-être

le résultat des efforts concertés de la Norvège pour promouvoir les véhicules à émissions nulles plutôt que les véhicules hybrides.

Figure XIII

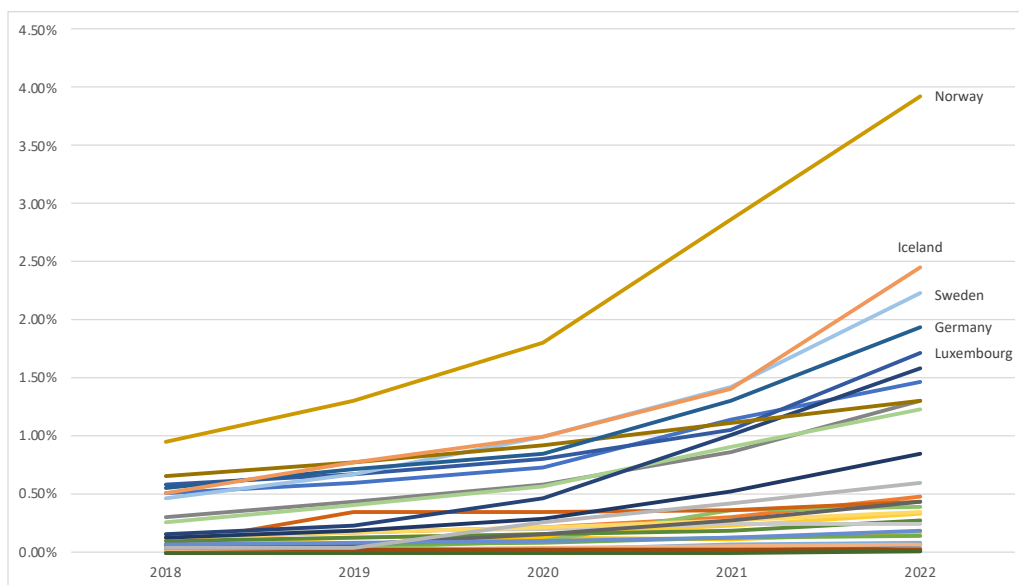
Nombre de véhicules utilitaires légers électriques nouvellement immatriculés dans la région de la CEE (véhicules électriques à batterie et véhicules électriques hybrides rechargeables)



Source : Observatoire européen des carburants alternatifs. Disponible à l'adresse suivante : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road>. Consulté le 31 mai 2023.

Figure XIV

Véhicules utilitaires légers électriques nouvellement immatriculés en pourcentage du nombre total d'immatriculations dans la région de la CEE



Source : Observatoire européen des carburants alternatifs. Disponible à l'adresse suivante : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road>. Consulté le 31 mai 2023.

38. Selon l'AIE (2023), les tendances actuelles indiquent que le marché des véhicules utilitaires électriques est en train de rattraper celui des voitures particulières électriques, ce qui laisse entrevoir une réduction de l'écart entre les parts de marché de ces types de véhicules électriques à l'avenir. L'adoption rapide des VUL électriques à batterie peut également être motivée par l'élargissement continu des zones à émissions faibles ou nulles (voir sect. 2.5.2).

B. Développement de modèles de véhicules et évolution technologique

39. En 2023, on trouvera sur le marché mondial près de 100 modèles différents de fourgonnettes électriques à batterie, comme on le voit sur le tableau 4. Toutefois, la capacité moyenne des batteries de ces véhicules n'augmente pas ; elle a même diminué entre 2019 et 2022 (tableau 5). Cela peut sembler paradoxal compte tenu des progrès des VUL, mais s'explique par plusieurs facteurs :

- Une plus grande efficacité, grâce à des innovations dans la conception des véhicules, l'efficacité des moteurs et les logiciels de gestion de l'énergie qui permettent d'obtenir la même autonomie avec des batteries plus petites ;
- Le développement des infrastructures de recharge, qui rend les grandes batteries moins nécessaires ;
- Le fait que les entreprises s'équipent de modèles ayant des batteries plus petites, qui sont moins coûteux, en particulier si les itinéraires de livraison ne nécessitent pas une autonomie importante et s'il est plus intéressant de disposer d'une plus grande capacité utile que d'une batterie de grande taille.

