

LIVRE BLANC



L'électricité
pour la filière
des véhicules
industriels

Novembre 2019
FFC, AVERE-France et URF
dans le cadre des travaux
de la PFA

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	01
PRÉFACE DE PATRICK PÉLATA, CONSULTANT, EX-DIRECTEUR GÉNÉRAL DÉLÉGUÉ DE RENAULT	02
CHAPITRE 1 : L'ÉLECTROMOBILITÉ DES VÉHICULES INDUSTRIELS POUR RÉPONDRE AUX EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ET SOCIÉTALES	03
L'accord de Paris	
Les autres énergies alternatives	
La législation française	
Les Zones à Faibles Émissions (ZFE)	
CHAPITRE 2 : UNE OFFRE DE VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES ADAPTÉE À CERTAINS USAGES	08
L'offre pour le transport de biens et marchandises	
Émission de CO2	
Émissions sonores	
Maintenance et entretien des véhicules industriels électriques	
CHAPITRE 3 : LES ÉNERGIES ALTERNATIVES	15
Carburants liquides	
Véhicules hybrides	
Véhicules GNV/BioGNV	
Véhicules hydrogène	
CHAPITRE 4 : LES BATTERIES	20
Conception et construction	
Densité d'énergie	
Durée de vie	
Temps de recharge	
Deuxième vie des batteries, recyclage et valorisation	
Matières premières et matières critiques	



CHAPITRE 5 : LES INFRASTRUCTURES DE RECHARGE ET LEUR IMPACT SUR LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE	26
Les solutions de recharge électrique statique	
Les solutions de recharge électrique dynamique	
Les impacts sur le réseau électrique	
CHAPITRE 6 : LE COÛT TOTAL DE POSSESSION DES VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES (T.C.O.)	34
CHAPITRE 7 : L'ÉVOLUTION DES EMPLOIS ET DES MÉTIERS DANS LA FILIÈRE AUTOMOBILE	37
Évolution des emplois	
Évolution des métiers	
CHAPITRE 8 : LES ACTEURS DE LA FILIÈRE : TÉMOIGNAGES	42
FNTR	
La Poste	
Suez	
Total	
Transdev	
CHAPITRE 9 : 10 PROPOSITIONS POUR RÉUSSIR LA TRANSITION DE LA FILIÈRE DU TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES VERS LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE	47
CHAPITRE 10 : ANNEXES	52
REMERCIEMENTS	58
CONTACTS	59
SYNTHÈSE DU LIVRE BLANC	60

AVANT-PROPOS

(PFA, FFC, AVERE France et URF)



Le développement de l'électromobilité est un des axes forts du contrat stratégique de la filière automobile signé le 22 mai 2018 entre les représentants des industriels et les pouvoirs publics.

La filière du véhicule industriel et urbain est engagée depuis plusieurs années pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions polluantes.

C'est dans ce cadre que la PFA (Plateforme de la Filière Automobile et Mobilités), en accord avec le COFIT (Comité d'Orientation de la Filière Industrielle du Transport) a confié en septembre 2018, à la Fédération Française de Carrosserie (FFC), en partenariat avec l'AVERE France et l'URF, le pilotage d'un Groupe de Travail Filière Métier pour étudier les conditions de développement des véhicules industriels électriques (du véhicule utilitaire léger jusqu'au 44 tonnes).

Pour la première fois, ce groupe a réuni l'ensemble des parties prenantes impliquées dans le développement de l'électromobilité dans le transport routier de marchandises :

- constructeurs, distributeurs et réparateurs de véhicules industriels,
- fabricants de batteries,
- infrastructures de recharges,
- transporteurs et loueurs,
- logisticiens,
- producteurs et distributeurs d'énergie,
- les administrations publiques (ADEME, DGE, DGEC).

Le présent livre blanc :

- établit un état de l'art de l'offre actuelle de véhicules industriels électriques et confirme sa pertinence pour certains usages du transport routier (distances et tonnages),
- énonce ses perspectives de développement dans le respect de la neutralité technologique et énergétique,
- et formule des propositions aux pouvoirs publics pour accélérer le développement de la filière électrique.

La filière du véhicule industriel et urbain, s'assigne l'objectif de décarbonation du transport routier de marchandises. L'électromobilité en est un levier. Toutefois l'accompagnement des pouvoirs publics est indispensable pour aboutir à sa pertinence économique et donc à la réussite de cette transition.

Luc Chatel
Président de la PFA

Patrick Cholton
Président de la FFC

Joseph Beretta
Président de
l'AVERE France

Jean Mesqui
Président de l'URF

PRÉFACE

de Patrick Pélata, Consultant, ex Directeur Général Délégué de Renault

Le réchauffement rapide de la planète ne nous laisse pas le choix : il faut, vite, vite, diminuer les émissions de gaz à effet de serre. C'est à dire de CO₂ pour le transport routier. Les véhicules utilitaires légers et lourds représentent 11,5% des émissions en France. Or, comme pour les voitures (15,5%), ces émissions ont baissé beaucoup plus lentement depuis 20 ans que celles des autres sources, industrie, tertiaire et résidentiel. À quel rythme ? -30% exigés d'ici à 2030 et -15% dès 2025 selon la réglementation Européenne [1] ou le projet de Stratégie Nationale Bas Carbone de la France [2]. Puis, pour 2050, les deux visent une neutralité carbone complète en accord avec le GIEC [3]. C'est ce qu'on peut appeler une rupture.

À cela s'ajoute un autre défi, éliminer les problèmes de santé provenant des émissions locales de NOx (générant l'ozone) et de particules qui ont poussé les grandes villes à légiférer sur leur propre territoire avec les Zones à Faibles Émissions (ZFE) excluant plus ou moins rapidement les véhicules diesel. Il est vrai, par exemple, que le parc de VUL, poids lourds, cars et bus diesel émet 48% des émissions de NOx en Île-de-France [4].

Comment diminuer aussi vite les émissions du transport routier sans déstabiliser cette activité économique essentielle, en croissance, mais fragile, à très faibles marges et très fragmentée ? Et quelles sont les solutions possibles et réalistes pour les professionnels du secteur aujourd'hui et demain ? C'est cette question essentielle qu'adresse ce Livre Blanc, réalisation d'un large collectif de la filière. Et c'est particulièrement bienvenu !

Cette offre ne convient donc pas encore pour le transport inter voire intra régional. Il faut donc se concentrer sur son déploiement dans les transports urbains et péri-urbains : livraisons, La Poste, ramassage des ordures, bus etc.. Au passage, il est d'ailleurs mentionné que les bus électriques seraient déjà un choix rentable. Pour des distances plus longues à parcourir, au-delà des biocarburants, plusieurs solutions sont en développement : augmentation de la densité d'énergie des batteries et de leur taille, charge ultra-rapide (80% de l'autonomie en 30 min), changement rapide de batterie, autoroutes « électriques » par contact au sol, par induction ou par caténaire pour les camions.

Finalement, le Livre Blanc passe en revue le nouvel écosystème à mettre en place et les obstacles à effacer : bornes de recharge, réglementations sur les bornes de forte puissance en entreprise et les parkings, formation des personnels de l'ensemble de la nouvelle chaîne de valeur etc. Il y a donc encore beaucoup à faire...

Patrick Pélata

SOURCES

[1] - 31% (2030 / 2021) pour les VUL. -30% (2030/2019) et -15% (2019-2025) pour les Poids Lourds.

[2] - 31% (2030/2015) pour le secteur du transport dans son ensemble

[3] GIEC: Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

[4] Bilan des émissions atmosphériques en Île-de-France en 2015, AirParif, Avril 2019.

CHAPITRE 1

L'ÉLECTROMOBILITÉ DES VÉHICULES INDUSTRIELS POUR RÉPONDRE AUX EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ET SOCIÉTALES

03

L'industrie du transport fait face à deux défis majeurs bien distincts :

- la qualité de l'air et les pollutions urbaines liées aux émissions de polluants classiques
- le réchauffement de la planète lié aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), émissions de CO₂ pour les véhicules industriels.

En réponse aux législations de ces dernières années, des gains très significatifs ont été réalisés sur la réduction des émissions de CO₂ et sur la question des émissions de polluants portant atteinte à la qualité de l'air. Ainsi, depuis 1990 (Euro 0), les émissions de polluants des véhicules industriels ont été réduites de manière drastique : -97 % pour les NO_x, et -98 % pour les particules... Dans le même temps, les véhicules tout en étant devenus plus sobres, sont aussi devenus plus productifs : la vitesse commerciale a été multipliée par 2, la puissance a été multipliée par 3, et la charge transportée a été augmentée de 30 %... alors que la consommation, et donc les émissions de CO₂, étaient divisées par 2.



L'ACCORD DE PARIS

En décembre 2015, lors de la conférence de Paris sur le climat (COP21), 195 pays ont adopté le tout premier accord universel sur le climat, juridiquement contraignant, visant à minima à contenir l'élévation de la température de la planète en dessous de 2°C, voir 1,5°C, d'ici 2100 par rapport au niveau de 1990.

Pour ce faire, la neutralité carbone (zéro émission nette de CO₂) à l'échelle planétaire devrait être atteinte vers 2050. Pour permettre au secteur des véhicules industriels d'accompagner ces politiques ambitieuses, de nombreuses initiatives internationales visant à partager les bonnes pratiques ont été mises en place, notamment sur l'électrification des transports. C'est par exemple le cas avec l'International Transport Forum, l'EV30@30, ou encore l'EV Pilot City Programme lancé au sein du Clean Energy Ministerial.



LA LÉGISLATION EUROPÉENNE

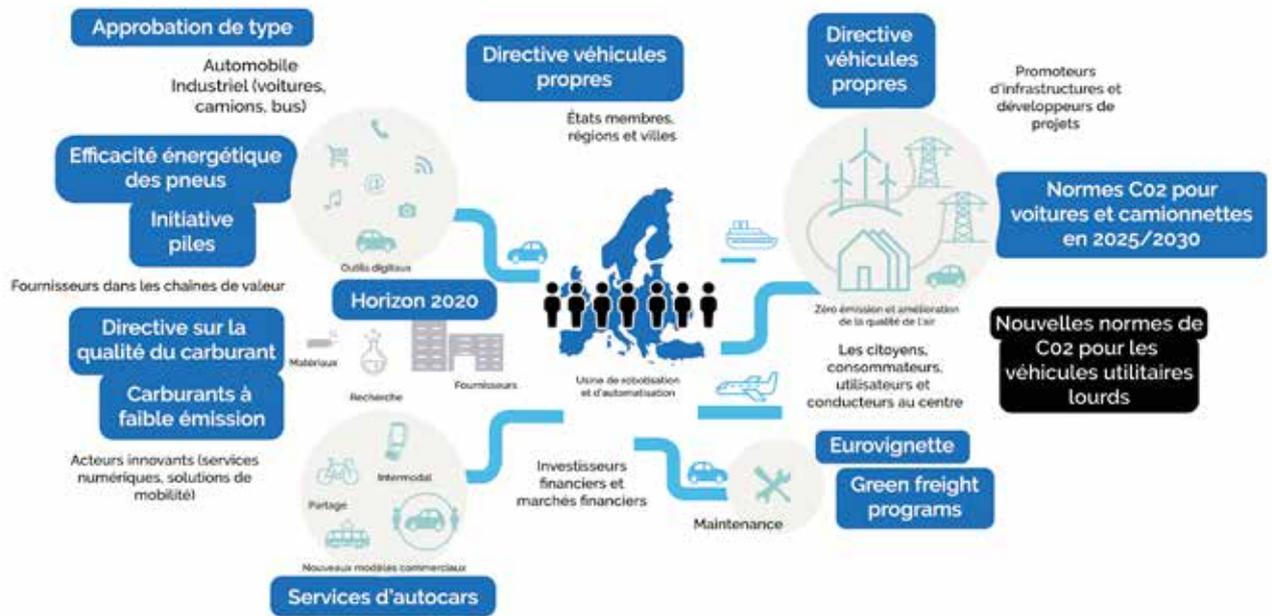
En 2016, l'Europe s'est dotée d'une stratégie européenne sur la mobilité bas carbone. Elle y précise que, d'ici le milieu du siècle, les émissions de gaz à effet de serre provenant des transports devront être inférieures à celle de 1990 d'au moins 60 % et viser une trajectoire de neutralité carbone.