Tableau 4

Nombre de modèles de fourgonnettes électriques à batterie disponibles sur le marché

	2021	2022	2023
Monde	59	96	99
Europe	8	15	17

Source : ZETI Data Explorer¹⁰. Consulté le 8 juin 2023.

Tableau 5

Capacité moyenne de la batterie (kWh) des fourgonnettes

2019	2020	2021	2022	Variation entre 2019 et 2022
69	90	57	60	-13 %

Source : AIE (2023).

40. Les 10 fourgonnettes électriques à batterie disponibles en Europe qui ont la plus grande autonomie en 2023 sont recensées dans le tableau 6. Les modèles Van d'Arrival et e-Ulysse de Fiat offrent une autonomie maximale de plus de 300 km, supérieure à la distance moyenne parcourue pour les livraisons quotidiennes en zone urbaine.

Tableau 6

Les 10 fourgonnettes électriques à batterie commercialisées ayant la plus grande autonomie en 2023, classées par constructeur

Constructeur	Modèle	Capacité de la batterie (en kWh)	Autonomie maximale estimée (en km)	Capacité utile (en kg)
Arrival	Van	133	340	1 615
Fiat	e-Ulysse	75	330	1 400
Maxus	eDeliver3	89	298	860
Cenntro Electric Group	Logistar 260	44	270	1 280
Dongfeng	EC35	39	267	1 015
BYD	ETP3	45	233	780
Ford	E-Transit	68	202	2 105

¹⁰ Source : <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>.

Constructeur	Modèle	Capacité de la batterie (en kWh)	Autonomie maximale estimée (en km)	Capacité utile (en kg)
Renault Trucks	Master ZE	52	200	1 600
IVECO	Daily Electric	91	200	998
GINAF	E2107	90	185	

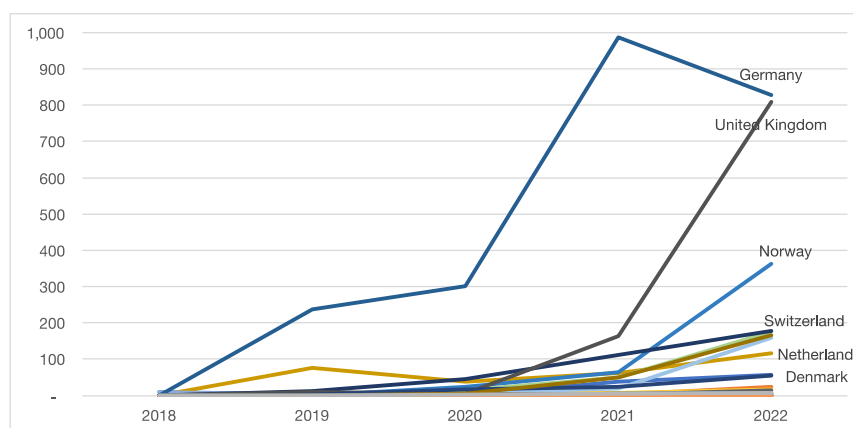
Source : ZETI Data Explorer¹¹. Consulté le 8 juin 2023.

C. Poids lourds

41. Les poids lourds dont il est question ici sont les véhicules utilitaires lourds et les véhicules utilitaires moyens (désignés tous deux par le terme « camions électriques »). La figure XV illustre la taille de la flotte de camions électriques dans la région de la CEE. Le taux d'adoption de ces véhicules a considérablement augmenté entre 2020 et 2022. Toutefois, le nombre de camions électriques reste relativement faible par rapport aux voitures particulières et aux véhicules utilitaires légers électriques.