Le 18 avril 2019, l'UE a adopté la toute première législation relative aux émissions de CO₂ pour les poids-lourds. Elle prévoit un objectif contraignant de réduction de CO₂ de 30 % d'ici 2030 pour les nouveaux véhicules industriels, avec un objectif intermédiaire de 15 % d'ici 2025 (par rapport aux émissions de CO₂ de référence fondées sur les données de surveillance pour la période allant du 1^{er} juillet 2019 au 30 juin 2020). Les constructeurs devront également s'assurer que les véhicules à faible émission ou à zéro émission locale représentent 2 % de la part de marché des véhicules neufs d'ici 2025, afin de contrebalancer l'augmentation constante des émissions dues à la circulation routière, dont environ un quart est imputable aux véhicules utilitaires lourds. La Commission européenne devra par ailleurs proposer en 2022 de nouveaux objectifs pour l'après 2030, conformément à l'accord de Paris.

La Commission européenne et les États membres ont par ailleurs adopté une série de directives et de réglementations établissant des normes pour une série de polluants, notamment l'ozone, les particules (PM10) et le dioxyde d'azote (NO2), les particules fines (PM2,5).

Dans ce cadre, la maîtrise des émissions de sources mobiles, l'amélioration de la qualité des carburants ainsi que la promotion et l'intégration des exigences de protection de l'environnement dans les secteurs des transports et de l'énergie font partie de ces objectifs.

Aperçu des principales politiques de l'UE en matière de mobilité



SOURCE :

https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0c10fd76-59db-11e8-ab41-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

LA LÉGISLATION FRANÇAISE

En France, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) de 2015 prévoit l'élaboration d'une stratégie de développement de la mobilité propre. Celle-ci présente les orientations et les actions de développement de la mobilité propre. Elle définit ainsi un objectif de 10 % d'énergies renouvelables dans les transports d'ici 2020 et de 15 % d'ici 2030.

Elle détaille, dans l'article 37, les obligations pour les organismes de l'État et les collectivités locales d'acquies des véhicules à faible émission lors du renouvellement de leurs flottes.

Les poids lourds, les bus et cars électriques sont définis comme véhicules à faibles émissions et participent donc aux obligations de renouvellement des flottes de véhicules de l'État et des collectivités locales.



Par ailleurs, les contrats stratégiques de filières et les engagements pour la croissance verte signés avec les industriels précisent les engagements réciproques de l'État et des acteurs économiques pour investir et développer les véhicules industriels "Zéro Émission".

Enfin, le projet de loi d'orientation des mobilités (LOM), prévoit "Le déploiement des infrastructures d'avitaillement pour les véhicules à faibles et très faibles émissions au sens, respectivement, de l'article L. 224-7 du code de l'environnement et de l'article L. 318-1 du code de la route".

La stratégie pour le développement d'une mobilité propre s'inscrit quant à elle dans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et dresse la feuille de route de la France sur son mix énergétique. Un nouveau projet de décret encadrant la PPE prévue par la loi de transition énergétique (article 176) a été proposé en janvier 2019. Ce texte toujours en discussion à l'heure actuelle - reprend les objectifs potentiels qui seraient fixés par la nouvelle PPE concernant le nombre de véhicules électriques et hybrides rechargeables en circulation à fin 2023 et fin 2028. Les discussions en cours sur la PPE portent ainsi sur 400 poids lourds électriques batterie et 200 poids lourds électriques hydrogène parmi les 21 000 véhicules lourds à faibles émissions en 2023 et 11 000 poids lourds électriques batterie et 2000 poids lourds électriques hydrogène en 2028 parmi les 65 000 électriques.

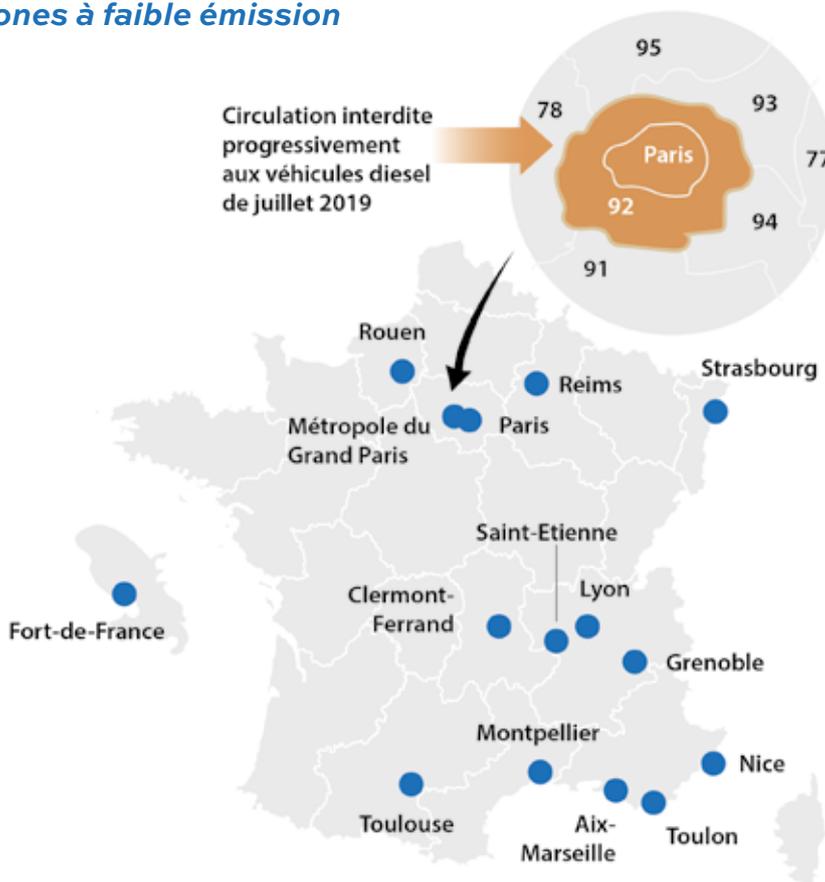


LES ZONES À FAIBLES ÉMISSIONS

Face aux enjeux sanitaires que représente la mauvaise qualité de l'air, ainsi qu'à la problématique du dépassement des valeurs-limites réglementaires des concentrations en particules et en dioxyde d'azote, 15 zones à faibles émissions (ZFE) ont déjà été déployées ou sont en phase de déploiement sur le territoire français à l'heure actuelle.

À terme, la loi d'orientation des mobilités (LOM) demandera à toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants et celles concernées par un plan de protection de l'atmosphère (PPA) d'envisager la mise en place d'une ZFE.

Les zones à faible émission



SOURCE :

Ministère de la transition écologique et solidaire

CHAPITRE 2

UNE OFFRE DE VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES ADAPTÉE À CERTAINS USAGES

(contribution CCFA et CSIAM)

L'OFFRE POUR LE TRANSPORT DE BIENS ET DE MARCHANDISES

En 2018, au niveau mondial, le parc de voitures électriques a dépassé la barre des 5 millions de véhicules, ce qui représente un doublement des nouvelles immatriculations en un an, tandis que le parc de deux roues a atteint 260 millions d'unités et de bus électriques 460 000 unités, soit 100 000 de plus qu'en 2017. À noter que sur ces 100 000 bus, 99 % ont été mis en circulation en Chine, le reste principalement en Europe. Pour le transport de marchandises, les véhicules électriques les plus utilisés ont été des véhicules utilitaires légers (VUL), atteignant 250 000 unités, tandis que les immatriculations de camions électriques, très récentes sur le marché, se situaient entre 1 000 et 2 000 unités en 2018 au niveau mondial.

Dans ce contexte, les constructeurs français se sont ainsi engagés, au sein du contrat stratégique de la filière automobile, à développer une offre de véhicules électrifiés et à promouvoir les expérimentations de véhicules à hydrogène. Cette stratégie s'inscrit dans la politique environnementale européenne de transition énergétique visant au respect des engagements pris dans le cadre de l'accord de Paris, et donc à l'émergence et au développement de véhicules 100 % électriques.

En France, le groupe Renault, a commencé à commercialiser en 2002, des bus électriques, et en 2012 une offre de camions électriques de 26 tonnes pour des applications de bennes à ordures ménagères, dont plus de 50 unités sont en service.



Sur le segment des véhicules utilitaires légers de grand gabarit (type fourgon), Renault et Renault Trucks commercialisent le Master ZE depuis 2018. Ce véhicule est équipé d'une batterie nouvelle génération Lithium-Ion qui se recharge complètement en 6 heures. Son autonomie sur cycle NEDC est de 200 kilomètres, mais varie en usage réel entre 80 kilomètres dans les cas d'usage les plus sévères (forte charge, conduite à grande vitesse en conditions hivernales) et 160 kilomètres.

Ce véhicule est proposé en 4 versions fourgon, offrant un volume utile de 8 à 13 m³ et une charge utile de 1 à 1,1 tonne, et 2 versions plancher-cabine pouvant transporter jusqu'à 22 m³.

De son côté, PSA a annoncé en avril 2019, l'électrification de ses fourgons Boxer et Jumper qui seront proposés avec 2 niveaux d'autonomie selon la version : 225 kilomètres (cycle NEDC) pour les longueurs L1 et L2, et 270 kilomètres (cycle NEDC) pour les longueurs L3 et L4.



Au total, une centaine de véhicules électriques ont été commercialisés en 2018 sur le segment des fourgons et le même volume a déjà été immatriculé sur les 6 premiers mois de l'année 2019. Parfaitement adaptés aux livraisons du dernier kilomètre, les véhicules électriques ont un potentiel de croissance élevé à court terme sur ce segment.

Sur le segment des véhicules lourds, Renault Trucks expérimente depuis plus de dix ans des camions électriques (100 % électriques ou hybrides) avec des clients partenaires ce qui a permis de collecter des informations fondamentales sur leur usage, le comportement des batteries, les infrastructures de recharge et la maintenance.

Au terme de dix ans d'expérimentation en conditions réelles d'exploitation, Renault Trucks a dévoilé en juin 2018 sa gamme complète de

véhicules qui s'étend de 3,1 tonnes à 26 tonnes et répond ainsi à tous les usages urbains : livraison, distribution de marchandises et collecte de déchets. Il s'agit des véhicules Renault Master Z.E., Renault Trucks D Z.E. et Renault Trucks D Wide Z.E.

Les Renault Trucks D et Renault Trucks D Wide Z.E. seront fabriqués à l'usine du constructeur à Blainville-sur-Orne dès 2020, tandis que le Renault Master Z.E. est déjà disponible dans le réseau. Le D Z.E. sera disponible dans une version 16 tonnes optimisée pour les usages de distribution urbaine et distribution sous température dirigée (frigorifique). Le D Wide Z.E. sera quant à lui disponible en version 26 tonnes, optimisée pour la collecte de déchets.



La livraison urbaine de colis et de marchandises est largement effectuée à l'aide de fourgons de 3,5 t de charge utile. Les fourgons destinés à la logistique urbaine représentent près de 25% du segment, soit tout de même un marché entre 20 000 et 50 000 véhicules par an, pour un pays comme la France et un parc de plusieurs centaines de milliers de véhicules. Ces véhicules sont parfaitement adaptés en terme de taille aux missions qu'ils ont à remplir : ils accèdent aux centres urbains mais maximisent le volume pour éviter les aller-retours inutiles et optimiser la charge du livreur. Ces véhicules retournent quotidiennement au dépôt et se prêtent particulièrement bien à l'électrification du fait des kilométrages réguliers et des possibilités de charge la nuit.

L'électromobilité des véhicules industriels s'inscrit d'ores et déjà sur une trajectoire de croissance, qui peut se réaliser aujourd'hui grâce à la baisse constante du prix des batteries, le développement des infrastructures de charge et les aspirations environnementales des donneurs d'ordres.

Compte tenu des technologies disponibles et des dispositions législatives, ce sont les applications urbaines sur des parcours relativement courts (100 à 300 kilomètres d'autonomie par tournée) qui vont constituer le premier marché en évoluant progressivement vers des applications régionales.



Le développement des infrastructures de recharge des véhicules lourds devrait quant à lui se faire en plusieurs étapes :

- recharge des véhicules électriques au dépôt, lesquels doivent être équipés d'infrastructures de charge,
- mise en place de bornes de recharge sur les lieux de chargement/déchargement permettant des recharges (rapides) intermédiaires,
- développement d'un maillage de stations sur des axes de longue distance en lien avec le développement d'outils de réservation et de paiement.

Le potentiel du marché de l'électrique est ainsi amené à se développer largement sur les 5 prochaines années, pour passer de quelques segments de niches à l'ensemble des applications urbaines et régionales entre 2025 et 2030. À plus long terme, l'hydrogène ou les batteries solides ouvriront d'autres perspectives pour les véhicules électriques, notamment sur des parcours de plus longue distance.

Il existe ainsi :

- les véhicules 100 % électriques : batterie (BEV: Battery Electric Vehicles) ou pile à combustible hydrogène qui alimente une chaîne de traction électrique (FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle),
- les véhicules hybrides non-rechargeables (HEV: Hybrid Electric Vehicle), et hybrides rechargeables (PHEV: Plug in Hybrid Electric vehicle) pour lesquels la batterie peut, en plus, être rechargée par une prise de recharge externe et les REEV (Range Extended Electric Vehicles).

Les principaux avantages des véhicules électriques sont :

- “Zéro émission locale de polluants (HC, CO, Particules, NOx)”, permettant ainsi l'accès aux zones à faibles émissions qui se multiplient (plus de 200 à ce jour en Europe),
- “zéro émission de CO₂ à l'usage”,
- faibles émissions sur l'intégralité de la durée du cycle industriel. À l'instar de toutes les énergies alternatives, le bilan énergétique et environnemental du “berceau à la tombe” est en partie dépendant du contenu carbone du mix énergétique des pays producteurs des différents composants du véhicule et de son carburant. Notons ici que le mix énergétique français bénéficie d'un bilan carbone positif avec un mix décarboné à 91 % soit 65 grammes de CO₂ /kWh, source SNBC2011),
- contribution à l'indépendance énergétique nationale,
- coût d'exploitation (opérations et maintenance) plus faible que celui des véhicules équipés de moteurs à combustion (hors infrastructure de recharge, temps de recharge, coût d'achat et valeur résiduelle du véhicule, valeur résiduelle et remplacement de la batterie en fonction de son vieillissement),
- agrément de conduite réel pour les chauffeurs,
- faible bruit et vibration.

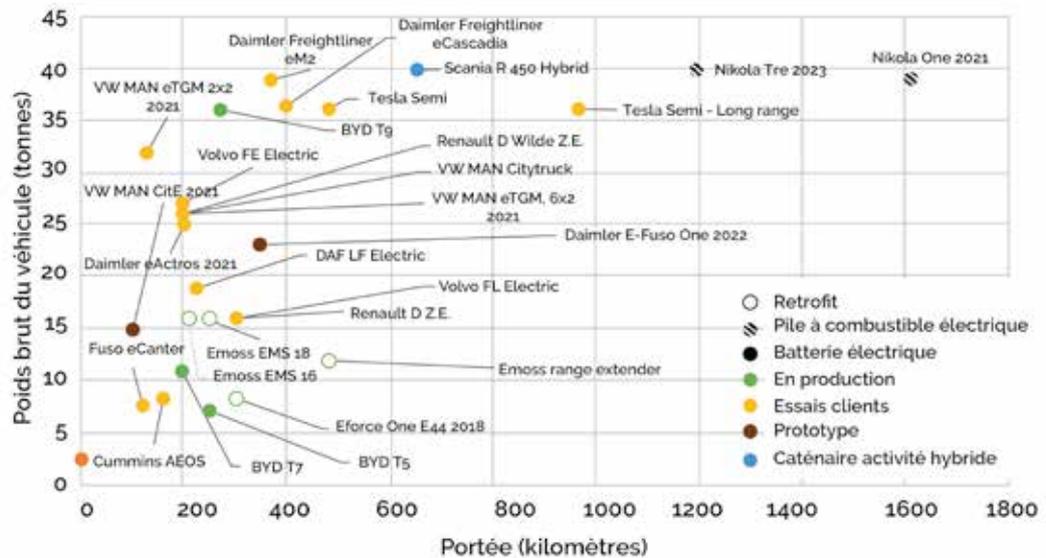
Le poids lourd électrique dispose, pour les premières versions, de batteries lui conférant une autonomie de l'ordre de 100 à plus de 200 kilomètres. Ces autonomies sont validées par celles des bus urbains électriques déjà mis en service depuis plus de 2 ans. Ces caractéristiques correspondent en premier lieu à des véhicules de type « porteur » effectuant des livraisons, en ville depuis les centres logistiques périurbains ou des missions urbaines, correspondent aux segments de marché suivants :

- les fourgons de 3,5 tonnes (parc d'environ 1 000 000 de véhicules avec 100 000 immatriculations par an sur le marché français) et les porteurs de 6 à 16 tonnes, dédiés à la livraison ou aux missions urbaines (environ 25 000 véhicules en service dans le parc roulant actuel, avec plus de 4 600 immatriculations par an, toute énergie confondue),
- les porteurs de 16 à 19 tonnes effectuant des tournées sur courtes distances en exploitation urbaine et périurbaine, 9 000 véhicules toute énergie confondue en parc roulant, avec plus de 1 600 immatriculations par an,
- des véhicules de 26 à 32 tonnes accueillant des carrosseries particulières : bennes à ordures ménagères, ampliroll, bennes ou toupies, voire même frigorifiques.

Le marché adressable actuel pour les véhicules électriques de moins de 19 tonnes est donc de plus de 6 200 immatriculations par an, correspondant à un parc roulant de près de 40 000 véhicules.

Des véhicules industriels jusqu'à 26 tonnes, 100 % électriques, arrivent quant à eux sur le marché fin 2019 et sont présentés en annexe. Les annonces de nouveaux modèles se multiplient par ailleurs pour 2020 avec de nouvelles présentations, au salon Solutrans, par les principaux constructeurs européens.

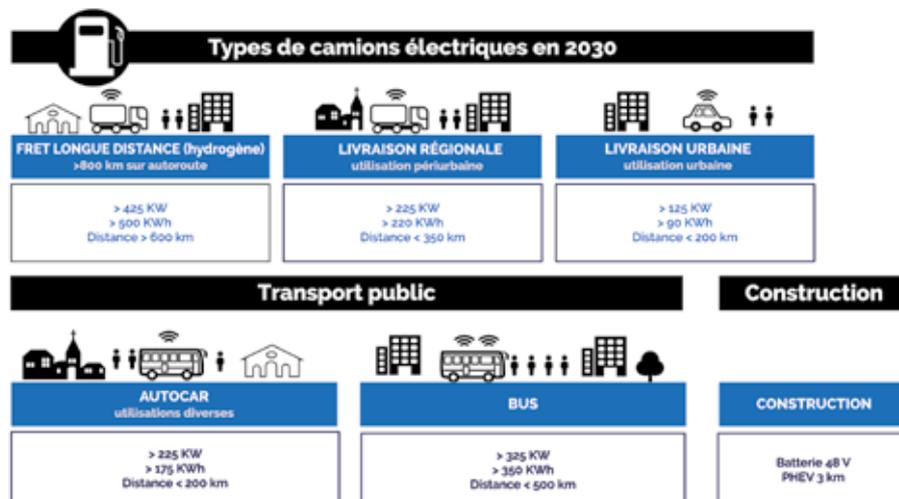
Modèles de camions électriques lourds annoncés pour la commercialisation dans les années à venir



SOURCE :

Global EV outlook 2019, AIE. Note : les poids lourds électriques ont ici un poids brut supérieur à 15 tonnes. Modèles lancés en 2019 ou avant si aucune autre indication.

Segments d'utilisation électro-compatibles



SOURCE :

Filière automobile et mobilité, Évolution du mix technologique et des émissions de CO₂ des VI à l'horizon 2035

ÉMISSION DE CO₂

Améliorer l'efficacité énergétique des moteurs et promouvoir les chaînes de tractions électrifiées sont parmi les principales mesures pour réduire les émissions de CO₂ liées au transport.

Comme vu dans la partie précédente, cette dynamique, déjà mise en place pour les véhicules particuliers, se développera pour les véhicules industriels, avec une évolution des ventes importante, s'orientant vers le tout électrique et l'hybride.

Ainsi, avec un parc de VI comprenant 60% traction électrifiée (totalement ou en partie) en 2035, les émissions de CO₂ issues des VI en Europe baisseraient de 20% d'ici 2035 (scénario Green Constraint).

Les émissions de CO₂ issues des VI en Europe baisseront de 20% entre 2017 et 2035 grâce aux technologies alternatives.

Typologie des motorisations du parc VI à horizon 2035 et évolution des émissions de CO₂ des VI



SOURCE :

Étude de la PFA (11.2018 - Évolution du mix technologique et des émissions de CO₂ des VI à l'horizon 2035).

ÉMISSIONS SONORES

Les motorisations électriques réduisent non seulement la pollution de l'air, mais également la pollution sonore. Ceci constitue un réel avantage en ville, notamment pour les véhicules de livraison qui circulent de plus en plus dans des zones de circulation restreinte. Il en est de même pour les véhicules de collecte

de déchets qui effectuent souvent leurs tournées en toute fin de journée ou à l'aube, et qui évoluent très lentement dans les rues. L'exploitation de véhicules électriques contribue ainsi fortement à la diminution de la pollution sonore des villes.





MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES

La maintenance des véhicules représente traditionnellement un poste très important dans le coût d'exploitation des flottes de véhicules industriels et urbains.

Le véhicule électrique dispose sur ce point d'avantages significatifs, avec :

- la réduction de plus de 50% de l'utilisation du système de freinage grâce à la récupération d'énergie à la décélération, ce qui induit des économies sur les plaquettes de freins, disques, etc...
- la suppression de l'embrayage et de la boîte de vitesses ou de la boîte automatique avec son convertisseur (très sollicités en usage urbain),

- la fin de la vidange d'huile, puisqu'un moteur électrique ne nécessite pas de lubrification,

- la suppression des courroies (alternateur, compresseurs, servitudes).

Les exploitants de bus électriques et des premières flottes de camions électriques soulignent les économies réalisées sur les pièces de rechange mais aussi sur la main d'œuvre.

C'est globalement une réduction de coût de la maintenance d'environ 25 à 35%, voire peut-être 50% de ceux des véhicules diesel identiques, que l'on pourrait escompter suivant les premières estimations et expérimentations qui ont été menées.

CHAPITRE 3

LES ÉNERGIES ALTERNATIVES

CARBURANTS LIQUIDES

Pour certains usages, l'utilisation de carburants liquides reste incontournable. Il existe d'ores-et-déjà des solutions utilisées à l'échelle de la démonstration pour certaines flottes captives (XTL/HVO100, B100, ED95...).

Biodiesels

Biocarburant renouvelable fabriqué principalement à partir d'huiles végétales, le biodiesel est utilisé depuis longtemps comme constituant du gazole : B7 pour le diesel classique (7% de biodiesel) ou B30 pour certaines flottes captives.

Depuis 2018, la réglementation française a ouvert la possibilité d'utiliser le B100 dans les flottes captives. Cette solution nécessite quelques adaptations moteur et un raccourcissement des intervalles de vidange.

Elle permet de réduire d'environ 60% les émissions de CO₂ du puits à la roue (prise en compte du CO₂ capté par la plante pendant sa croissance) par rapport aux véhicules diesel et présente donc une alternative intéressante sur les applications longue distance sur lesquelles l'effort CO₂ à faire est le plus important.

Bioéthanol

Le biocarburant ED95 est produit de manière courante pour son cycle vertueux, à partir du retraitement des résidus (marcs de raisin, mélasse, déchets fermentescibles...), et est composé à 95 % d'alcool pur. Sa production satisfait aux critères de durabilité. Il permet une réduction du CO₂ de 90%.



XTL

Les XTL sont des carburants de synthèse qui peuvent être produits à partir de plusieurs sources. Les plus intéressants pour leur bilan CO₂ étant produits à partir d'huiles végétales ou de résidus (HVO). D'autres solutions, en cours de développement, viendront compléter l'offre (BTL, E-fuels...).

Ils présentent l'énorme avantage de pouvoir être utilisés, sans réglage particulier, sur l'ensemble des motorisations existantes (sous réserve d'homologation bien sûr) et permettent de réduire les émissions de CO₂ du puits à la roue de 90%.

Cette filière en développement pourrait donc être également intéressante pour les applications longue distance ou la construction.

VÉHICULES HYBRIDES

Un véhicule hybride est un véhicule associant l'usage d'au moins deux énergies distinctes pour le fonctionnement de sa chaîne de traction.

Il existe donc une grande diversité de technologies dites hybrides : les hybrides thermique-électrique, les hybrides GNV-électriques, les hybrides thermique-pneumatique, les hybrides batterie-hydrogène, etc...

Par abus de langage, il est communément admis que l'on qualifie d'hybride un véhicule associant les éléments standards d'une chaîne cinématique thermique (diesel, essence...) à des composants électriques.

VÉHICULES GNV/BIOGNV

L'énergie alternative GNV/BioGNV et leurs enjeux sont présentés plus en détails dans le livre blanc sur le GNV/BioGNV.

Solution disponible immédiatement et largement éprouvée depuis plusieurs décennies, le GNV/BioGNV offre une alternative durable face aux carburants traditionnels et permet une mobilité moins polluante pour les véhicules industriels « à faibles émissions ».

Un véhicule GNV émet 95 % de particules fines et 50 % de NOx de moins que le seuil de la norme Euro6. Reconnus par les pouvoirs publics, les véhicules GNV, classés en catégorie Crit'Air 1, véhicules industriels « à faibles émissions », peuvent accéder aux différents dispositifs locaux : ZCR (Zones de Circulation Restreintes), ZFE (Zones à faibles émissions), PPA (Plan de protection de l'atmosphère).