Figure XV

Nombre de véhicules utilitaires moyens et lourds nouvellement immatriculés dans la région de la CEE (véhicules électriques à batterie et véhicules électriques hybrides rechargeables)



Source : Observatoire européen des carburants alternatifs. Disponible à l'adresse suivante : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road>. Consulté le 31 mai 2023.

42. Bien que la technologie des batteries pour camions électriques connaisse un succès croissant et que de nombreux experts pensent que l'électrification des poids lourds va s'accélérer dans les années à venir, les problèmes suivants restent à régler.

43. Les coûts initiaux constituent une préoccupation importante pour les acheteurs, qui doivent souvent contracter un prêt pour acquérir un camion. À cela s'ajoutent le coût des infrastructures de recharge rapide qui doivent être installées dans les dépôts, ainsi que les coûts de mise à niveau du réseau. Étant donné qu'il s'agit de véhicules commerciaux, les camions électriques sont rechargés principalement pendant les périodes de repos. Selon l'International Council on Clean Transportation (ICCT) (2022), qui a entrepris une étude comparant le coût complet des véhicules utilitaires moyens électriques et diesel, le coût des camions moyens électriques à batterie devrait maintenant être équivalent à celui des camions diesel pour la livraison du dernier kilomètre dans la plupart des villes européennes sur lesquelles porte l'étude, compte tenu des aides à l'achat actuellement disponibles. En l'absence de ces aides, il faudrait attendre le deuxième semestre de 2030. Par ailleurs, adapter la taille de la batterie à la distance parcourue quotidiennement par le camion et à ses besoins

¹¹ Source : <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>.

en énergie pendant le trajet peut contribuer à réduire l'écart entre le prix d'achat d'un camion électrique et celui d'un camion diesel.

44. Malgré des progrès constants, la technologie actuelle des batteries n'est toujours pas en mesure de répondre aux besoins énergétiques élevés des véhicules utilitaires lourds. Comme on le voit sur le tableau 7, la capacité moyenne de la batterie de ces véhicules n'affiche pas une tendance claire à la hausse, surtout si on la compare à l'augmentation de la capacité des batteries observée sur le marché des autobus de transport public (voir le tableau 2). En outre, les infrastructures de recharge rapide et ultrarapide, essentielles pour augmenter l'autonomie de conduite en réduisant le temps d'immobilisation, restent insuffisantes. Il est prévu d'installer progressivement des infrastructures pour les véhicules utilitaires lourds électriques à partir de 2025¹².

Tableau 7

Capacité moyenne des batteries (kWh) des véhicules utilitaires moyens et des véhicules utilitaires lourds en circulation dans le monde

Catégorie de véhicule	2019	2020	2021	2022	Variation entre 2019 et 2022
Véhicule utilitaire moyen	124	139	99	92	-26 %
Véhicule utilitaire lourd	293	232	372	311	6 %

Source : AIE (2023).

45. Une autre façon de réduire l'écart entre le coût complet des camions électriques à batterie et celui des camions diesel consiste à augmenter les coûts d'exploitation de ces derniers. On peut y parvenir en prenant en compte les externalités environnementales des camions diesel. Selon la méthode de calcul du coût complet utilisé dans l'étude de l'ICCT (2022) susmentionnée, l'imposition d'une redevance d'émission comprise entre 2 et 4 euros par jour et par véhicule dans les zones à émissions faibles ou nulles pourrait réduire considérablement l'écart entre le coût complet des camions électriques à batterie et celui des camions diesel, ce qui permettrait d'atteindre la parité avant 2025.