Le GNV/BioGNV permet également de réduire les émissions sonores de manière très significative -50 %. (<https://www.afgnv.org/wp-content/uploads/2018/11/PFA-Livre-blanc-GNV-2017.pdf>). Avec 19 TWh de biométhane produit en France d'ici 2023 (équivalent à près de 100 000 PL), le BioGNV, parfaitement miscible avec le GNV, est distribué dans la quasi-totalité des stations françaises et européennes par un système d'équivalence entre la production en zones rurales et son utilisation souvent en zones urbaines.

Avec 27,7 millions de véhicules dans le monde, le GNV/BioGNV reste une solution polyvalente pour les utilisateurs pour de nombreuses applications : livraison urbaine, régionale, travaux, transport de voyageurs intra et intercités, transports scolaires, collecte d'ordures ménagères, longues distances...).





Les hybrides GNV/BioGNV-Elec permettent d'améliorer de manière significative l'autonomie électrique des véhicules à partir de génératrices alimentées au BioGNV (range extender). En effet, des systèmes embarqués de recharge des batteries, appelés Range Extender viennent alimenter des batteries à partir de moteurs alimentés au BioGNV dont la fonction consiste à alimenter le pack de batteries. Cette technologie permet de réduire la taille des batteries et par conséquent, leurs coûts. Ces systèmes peuvent être suspendus dans les zones 0 émissions dans les hyper centres villes.

Les coûts d'exploitation et d'amortissement (TCO - Total Cost of Ownership) des véhicules GNV/BioGNV sont comparables à ceux du diesel voire plus compétitifs pour les gros rouleurs.

Fort de nombreuses infrastructures de production au niveau national et européen, les véhicules GNV/BioGNV demeurent très proches de nos fondamentaux technologiques et industriels, tout en ayant un excellent bilan CO₂.

VÉHICULES HYDROGÈNE

17

Le véhicule à hydrogène est un véhicule équipé d'un moteur électrique comme le véhicule électrique à batterie. À la différence de ces derniers, les véhicules à pile à combustible permettent l'alimentation en électricité à partir de l'hydrogène embarqué dans un réservoir d'hydrogène. Cette électricité vient en plus ou moins forte proportion, compléter l'électricité embarquée dans la batterie. L'énergie électrique sera alors produite à bord du véhicule, par une pile à combustible.

In fine, les véhicules hydrogène présentent des avantages environnementaux indéniables, ne rejetant à leur pot d'échappement que de la vapeur d'eau, et donc aucun polluant local tel qu'oxyde d'azote et particules.

La pile est une succession de membranes sur lesquelles sont collées de chaque côté un diffuseur. Elles sont enserrées entre 2 plaques de métal sérigraphiées qui permettent la diffusion des gaz hydrogène et oxygène chacun d'un côté. L'échange de protons à travers la membrane crée un déséquilibre électrique et donc le courant électrique générateur d'électricité.

L'hydrogène, stocké sous pression dans le réservoir, et l'oxygène provenant de l'air ambiant se combinent au niveau de la pile pour produire de l'électricité, de l'eau et de la chaleur. Cette électricité alimente le moteur électrique du véhicule. Comme le véhicule électrique à batterie, le véhicule hydrogène ne rejette aucun polluant dans l'atmosphère par l'échappement.



Afin d'assurer le confinement du gaz au sein du réservoir, et d'assurer la sécurité des usagers si le véhicule est accidenté, les réservoirs commercialisés sont soumis au processus homologation du règlement CE n°79/2009. La structure du réservoir est adaptée à la nature du gaz stocké.

Il est constitué de l'intérieur vers l'extérieur des couches suivantes :

- une enveloppe étanche : le matériau employé est spécialement choisi pour assurer l'imperméabilité à l'hydrogène,
- une structure composite supporte les contraintes externes auxquelles la pièce pourra être soumise pendant l'ensemble de son cycle de vie (accidents, agressions externes...). Ce matériau composite est constitué de fibres de carbone déposées par enroulage filamentaire, enduit d'une matrice thermodurcissable. Pour des véhicules de moins de 3,5 tonnes, les réservoirs commercialisés supportent une pression nominale de 700 bar,
- une couche de protection externe, en fibre de verre, permettant de révéler les chocs, ou agressions externes auquel aurait été soumis la pièce durant son cycle de vie, sans altérer visuellement l'aspect de la structure composite.

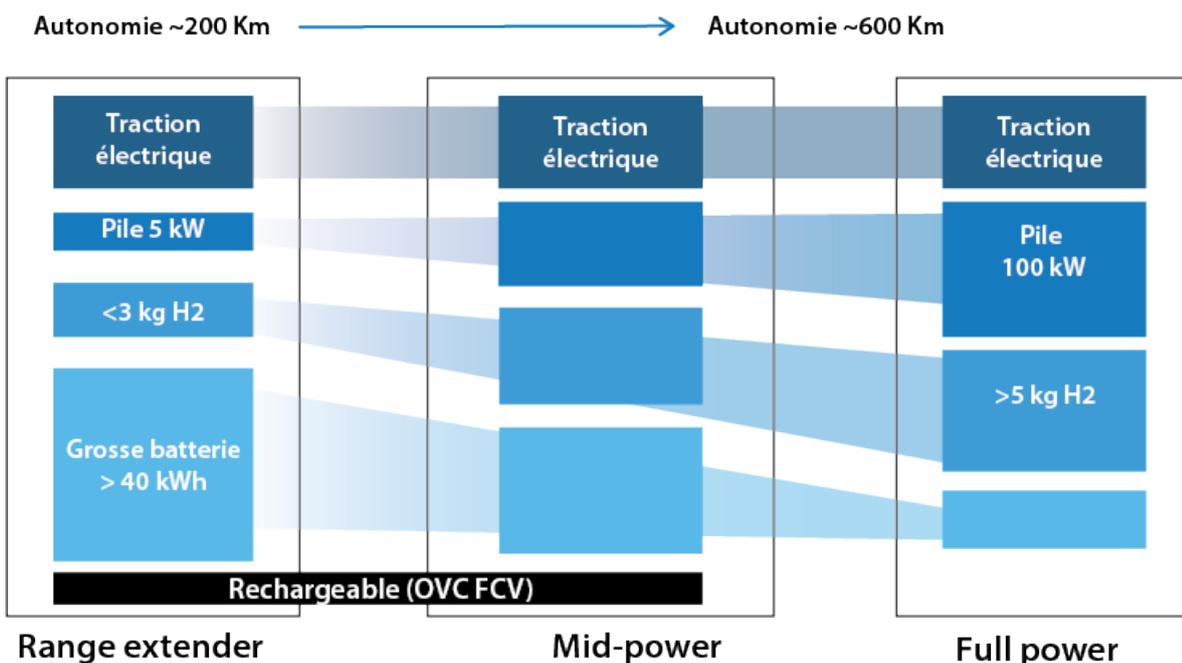


Les véhicules à hydrogène disposent également de batteries en complément des piles, afin de pouvoir faire face aux appels de puissance du moteur électrique et récupérer l'énergie au freinage, comme pour les véhicules électriques à batterie. Plusieurs configurations pile à combustible/batterie sont possibles. Une petite batterie par exemple permettra simplement au véhicule de bénéficier de plus de puissance instantanée si nécessaire.

A l'inverse, un véhicule déjà équipé d'une batterie pourra recevoir une pile à combustible de basse puissance afin de prolonger son autonomie : c'est ce que l'on appelle le Range Extender (REX). On voit également se développer des systèmes intermédiaires (appelés "mid-power") dans lesquels la batterie, toujours rechargeable sur secteur est également alimentée par une pile à combustible apportant 50% de l'autonomie et de la puissance recherchée.

18

Les différentes typologies de FCEV (Fuel Cell Electric Vehicles) pour véhicules légers particuliers et utilitaires



SOURCE :

L'autonomie d'un véhicule léger à hydrogène est aujourd'hui de l'ordre de 500 à 600 kilomètres et l'utilisateur peut faire le plein d'hydrogène aussi simplement qu'il fait son plein d'essence, soit en trois à cinq minutes.

L'hydrogène présente ainsi des caractéristiques intéressantes pour les véhicules commerciaux, avec les développements en cours, parmi lesquels le projet CATHYOPE en France, H2 Share en Belgique et au Pays-Bas et H2 Haul, avec 16 poids lourds du 26 au 44 tonnes qui seront déployés dans le sud de la France et en Belgique.

Des démonstrateurs poids lourds sont aussi actuellement déployés (Toyota, Scania...), avec une arrivée de poids lourds annoncée en 2023 (Hyundai, Nikola...).

VW, Mercedes, PSA et Renault ont annoncé le lancement de fourgons 3,5t équipés de pile à combustible dont les premières commercialisations pourraient intervenir dès 2020.

La filière énergie hydrogène est prometteuse en ce que le processus de fabrication de l'hydrogène peut être complètement décarboné. En effet, l'électricité parcourant de l'eau provoque par hydrolyse la séparation de celle-ci en oxygène et en hydrogène gazeux. Ainsi est-il possible de convertir de l'énergie électrique produite de sources renouvelables à des moments où elle ne correspond pas à un besoin afin de la stocker sous forme d'hydrogène. Cette filière pourra être amenée à remplacer la filière actuelle de fabrication de l'hydrogène à partir du Méthane qui, elle, a l'inconvénient de dégager des quantités importantes de CO₂.



CHAPITRE 4

LES BATTERIES

CONCEPTION ET CONSTRUCTION

Les batteries des véhicules industriels électriques sont globalement identiques à celles des voitures particulières électriques dont plusieurs dizaines de milliers d'exemplaires sont en service en France et des centaines de milliers dans le monde entier. Elles ne nécessitent rigoureusement aucune maintenance. Leur surveillance est assurée par l'électronique embarquée de gestion et de contrôle (le BMS).



Les voitures particulières sont équipées de packs batterie dont l'énergie embarquée est comprise entre 30 et 85 kWh (en fonction de leur taille et de leurs performances).

Les véhicules industriels (camions, bus et cars) sont équipés de packs dont l'énergie embarquée est comprise entre 100 et 300 kWh en fonction du tonnage et du type de véhicule.

Le poids et le volume des batteries choisis par le constructeur du véhicule sont définis en fonction des applications (type de carrosserie) et des missions des véhicules. L'enjeu du dimensionnement des packs batterie des véhicules industriels est de réaliser un juste compromis entre l'autonomie et le poids du pack installé.

Les batteries sont intégrées dans les véhicules industriels sous forme de "packs" et sont logées dans un emplacement dédié où elles sont accessibles sans compromettre l'usage et le carrossage du véhicule. L'objectif étant de préserver la charge utile du véhicule (poids et volume).

Sur les bus urbains les packs batteries sont logés sur le pavillon du bus, ils ne réduisent à priori pas la capacité d'emport en nombre de passagers et sont accessibles avec les moyens adaptés dans les dépôts de bus.

Sur les camions les packs batterie sont logés soit dans l'empattement du véhicule sur le côté droit et le côté gauche, soit juste derrière la cabine du camion dans un châssis dédié.



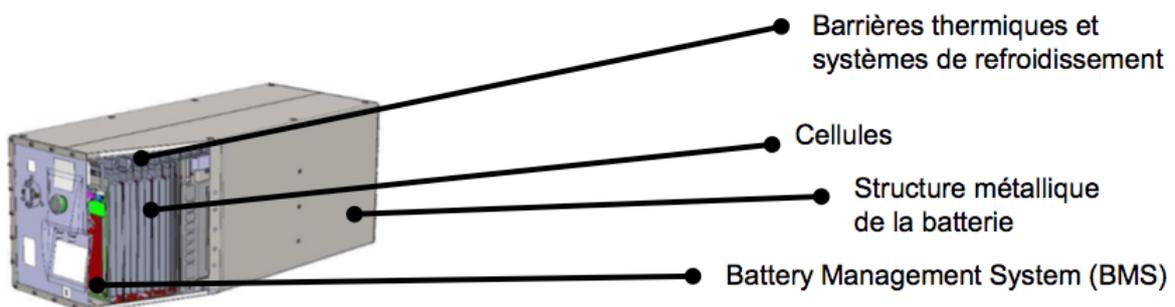
Les technologies de batterie automobiles sont maintenant matures. Les constructeurs de batteries font appel à plusieurs natures de chimies autour du lithium qui reste le dénominateur commun des différentes solutions et offres répondant chacune à un besoin spécifique. Il y a ainsi deux grandes familles de batteries : le lithium-ion avec toutes ses variantes et le lithium polymère. Les batteries lithium titanate (L T O) sont réservées à des applications nécessitant des recharges de forte puissance qui doivent être ultra rapides. Elles sont essentiellement dédiées à des bus urbains circulant sur des voies aménagées avec des recharges au terminus équipé de dispositifs de connexion et de transformateurs et chargeurs de très forte puissance.