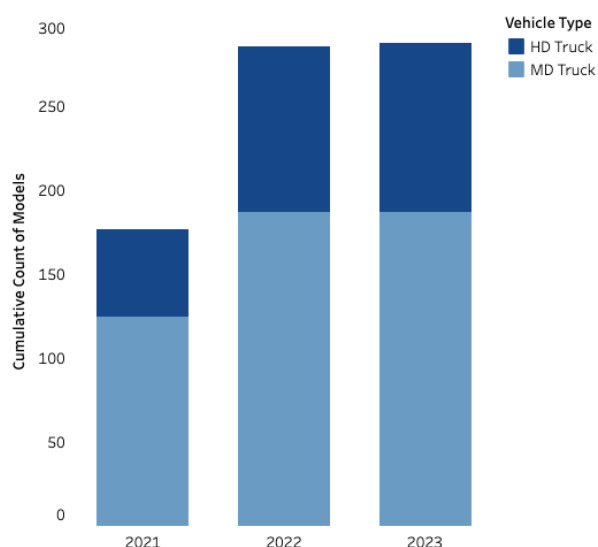
D. Développement de modèles de camions électriques et évolution technologique

46. Au cours des trois dernières années, la gamme de modèles de camions électriques disponibles s'est considérablement élargie. À l'heure actuelle, près de 300 modèles de véhicules utilitaires moyens et de véhicules utilitaires lourds électriques à batterie sont commercialisés ou sur le point de l'être dans le monde (fig. XVI). Il convient de noter que le nombre de modèles de camions électriques est presque trois fois plus élevé que celui des modèles de véhicules utilitaires légers électriques.

¹² Source : <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2023/03/28/alternative-fuel-infrastructure-provisional-agreement-for-more-recharging-and-refuelling-stations-across-europe/>.

Figure XVI

Nombre de modèles de véhicules utilitaires moyens électriques et de véhicules utilitaires lourds à batterie commercialisés dans le monde



Source : ZETI Data Explorer¹³. Consulté le 8 juin 2023.

47. Les constructeurs de camions proposent des modèles équipés de batteries électriques plus grands, plus lourds et capables de transporter des charges plus importantes (tableau 8). Bien qu'il y ait des différences entre les modèles, une tendance générale se dégage, à savoir l'utilisation de batteries de plus grande capacité, qui augmentent l'autonomie des camions et offrent ainsi une plus grande souplesse pour le transport à longue distance. Sur le marché européen, c'est le modèle Semi de Tesla qui dispose de la plus grande capacité de batterie, soit 1 000 kWh, avec une autonomie maximale de 805 km.

48. La capacité utile est un facteur essentiel pour les camions commerciaux, car elle a une incidence directe sur le volume et sur le poids des marchandises qui peuvent être transportées. Le camion électrique de Scania se distingue par une capacité utile maximale estimée à 64 000 kg, ce qui montre que les camions électriques peuvent rivaliser avec les camions traditionnels à moteur diesel. Toutefois, l'adoption des camions électriques par le marché est encore relativement lente. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène, notamment les coûts initiaux élevés, le temps de charge long, le manque d'infrastructures de recharge, les préoccupations relatives à la fiabilité et la mauvaise connaissance qu'ont les exploitants de flotte de ces véhicules, comme indiqué dans la section précédente. L'objectif de l'Union européenne de déployer des bornes de recharge pour les véhicules utilitaires moyens et les véhicules utilitaires lourds au moins tous les 60 km sur les principaux corridors du réseau transeuropéen de transport (RTE-T), dans chaque direction, d'ici la fin de 2030 devrait permettre de résoudre certains de ces problèmes.

Tableau 8

Les 10 véhicules utilitaires lourds électriques à batterie commercialisés ayant la plus grande autonomie en 2023, classés par constructeur

Constructeur	Modèle	Capacité de la batterie (en kWh)	Autonomie maximale (en km)*	Charge maximale estimée (en kg)
Tesla	Semi	1 000	805	37 195
Nikola	Tre BEV	753	563	18 144
Quantron	Q-Heavy	345	500	13 000

¹³ Source : <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>.