Aujourd'hui, les batteries disponibles permettent une autonomie minimum de 150 km pour un bus ou un camion de 19 tonnes équipé de batteries à recharge lente, (c'est à dire en 6 à 8 heures). On observe par ailleurs des gains de densité d'énergie de l'ordre de 10 à 25 % depuis 2 ans.

L'autonomie des véhicules électriques est en progression constante et le prix du « kWh embarqué » en diminution. Les packs batteries pour véhicules industriels aujourd'hui disponibles permettent à titre d'exemple une autonomie de l'ordre de 150 à 300 km pour un bus ou un camion de 19 tonnes, en fonction de la nature de son utilisation.

21

La batterie contient également un système de gestion de la batterie (BMS : Battery Management System). Véritable cerveau de la batterie, le BMS est un circuit électronique indispensable à l'utilisation en toute sécurité des batteries lithium-ion. Il assure trois fonctions : la sécurité en prévenant les événements critiques, la performance en augmentant la durée de vie de la batterie et la communication en échangeant les données avec le système hôte (c'est cette fonction qui rend le système batterie intelligent). Le tout est intégré dans une structure mécanique et permet de mettre les cellules dans une cellule de protection.



DENSITÉ D'ÉNERGIE

La densité d'énergie d'une batterie permet de déterminer la quantité d'énergie électrique (watt heure) qu'elle contient dans un volume ou par unité de poids. Deux unités de mesure sont employées : le kilowattheure par litre (kWh/L) ou le kilowattheure par kilogramme (kWh/kg).

DURÉE DE VIE

La durée de vie des cellules composant le pack batteries est un critère déterminant pour les comparer et pour évaluer le coût total de possession du véhicule. En effet, leurs performances se dégradent avec le temps et certaines technologies sont beaucoup plus durables que d'autres.

Pour des batteries à recharge au dépôt, ou au centre logistique, la durée de vie d'un pack batteries s'exprime en nombre de cycles de charge et de recharge, un cycle représentant une recharge complète, soit 80% de la capacité totale du pack batteries, sachant qu'il est usuel de considérer un nombre de jours d'utilisation de 300 jours par an pour un véhicule industriel urbain (camion et bus).

Le remplacement du pack batteries après 2 500 cycles (soit environ 7 à 8 ans) est désormais confirmé, et les 3 000 cycles ne sont pas un objectif irréaliste et doivent constituer le référentiel des années à venir. Certains constructeurs s'engagent dès à présent sur cette durée de vie avec des résultats proches des performances initiales.

TEMPS DE RECHARGE

Dans les applications liées à la mobilité, ce facteur prend de plus en plus d'importance. Les technologies les plus avancées acceptent des courants de charge de plus en plus élevés permettant de réduire les temps d'immobilisation des véhicules. En fonction du pack batteries installé, le temps de charge s'exprime en nombre de C, C étant la capacité de la batterie à absorber le courant de charge, cette unité s'exprime en ampères heures (A.h).

Le temps de recharge de la batterie dépend directement de la puissance que peut offrir l'instructeur de recharge et que le véhicule et la capacité électrique disponible du dépôt sont capables d'absorber.

Par exemple, un véhicule déchargé disposant d'une batterie de 200 kWh, sera rechargé en 4 heures avec un dispositif de charge d'une puissance de 50 kW ou en 2 heures grâce à un chargeur 100 kW.

Le standard de charge européen est le Combo CCS 2.

Combo CCS 2 (DC) - Jusqu'à 350 kW

Standard de charge rapide (DC) développé par les constructeurs Européens et Américains.



LES PUISSANCES DE CHARGEURS EN COURANT CONTINU STANDARDS

Type de charge	Charge lente DC	Charge accélérée DC	Charge haute puissance DC
Puissance	20 - 25 kW	50 kW	150 - 350 kW
Temps de charge référence bus ou camion 200 KW.H	6 à 8 heures	2 à 4 heures	Environ 1 heure
Design			





DEUXIÈME VIE DES BATTERIES, RECYCLAGE ET VALORISATION

Au-delà de 2 500 à 3 000 cycles, les performances des batteries diminuent d'environ 20%. Une batterie pour véhicule lourd à l'issue de sa première vie bénéficie donc encore de 80 % de sa capacité. Aussi, il est possible de rallonger cette "première vie" avec plusieurs possibilités:

- la plus simple consiste à utiliser la batterie dans un véhicule parcourant moins de kilomètres, ayant donc besoin d'une autonomie réduite entre deux recharges,
- la 2^e possibilité consiste à mettre en place la commercialisation de ces batteries dans des applications plus légères sur des véhicules en termes de besoin énergétique donc d'autonomie. La puissance délivrée n'est pas affectée par ce vieillissement seule l'autonomie l'est,
- la 3^e est une conversion dans un système stationnaire. Dans un tel système, additionné à une source d'énergie naturelle, les batteries ont une durée de vie comprise entre 10 et 20 ans, après quoi leur capacité n'est plus que de 40 % environ. Cette troisième option est déjà opérationnelle mais sera plus économique une fois développée à plus grande échelle.

La filière du recyclage des batteries, bien que nouvelle, est déjà organisée en Europe avec des acteurs comme Veolia, SNAM, ou encore Suez. 60 % des composants des batteries sont ainsi recyclables.

Bien qu'il soit encore trop tôt pour déterminer la valeur comparée des batteries au terme de leur première vie, celle-ci existe néanmoins. Elle est significative et contribuera à la rentabilité future des véhicules électriques équipés.

MATIÈRES PREMIÈRES ET MATIÈRES CRITIQUES

Avec plus de 3 millions de véhicules électrifiés particuliers en circulation, dont près de 40 % en Chine (AIE, 2018) l'électrification du parc automobile se précise fortement ces dernières années. Cette électrification pourrait toutefois avoir des conséquences importantes, notamment sur les marchés de matières premières tels que celui du lithium, utilisé dans les batteries Li-ion.

Une forte pénétration du véhicule électrique au niveau mondial (jusqu'à 75 % en 2050, tous véhicules confondus) pourrait engendrer une diminution marquée de la marge de sécurité d'approvisionnement en lithium (rapport entre la consommation et les réserves).

Néanmoins, les réserves avérées de lithium mondiales ont été multipliées par 4 entre 2005 et 2017 en réponse au déploiement massif de la technologie des batteries Li-ion. À long terme, le risque d'approvisionnement d'un point de vue géologique paraît donc limité.

Toutefois, les dynamiques d'équilibre à long terme sur les marchés de matières premières nous apprennent que l'absence de criticité géologique des ressources ne permet pas d'occulter différentes formes de vulnérabilités, qu'elles soient économiques, industrielles, géopolitiques ou environnementales, la production étant actuellement concentrée en Australie, au Chili, en Argentine et en Chine ; ces 4 pays

représentant environ 80 % de la production mondiale en 2016. Le marché du lithium reste donc à l'heure actuelle encore dominé par un faible nombre d'entreprises et la concentration des acteurs induit une forte incertitude sur les prix futurs du lithium.

Outre le lithium, le cobalt, coproduit minier du nickel et du cuivre, est concentré à 66 % en République démocratique du Congo. Ainsi, avec près de 7 millions de tonnes de ressources pour une production de 123 000 tonnes en 2016, le profil géologique du cobalt laisse entrevoir un ratio ressources-production d'environ 57 ans.

S'agissant du marché du nickel, ce ratio s'est établi à environ 34 ans en 2016 et les principales utilisations du métal concernent aujourd'hui le secteur des batteries (20 %) et la production d'acier inoxydable (60 %). Historiquement, les prix du nickel sont extrêmement volatils et les investissements moins favorables que d'autres secteurs des métaux non-ferreux. Une précaution est cependant de mise concernant l'usage de ces ratios qui donnent seulement une indication concernant la criticité de ces matériaux, qui pourraient s'avérer transitoires. En témoignent les recherches en Europe et aux USA sur les prochaines générations de batteries solides qui permettraient d'importants gains en densité énergétique, volume, poids et prix et qui n'utiliseraient plus ni lithium ni cobalt.



CHAPITRE 5

LES INFRASTRUCTURES DE RECHARGE ET LEUR IMPACT SUR LE RÉSEAU

L'électrification des véhicules routiers est une des solutions les plus prometteuses pour la réduction des émissions de CO₂. Pour l'appliquer au transport routier de fret, il faut des véhicules embarquant une grande quantité de batteries ou une quantité plus limitée à recharger plus fréquemment. Si certains constructeurs comme Tesla ont fait des annonces pour des véhicules avec un grand rayon d'action, le business case associé n'est pas encore satisfaisant. Pour les véhicules avec une autonomie embarquée plus réduite, inférieure à 200 km, le problème de la recharge est un facteur limitant leur utilisation pour le transport sur longues distances.

90 % des applications de véhicules industriels électriques (camions et bus) concernent à priori des véhicules électriques avec recharge au dépôt, sur une durée de 6 à 8 heures, qui pour beaucoup de véhicules pourra s'effectuer pendant la nuit. La recharge directe en courant alternatif n'existe que pour des véhicules de très petite taille, le chargeur embarqué n'acceptant que des courants de faible intensité.

26



Les structures de recharge pour véhicules lourds déjà déployées permettent une recharge avec des bornes d'une puissance de 50 à 100 kw. À très court terme, les bornes disponibles permettront des puissances allant jusqu'à 150 kw. Ces solutions permettent d'envisager un temps de recharge plus court et donc la possibilité d'une utilisation densifiée du véhicule. Tous les véhicules industriels étant dotés de prises au standard combo européen, il n'y a aucune problématique de compatibilité.

Une alternative complémentaire est l'électrification des autoroutes, avec l'installation d'une infrastructure de recharge au niveau de la route sur la voie lente usuellement destinée aux poids-lourds.

Sur les grands axes routiers, il est tout à fait possible d'imaginer en effet de panacher recharge statique avec des stations de recharge sur aire de service et des zones de recharges dynamiques sur les voies de droite ou véhicules lents permettant de limiter la pression sur un seul lieu de recharge.

LES SOLUTIONS DE RECHARGE ÉLECTRIQUE STATIQUE

La première étape dans l'électrification d'un site est de vérifier la faisabilité d'un raccordement électrique au réseau d'électricité. La possible redondance d'un raccordement au réseau peut s'avérer nécessaire suivant l'activité du transporteur et le coût d'une telle disposition doit être regardé, au cas par cas, selon les infrastructures à mettre en œuvre pour atteindre le niveau de disponibilité attendu.

Transformation et distribution de l'énergie dans le remisage

Les études d'installation du ou des transformateurs principaux et les conditions d'installation de ces équipements pour le rechargement pendant le remisage de nuit doivent être menées. Elles ont pour but de définir les conditions d'intégration de ces équipements dans l'environnement du remisage. La première d'entre elles doit permettre de définir l'architecture de distribution électrique adaptée au besoin.

Raccordement du dernier mètre

Retenir pour les stations de charge des puissances standards chez les fabricants 50 ou 100 kW selon les besoins de recharge associés au temps disponible en nuit ou en journée suivant l'exploitation des véhicules. De plus, il convient de s'assurer que les produits acquis sont interopérables selon les standards européens COMBO2.

Ajouter le cas échéant des dispositifs permettant de s'affranchir de câblages au sol (de type mât ou enrouleur...).

Conditions d'autorisation d'exploitation et maîtrise du risque incendie

Pour les dépôts d'autobus, il convient de respecter l'arrêté de prescription applicable à la charge électrique des autobus réalisé avec l'inspection des installations classées et les pompiers pour se conformer à la réglementation. Cet arrêté permet de définir les distances minimales de sécurité entre véhicules et limites de propriétés pour leur remisage ainsi que la nature des installations de protections nécessaires en cas d'incendie (pose de mur coupe feux selon les distances avec les riverains, mise en œuvre de dispositifs d'extinction, ...).

La mise en place de bornes de recharge sur les sites entraîne une perte de remisage d'environ 5%. Il n'y a pas de prescriptions particulières pour le remisage des camions électriques.



Gestion et exploitation des moyens de charge

La mise en œuvre d'un système de supervision de la charge est à conseiller car il permet, d'une part, de vérifier son bon déroulement et, d'autre part, de contribuer à la sécurité globale du système (véhicules et infrastructures). Ce système permet également d'optimiser au juste nécessaire les infrastructures de recharge et d'ajuster au mieux la consommation électrique avec le contrat d'énergie du gestionnaire du parc.

Pour la maintenance, les fabricants de bornes de recharge proposent un service d'assistance technique et de supervision à distance des bornes à travers des formules d'abonnement.