<i>Constructeur</i>	<i>Modèle</i>	<i>Capacité de la batterie (en kWh)</i>	<i>Autonomie maximale (en km)*</i>	<i>Charge maximale estimée (en kg)</i>
E-Force	EF18 SZM	630	500	18 000
Volvo	FM Electric	540	380	44 000
Scania	Scania electric truck	624	350	64 000
Renault Trucks	D ZE	150	300	6 000
GINAF	E2112	240	280	6 000
Volta	Zero	225	241	15 238
DAF/VDL	LF	222	220	11 700

Source : ZETI Data Explorer¹⁴. Consulté le 8 juin 2023.

* Les valeurs d'autonomie proviennent des estimations des constructeurs établies selon leurs propres méthodes, car il n'existe actuellement aucune procédure d'essai harmonisée (AIE (2023)).

49. [Ajouter de bonnes pratiques en matière de déploiement des véhicules électriques partagés].

E. Groupage du fret pour promouvoir l'électrification du transport de marchandises

50. Le groupage du fret s'est imposé comme solution viable pour surmonter les obstacles liés à l'adoption des véhicules électriques dans les transports. Il s'agit de regrouper les petits chargements afin de réduire le nombre de véhicules nécessaires au transport des marchandises. En maximisant la capacité de fret (plus de marchandises transportées en un seul voyage) et en réduisant le nombre de voyages nécessaires, le groupage du fret permet une utilisation plus efficace des véhicules électriques, qui ont une autonomie limitée et doivent être rechargés. Cela peut également aider les sociétés de logistique à réduire le coût de l'adoption des véhicules électriques, tout en améliorant l'efficacité et la rentabilité du transport de marchandises par véhicule électrique.

51. Depuis sa création en 2010, le concept de l'Internet physique n'a cessé d'évoluer. Il s'agit d'une nouvelle conception de la logistique, désormais ouverte et interconnectée, qui favorise l'adoption de pratiques plus efficaces et durables en matière de déplacement, de stockage et d'utilisation des biens physiques¹⁵. Elle s'appuie sur un système de réseaux logistiques interconnectés dans lesquels les utilisateurs et les prestataires de services collaborent et mettent en commun des actifs, des itinéraires et des nœuds de transport pour atteindre une plus grande efficacité (Liesa (2020)).

¹⁴ Source : <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>.

¹⁵ Source : www.freightera.com/blog/physical-internet-a-vision-for-sustainable-secure-resilient-supply-chains/.

Figure XVII
L'Internet physique accroît l'efficacité du transport de marchandises



Source : PierNext¹⁶.

52. Selon Pan et al. (2019), il existe six catégories de solutions de transport impliquant une collaboration horizontale : a) collaboration avec un seul transporteur ; b) alliance/coalition de transporteurs ; c) marché du transport ; d) collaboration avec les entités contrôlant les flux ; e) mutualisation de la logistique ; f) Internet physique. L'Internet physique représente le degré le plus élevé du partage d'actifs et de la collaboration. Liesa (2020) estime que les ports, en tant que principaux nœuds logistiques, joueront un rôle crucial dans l'Internet physique en tant que centres de groupage et de dégroupage majeurs, car ils concentrent une grande variété de services de transport et de logistique facilement accessibles aux utilisateurs finaux. En tirant parti de la technologie et des données, les ports intermodaux peuvent faciliter l'intégration des différents modes de transport dans un réseau unique et interconnecté.

F. Conclusion

53. Bien que le recours aux véhicules utilitaires légers électriques connaisse une tendance à la hausse, la gamme de modèles disponibles est encore relativement limitée pour ces véhicules, surtout par rapport à la diversité des modèles de voitures particulières et de camions électriques. Cela peut s'expliquer par l'évolution rapide du marché des véhicules utilitaires légers, qui conduit à la construction de modèles qui ne sont pas commercialisés à grande échelle et dont les coûts initiaux sont généralement élevés. En effet, le transport de marchandises en zone urbaine étant un service fourni à un large éventail de secteurs, les exploitants de flottes ne peuvent passer aux véhicules électriques que si ceux-ci peuvent être exploités de manière rentable tout en répondant aux exigences des exploitants tout comme des utilisateurs finaux (ACEA (2022)).