LES SOLUTIONS DE RECHARGE ÉLECTRIQUE DYNAMIQUE

Le nombre de solutions en développement ou en test pour l'électrification des routes ne cesse de croître. Cet intérêt grandissant est motivé par les avantages qu'apportent cette solution parmi les autres pour réduire les émissions de CO₂.

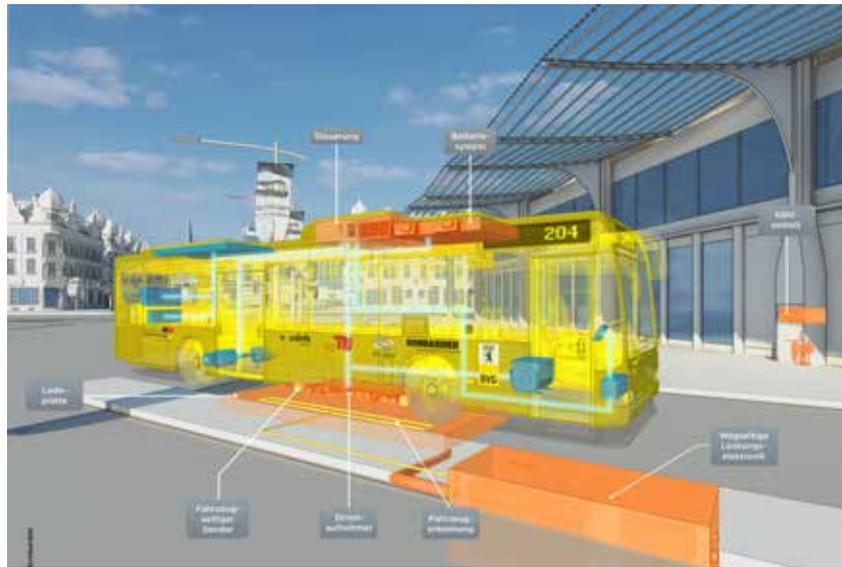
Par exemple, la solution « tout électrique » avec recharge en dynamique est la plus intéressante en termes de coût total de possession comme le montre la figure ci-dessous produite par Cambridge Econometrics pour le compte de la Fondation Européenne pour le Climat.



Aujourd'hui, de nombreuses solutions de recharge électrique en dynamique sont ainsi en cours de développement et d'expérimentation. On distingue trois familles de solutions : inductive par le sol et conductive par le sol et par caténaies. Chaque type de solution possède des avantages et des inconvénients. Toutes ces solutions sont applicables en fonction des contextes spécifiques à chaque voie.

Par exemple la solution inductive implique un transfert d'énergie sans contact, avec aucun équipement visible, depuis des bobines de cuivre placées sous la chaussée qui s'activent uniquement lorsque les véhicules électriques équipés de récepteur passent au-dessus. Cependant, l'intégration des bobines dans la chaussée est très compliquée et très onéreuse. La puissance transférée en dynamique est limitée par l'efficacité du concept et pour des raisons de santé à cause des niveaux de champs magnétiques en jeu. Pour ces raisons, cette solution semble plus destinée à la charge en statique de véhicules légers à basse puissance (< 50 kW).

Recharge ultra rapide pour bus : Bombardier – Primove – Solution inductive



29

La solution avec caténaies qui est proposée par Siemens, a l'avantage de profiter de l'expérience du ferroviaire et permet un niveau de transfert d'énergie suffisant, environ 400 kW, pour à la fois alimenter la chaîne de traction d'un poids lourd électrique et de recharger ses batteries. Les principaux points faibles de cette solution sont la caténaire qui est un obstacle vis-à-vis des convois exceptionnels, engins de chantier, hélicoptères devant se poser pour effectuer des évacuations d'urgences, etc. De plus, cette solution n'est applicable qu'aux véhicules de type semi-remorques où le pantographe est installable sur le tracteur.

Siemens eHighway – Route électrifiée de Frankfort



La solution “**conductive par le sol**”, avec sa piste d’alimentation au niveau du sol, est un bon compromis avec une intégration dans le sol plus simple et moins coûteuse que la solution “inductive”. Elle offre les mêmes avantages que la solution par caténares, mais sans ses inconvénients.

Route électrique Alstom (voie d’essai Volvo en Suède)



Au niveau des véhicules, les solutions décrites ci-dessus ont un grand intérêt pour les exploitants car si le coût d’achat est impacté par l’intégration de ces nouvelles technologies, le coût d’exploitation sera significativement réduit du fait des économies réalisées sur l’énergie et sur la maintenance de leur outil de travail. La solution ERS (Electric Road System) donne la possibilité aux véhicules électriques équipés d’un capteur de courant rétractable de venir s’alimenter et ou de recharger leur batterie pendant leur passage sur une section d’autoroute électrique. Cette recharge en dynamique des véhicules électriques permet d’éviter les temps de charge à l’arrêt et la multiplication des stations de recharge sur les aires d’autoroute. Elle permet également de limiter la quantité de batteries à embarquer et donc un impact sur le coût d’acquisition.

Les solutions techniques émergent et de nombreuses expérimentations sont en cours dans de nombreux pays : Suède, USA, Corée du Sud, Allemagne, France, Italie, etc.

Mais quels sont les verrous restant à lever pour un large déploiement de la route et à quel horizon est-il envisageable ?

Si d’un point de vue technologique les choses avancent bien, il reste à faire pour passer d’une expérimentation à un ou deux véhicules, à une démonstration avec des centaines de véhicules mettant en œuvre et en évidence la disponibilité du système, sa maintenance et son exploitation dans des conditions représentatives. Il faudra également du temps pour la mise en place de l’outil industriel qui permettra de fournir les équipements nécessaires pour répondre à la réalisation d’infrastructure de route électrique de grande distance à un prix acceptable.



La gestion des investissements pour la réalisation de corridors de route électrique ne sera possible qu'avec des business cases positifs. Or le modèle économique n'est pas encore défini que cela soit pour la gestion des investissements, de l'exploitation, de la maintenance ou encore le cadre réglementaire. Ensuite, la rentabilité des premiers corridors reste problématique car ils seront nécessaires pour initier le mouvement, mais ils seront exploités avec très peu de véhicules électriques au début. La courbe de montée en charge ne sera pas forcément suffisante pour garantir un retour sur investissement. Pour cette raison, les premiers investissements significatifs devront être aidés au niveau local, national ou européen.

Le choix de la solution à déployer à grande échelle et sa standardisation afin qu'elle puisse être mise en œuvre dans différents pays est une étape qu'il faudra également franchir. Si aujourd'hui les gestionnaires et opérateurs des autoroutes suivent avec intérêt l'arrivée de l'électrification de leurs réseaux, ils ne sont pas encore prêts à choisir une solution plutôt qu'une autre. Concernant la standardisation, des travaux sont lancés au niveau européen (création de groupes de travail CENELEC), mais il faudra encore plusieurs années avant d'aboutir à des standards exploitables.

Enfin, pour le long terme, les réseaux électriques devront être adaptés pour répondre à cette nouvelle demande en termes de capacité de production et l'acheminement vers les zones concernées. La production d'électricité décarbonée est une des conditions nécessaires pour rendre la route électrique comme une solution pertinente pour réduire les émissions de CO₂ dans le transport routier.

En conclusion, le déploiement des premiers corridors de routes électriques sur des centaines de kilomètres devraient être possible entre 2025 et 2030. Cette échéance à moyen terme peut paraître un peu éloignée mais on parle d'une évolution qui marquera le futur du transport routier. Cela requiert du temps pour l'évolution du niveau technologique, de la maintenance et de l'exploitation des nouvelles infrastructures, du modèle économique et du cadre réglementaire.

Il reste de nombreuses étapes à franchir pour atteindre cet objectif. Une des premières consiste à valider complètement les solutions technologiques. D'où la proposition de soutenir l'expérimentation d'une des solutions les plus prometteuses qui n'a pas encore été testée sur route publique : la solution d'alimentation par le sol.

Cette expérimentation pourrait être réalisée dans le cadre du partenariat signé entre la France et la Suède sur l'Innovation et les solutions durables. Cet accord vient d'être étendu dans un accord trilatéral avec l'ajout de l'Allemagne pour le futur de la mobilité avec les systèmes de route électrique (ERS). Il vise maintenant entre autres, la mise en œuvre de démonstrateurs transfrontaliers.

LES IMPACTS SUR LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE

L'étude RTE AVERE publiée en mai 2019 analyse les impacts de la mobilité électrique sur le réseau de transport électrique et les conditions de succès de l'électromobilité. Dans ce cadre, les analyses prennent en compte des scénarios de développement des différents types de véhicules, notamment les poids lourds. Les différents scénarios construits s'appuient sur les estimations de la filière et tablent sur un déploiement des poids lourds et bus de 50 000 à 150 000 véhicules roulant en 2035.

Les différentes projections des constructeurs (scénarios de la Plateforme de la Filière Automobile – PFA) et des pouvoirs publics (ambitions de la Programmation pluriannuelle de l'énergie et de la Stratégie nationale bas-carbone) tablent sur un nombre total de véhicules électriques en circulation en France de plus d'un million d'unités à l'horizon 2022-2023, de 4,8 millions en 2028 (échéance de la PPE), et pouvant atteindre 7 à 16 millions d'unités (véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers) en 2035 (soit entre près de 20 % et plus de 40 % du parc total).

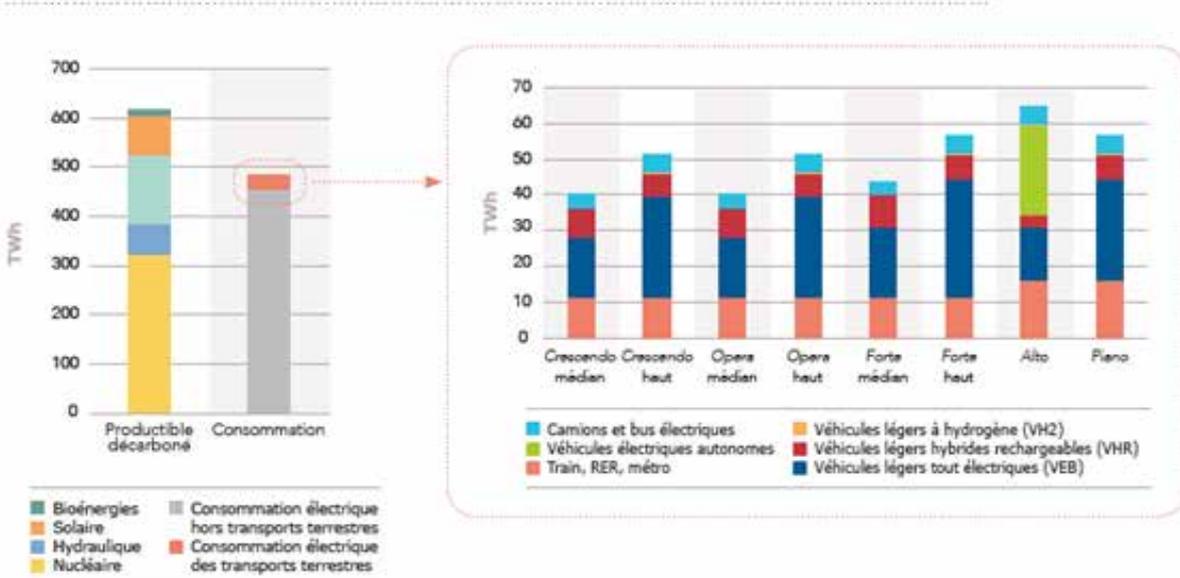


Le graphe de gauche ci-dessous explicite que le transport terrestre représente de l'ordre de 50 TWh sur une consommation totale de l'ordre de 500 TWh, soit moins de 10%. Le diagramme de droite montre que les bus et camions représentent de l'ordre de 5 TWh sur ce total, soit 10% de la consommation dédiée au transport terrestre. Au global, l'hypothèse ambitieuse de parc ne pèse qu'environ 1 % de la consommation totale pour les camions et bus.

L'impact des camions et bus électriques sur la consommation sera donc très faible et facilement absorbable par le réseau de transport.