54. Le marché semble offrir une plus grande variété de modèles de camions électriques que de véhicules utilitaires légers électriques. Cette disparité pourrait être due à une demande plus forte de camions, qui encouragerait davantage de constructeurs à investir dans la production de camions électriques. Cela est particulièrement vrai pour les véhicules utilitaires lourds, qui sont couramment utilisés pour le transport interurbain et à longue distance, et sommés de réduire leurs émissions de carbone. En conclusion, bien que la technologie permettant d'électrifier certaines catégories de véhicules de transport de marchandises soit bien développée, l'adoption de ces véhicules se heurte toujours aux mêmes obstacles, notamment le niveau élevé des coûts initiaux. Une des meilleures solutions serait d'atteindre des volumes de production permettant de réaliser des économies d'échelle importantes. La mise au point et la diversification des modèles de VUL électriques pourraient être favorisées par une collaboration entre les exploitants de grandes flottes et les constructeurs, ce qui

¹⁶ Source : <https://piernext.portdebarcelona.cat/en/technology/introducing-the-physical-internet-the-logistics-network-of-the-future/>.

rendrait les VUL électriques plus compétitifs (ITF (2020)). UPS, par exemple, a investi dans la société Arrival, son fournisseur de véhicules électriques (encadré 3).

Encadré 3

UPS et Arrival – Un investissement stratégique dans l’innovation verte

La société UPS s’est engagée résolument en faveur de l’innovation verte en investissant dans la société Arrival, un constructeur de véhicules électriques basé au Royaume-Uni. Dans ce cadre, elle a passé commande de 10 000 camionnettes électriques, qui seront mises en service au Royaume-Uni, en Europe et en Amérique du Nord entre 2020 et 2024. En outre, UPS a la possibilité de commander 10 000 camionnettes supplémentaires au cours de la même période. Cet investissement témoigne d’une nouvelle grande orientation stratégique d’UPS, à savoir sa volonté de troquer sa flotte de véhicules contre une flotte à émissions nulles.

Les camionnettes électriques d’Arrival présentent plusieurs avantages, et permettent notamment de réaliser des économies de coûts d’exploitation pouvant aller jusqu’à 50 % par rapport aux véhicules traditionnels. Les nouveaux véhicules, pensés de manière à ce que leur coût, leur conception et leur efficacité soient plus attractifs que ceux des véhicules traditionnels, offrent des avantages commerciaux et environnementaux indéniables.

Le modèle d’Arrival en matière de construction de véhicules est atypique et très intéressant. L’entreprise a recours à des micro-usines à faible capital et à faible empreinte écologique pour assembler ses véhicules. Celles-ci sont parfois implantées dans des zones où elles ont une utilité sociale pour la population locale, et elles sont rentables à partir de quelques milliers d’unités. Ce modèle de production novateur permet non seulement de réduire les dépenses d’investissement et l’impact sur l’environnement associés aux grandes unités de production, mais aussi de produire rapidement des véhicules et de les personnaliser pour répondre à la demande locale.

Le partenariat entre UPS et Arrival a joué un rôle essentiel dans la mise au point de véhicules répondant aux critères spécifiques d’UPS. Les plateformes modulaires d’Arrival permettent de créer des véhicules adaptés aux besoins des clients pour ce qui est du poids, du type de véhicule, de la taille et de la forme. Ce partenariat stratégique solide a conduit à la création de véhicules électriques sur mesure adaptés aux besoins d’UPS (de la conduite et du chargement/déchargement au fonctionnement des dépôts, en passant par les opérations administratives).

Cette collaboration innovante entre UPS et Arrival est riche d’enseignements pour les autres entreprises qui souhaitent passer à une flotte écologique. L’investissement stratégique d’UPS dans la société Arrival illustre les avantages que l’on peut retirer d’une collaboration avec un fournisseur pour créer un produit sur mesure qui soit rentable, respectueux de l’environnement et efficace.



Source : Arrival (2020). Consulté le 8 juin 2023.