Consommation électrique annuelle et produisible du parc électrique décarboné français à l'horizon 2035

Figure 8. Consommation électrique annuelle et produisible du parc électrique décarboné (EnR et nucléaire) français à l'horizon 2035, selon les orientations publiques sur l'évolution du parc de production d'électricité



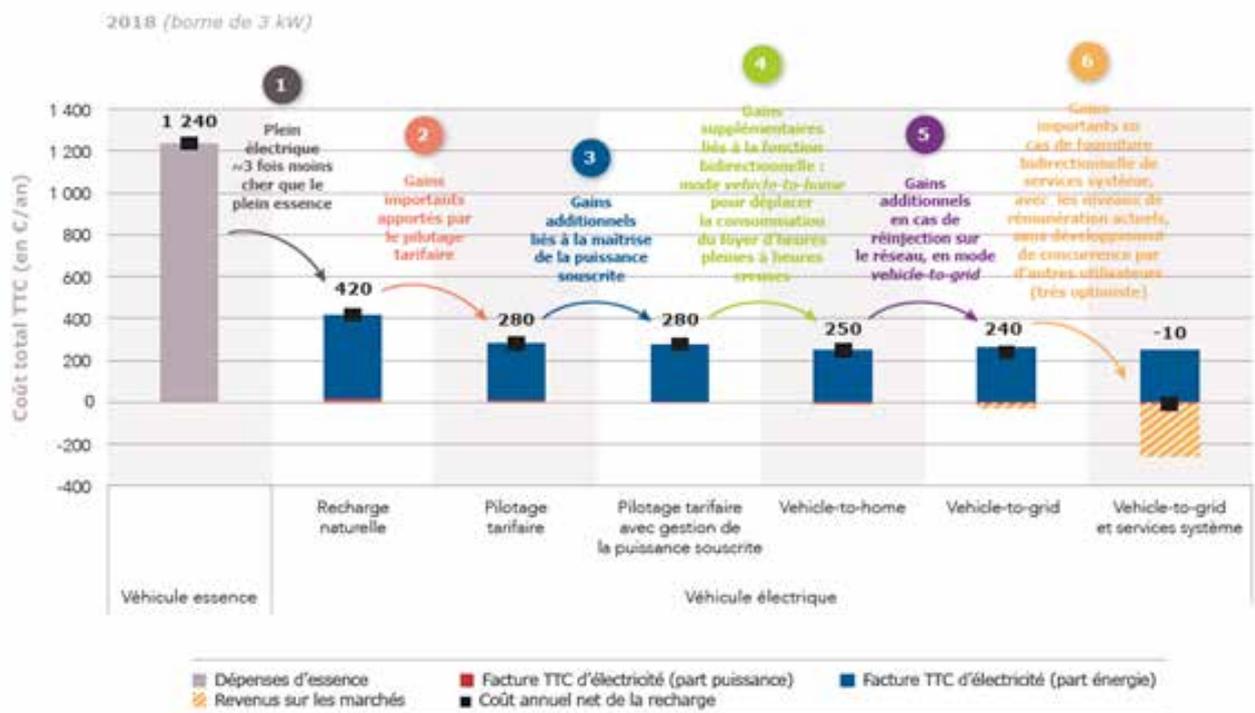
SOURCE :

RTE AVERE publiée mi-mai 2019



Coût du plein annuel pour un automobiliste, selon le mode de pilotage de la recharge

33



SOURCE :

RTE AVERE publiée mi-mai 2019

Le graphe ci-dessus montre que la mobilité électrique permet un coût lié à l'énergie 3x plus faible qu'en énergie fossile. Ce coût est divisé par 5 grâce à des technologies simples et disponibles d'optimisation tarifaire (chargement en heure creuse, restitution au réseau d'électricité disponible dans la batterie en heure de pointe).

CHAPITRE 6

LE COÛT TOTAL DE POSSESSION DES VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES (T.C.O.)

Dans les transports, l'électrification est motivée par de fortes améliorations de l'économie des véhicules électriques, atteignant la parité des coûts avec les véhicules à carburant conventionnel au début des années 2020 pour les véhicules utilitaires légers.

Une étude de McKinsey publiée début 2019 et basée sur des données européennes montre bien la compétitivité croissante des camions électriques. Bénéficiant de technologies développées pour les bus notamment, dont l'industrialisation est lancée en 2018 sur le marché européen, les camions électriques vont progressivement montrer un coût total de possession équivalent voire moins élevé que les camions à motorisation thermique ; dans un premier temps pour la logistique de dernier kilomètre, puis pour du transport régional et intercités.

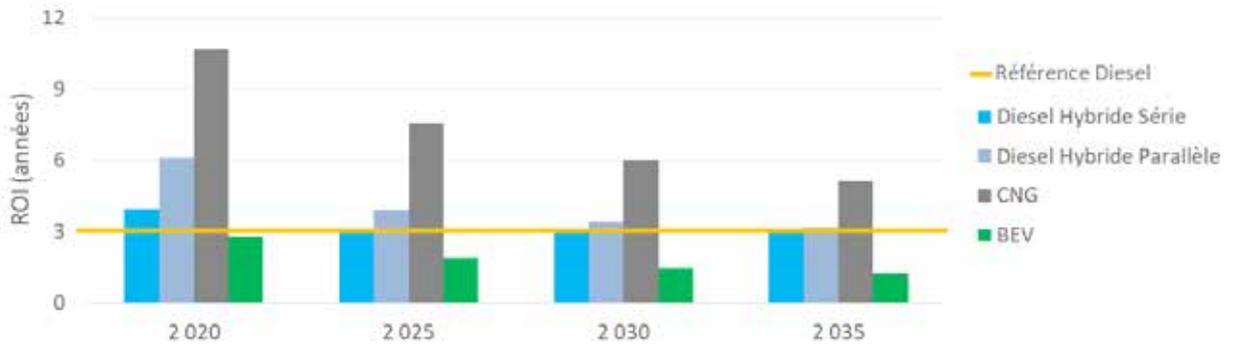
Les grandes tendances soulignées par l'étude sont les suivantes :

- Sur l'ensemble des segments, hormis pour les poids lourds longue distance, les véhicules électriques deviendront l'option la moins coûteuse dans les 5 à 10 prochaines années.
- Les coûts des véhicules électriques diminueront rapidement, principalement en raison d'une diminution des coûts des batteries.
- Le calendrier de la parité du coût total de possession (TCO) aux États-Unis et en Chine est comparable à celui de l'Europe. La Chine a légèrement devancé l'Europe alors que les États-Unis ont un léger retard, en raison des différences de taxation du carburant et des subventions pour les véhicules électriques.

L'étude de la PFA filière automobile et mobilités 2018, détaille quant à elle ci-après les ROI par segment de véhicules.



ROI pour les bus. Étude PFA filière automobile et mobilités 11/2018

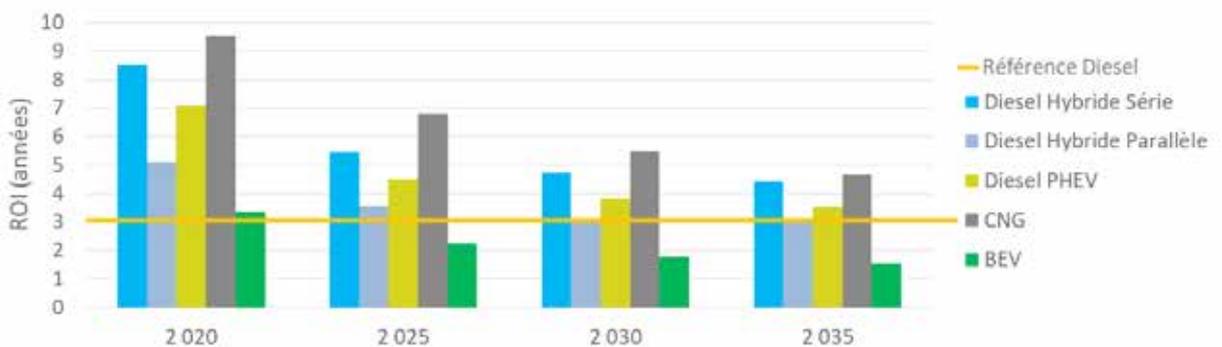


Sur le segment des bus, le BEV restera la technologie la plus rentable en termes de coûts d’achat et d’utilisation. Le ROI passe sous les 3 ans dès 2020. La compatibilité d’utilisation est le facteur limitant pour la diffusion de cette technologie.

Les véhicules hybrides, même s’ils sont adaptés au segment des bus, restent plus onéreux, mais pourraient prendre des parts de marché significatives dans le cas d’un arrêt de la technologie diesel 100 % ICE en 2030.

La technologie Fuel Cell ne permettant pas de gain à l’usage dans ce scénario, son ROI n’est pas calculé et son intégration dépendra de logiques TCO non modélisées ici.

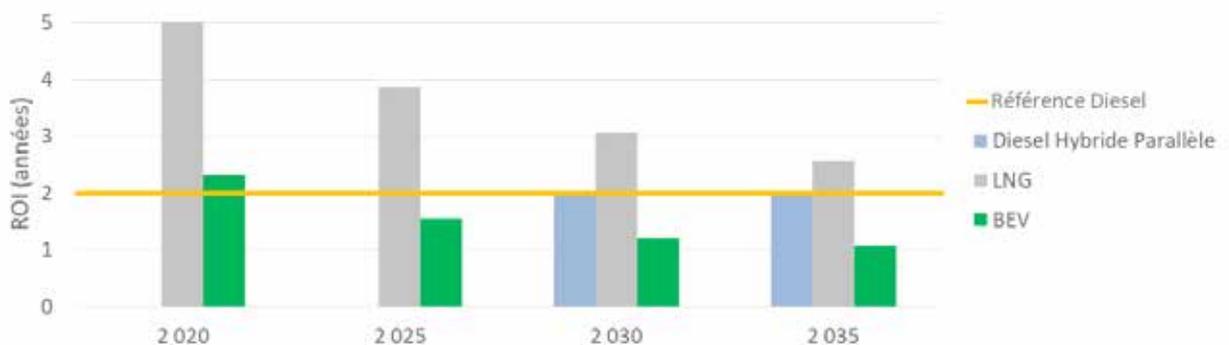
ROI pour le segment “construction”. Étude PFA filière automobile et mobilités 11/2018



De par la diversité des usages sur ce segment, de nombreuses technologies sont compatibles avec les véhicules de construction.

Les BEV sont encore une fois le plus avantageux économiquement, mais leur intégration sera fortement limitée par la compatibilité d’usage.

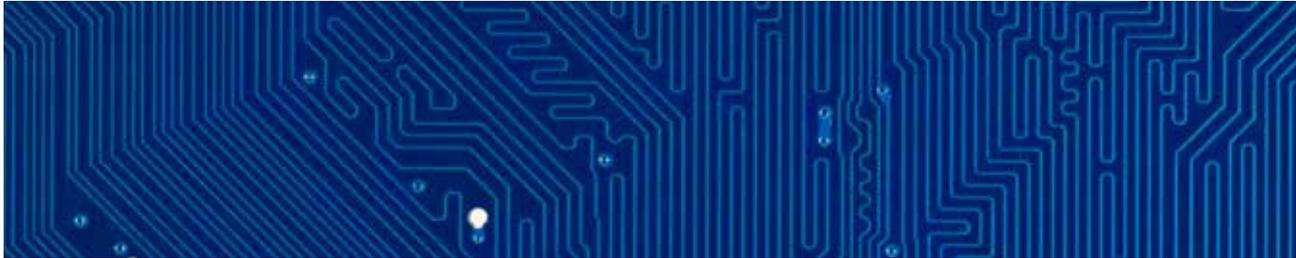
ROI pour le segment “longue distance”. Étude PFA filière automobile et mobilités 11/2018



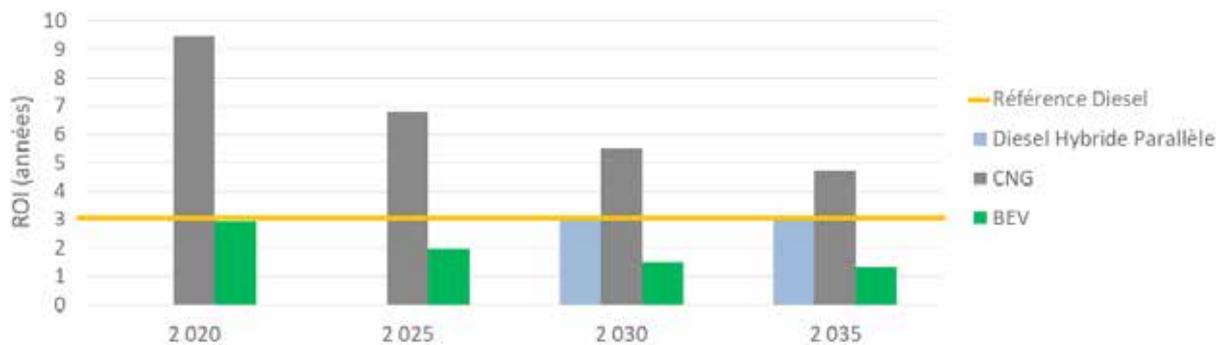
Pour le fret “longue distance”, lorsque les technologies seront matures, le BEV (Battery Electric Vehicle) et le LNG (Liquified Natural Gaz) seront les seules technologies alternatives rentables face au diesel, les véhicules 100 % hybrides ne permettant pas des gains de consommation suffisants sur ce segment, comme pour les cars.

Les BEV sont déjà compétitifs avec le diesel et leur ROI passera sous la barre des deux ans dès 2020. L'intégration de la technologie est pour le moment limitée par l'absence d'offre et l'usage des véhicules ne devrait pas être un frein sur le long terme car 70 % des trajets sont en dessous de 300 kilomètres.

Le LNG deviendra fortement compétitif dès 2025 et devrait profiter à cette date d'une dynamique de développement de l'infrastructure facilitant l'augmentation de la part de marché de la technologie.



ROI pour le segment “livraisons régionales”. Étude PFA filière automobile et mobilités 11/2018

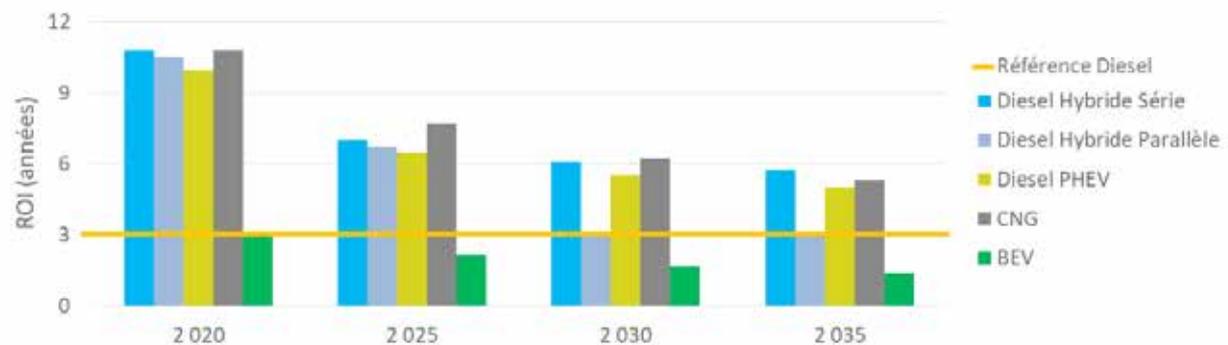


Sur le segment de la livraison régionale, le BEV et le CNG (Compressed Natural Gaz) sont les deux seules alternatives au diesel rentables à horizon long-terme car les technologies hybrides ne permettent pas de gains de consommation suffisants.

À partir de 2030, le CNG devient plus rentable que le diesel et pourrait prendre une part de marché significative.

Le BEV, restera limité aux véhicules effectuant des trajets inférieurs à 350 kilomètres (environ 70 % du marché) et sera en compétition avec la technologie CNG.

ROI pour le segment “livraisons urbaines”. Étude PFA filière automobile et mobilités 11/2018



De nombreuses technologies sont compatibles sur le segment de livraison urbaine dont l'utilisation est un cycle mix entre urbain, interurbain et autoroute.

Le BEV reste la technologie la plus rentable économiquement, mais sera limité par les compatibilités d'usage.

À horizon 2035, hors BEV, seul le CNG passera la limite des 3 ans en termes de ROI et pourra venir cannibaliser très fortement le diesel.

CHAPITRE 7

L'ÉVOLUTION DES EMPLOIS ET DES MÉTIERS DANS LA FILIÈRE AUTOMOBILE

ÉVOLUTION DES EMPLOIS

L'automobilité (transport de personnes ou de marchandises) soulève des défis majeurs pour la filière automobile. De nouvelles compétences sont nécessaires, que ce soit pour réaliser de nouvelles activités ou plus généralement pour adapter des métiers existants, voire en créer de nouveaux. Il s'agit d'anticiper, de préparer les mutations à venir,

de former et adapter les ressources humaines aux nouveaux défis de l'automobilité tant en amont (R&D, intégration, fabrication) qu'en aval (distribution, services, maintenance, recyclage). Une évolution adaptée de la formation doit permettre d'anticiper les transitions et de garantir une adéquation durable entre l'offre et la demande d'emploi dans la filière.

37



Les évolutions en cours dans la filière automobile impliquent de nouveaux métiers et une transformation des emplois actuels. Comme le souligne le Contrat stratégique de la filière automobile 2018-2022 de mai 2018, la filière industrielle est confrontée à trois disruptions :

- technologique, avec le moteur électrique, les batteries et prochainement la pile à combustible et le stockage embarqué d'hydrogène,
- numérique, avec le véhicule connecté, intelligent, autonome et l'émergence de sujets aussi complexes que la protection des données détenues par un véhicule,
- sociétale, avec de nouvelles offres de mobilité de transport de personnes et de marchandises.

Les tableaux ci-dessous « évolutions des activités » et « besoins en compétences », montrent que la filière toute entière (amont, aval) a des besoins en termes d'adaptation aux postes de travail, en ingénierie (R&D), en spécialiste (vente véhicule, conseil en mobilité, ...) et surtout en personnel qualifié pour assurer la production et la maintenance des véhicules.

Différents dispositifs de formation existent et peuvent être organisés suivant différentes modalités pédagogiques, distinctes ou complémentaires :

- les formations par alternance : contrat de professionnalisation, contrat apprentissage, reconversion ou promotion par l'alternance (Pro-A),
- les formations à distance : classes virtuelles, chat, forums, cours interactifs... pour s'adapter au rythme de chacun,
- les formations courtes : stage spécialisé, accompagnement sur poste de travail,
- les formations certifiantes visant un CQP organisé en blocs de compétences ou formations visant un diplôme allant du CAP à ingénieur,
- les dispositifs de validation des acquis de l'expérience (VAE),
- la formation continue est quant à elle un enjeu important pour accompagner les personnels en poste mais aussi pour préparer les techniciens de demain. Enfin, le développement de l'attractivité des métiers de la filière pour les jeunes en formation initiale et l'accompagnement des salariés de la filière sont fondamentaux et facteurs clés de réussite dans la transition du transport à motorisation thermique vers le transport à motorisation électrique.

ÉVOLUTION DES MÉTIERS

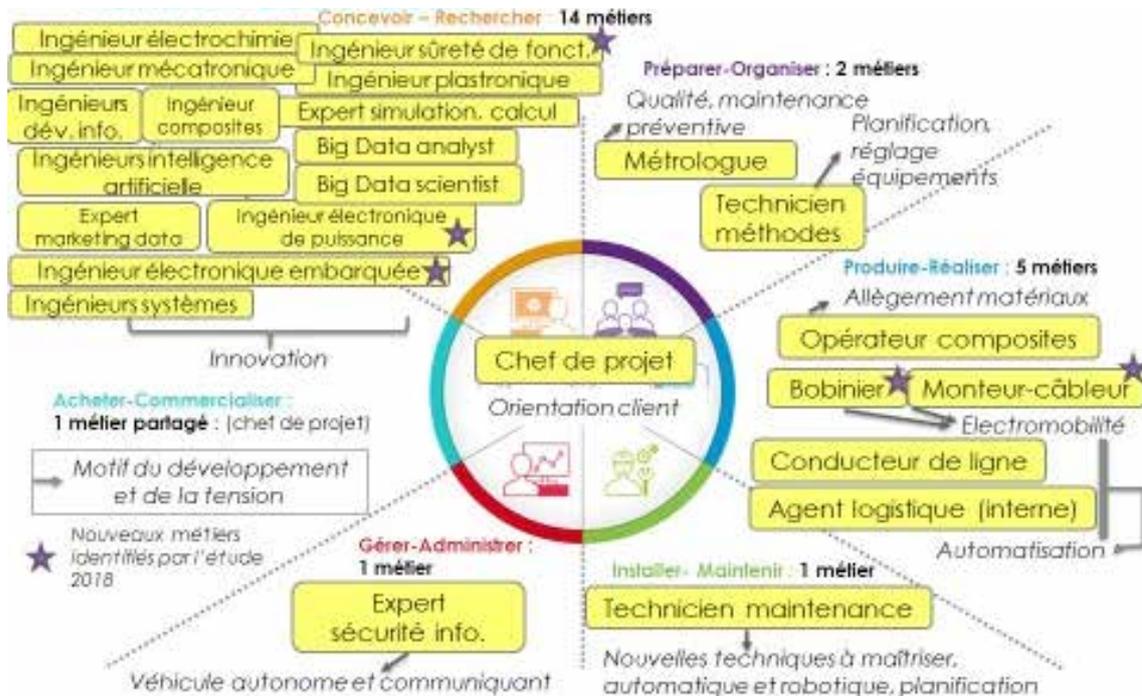
Filière - amont

L'Observatoire des Métiers de la Métallurgie a conduit deux études (2016 et 2018) visant à décrire et quantifier les effets des mutations que traverse la construction automobile et notamment celle de véhicules industriels. L'électromobilité (motorisations électriques et hybrides, véhicule autonome et connecté) faisait partie des mutations étudiées et des plus impactantes sur l'emploi et les besoins de compétences (avec l'industrie du futur).

L'étude a montré que le développement de l'électromobilité fait appel à des métiers-clés, particulièrement dans la fonction conception et R&D :

- ingénieurs électrochimie (conception de batteries),
- ingénieurs sûreté de fonctionnement (pour le véhicule autonome et connecté),
- ingénieurs mécatronique et plastronique (véhicule autonome et connecté),
- ingénieurs développement informatique et les autres métiers liés au développement du numérique (Big Data analysts et scientists, intelligence artificielle, experts sécurité informatique),
- ingénieurs électronique embarquée (véhicule autonome et connecté, commande de gestion des batteries).

Cartographie des métiers en développement et en tension dans la construction automobile à l'horizon 2025.



SOURCE :

Observatoire de la métallurgie, 2018, étude MBJD

Dans les ateliers, l'électromobilité stimule principalement les métiers de l'assemblage de composants électriques et électroniques, ainsi que celui de bobinier (conduite d'équipement industriel) pour la production des moteurs électriques.

La réponse à ces évolutions des métiers ainsi qu'à la fragilisation de certains autres fait l'objet, dans l'étude de l'Observatoire, de propositions de formations continues assurant la mobilité des salariés exposés à ces mutations.

La filière véhicules industriels a fait l'objet d'études complémentaires par le Pôle CARA en Auvergne-Rhône-Alpes, avec le soutien de la PFA (plate-forme filière automobile et mobilités) et du PIA.

Ces travaux ont mis en évidence des résultats comparables à l'étude globale de la filière automobile (Observatoire des métiers de la métallurgie), et une problématique forte de l'évolution des compétences et des difficultés de recrutement des techniciens de maintenance de véhicules industriels. Précisément, plusieurs métiers de la conception des véhicules sont appelés à voir leurs référentiels de compétences s'enrichir :

- connaissances en électronique, maîtrise de l'anglais professionnel et mécatronique pour les ingénieurs en conception mécanique,
- développement informatique (en particulier, modules de bases de données), électronique des systèmes embarqués, connaissance des normes électromagnétiques et des technologies de radars et de radio-transmission, des normes et protocoles des télécommunications, de l'anglais professionnel, de la mécatronique et de la plastronique pour les ingénieurs en conception électronique,
- maîtrise de l'anglais professionnel pour les ingénieurs mécatroniciens et les ingénieurs plastroniens,
- connaissance des normes électromagnétiques et des technologies de radars et de radio-transmission pour les experts en sécurité informatique.

Le métier de Technicien de maintenance de véhicules industriels, quant à lui, doit développer ses capacités en :

- évaluation du niveau technique de l'intervention en électromécanique,
- connaissances en électricité et électronique,
- connaissance des motorisations électriques et hybrides,
- connaissance des méthodes et des procédés de réparation de systèmes électriques sous haute tension.

A la différence de la construction de véhicules légers, où la substitution du véhicule électrique au véhicule thermique et où la baisse de la motorisation diesel sont une réalité qui fait peser le risque de la perte d'environ 15 000 emplois en France, l'emploi dans la construction de véhicules industriels ne devrait pas être négativement impacté, à court terme en tout cas, par le développement de l'électromobilité. À cet instant, les projets et les investissements annoncés par les constructeurs font plutôt de l'électromobilité une opportunité de créations de postes.

Il convient toutefois de veiller à l'impact que le développement du parc de véhicules électriques pourrait avoir sur les besoins en maintenance de véhicules, ces modèles nécessitant un entretien beaucoup moins important, compte-tenu du plus faible nombre de pièces d'usure.

Filière - aval

Métiers (source rapport de branche ANFA édition 2018)	Entreprises	Salariés
Commerce et réparation de véhicules industriels	3 871	24 171
Démolisseurs-recycleurs	396	3 375

Source GNFA	Vente de véhicule - conseil mobilité	Ventes de pièces	Location / gestionnaire de parc
Évolution des activités	Conseiller le véhicule par rapport à l'usage	Pièces de réemploi	Nouveaux services de mobilité
	Nouveaux services de mobilité "véhicule + services associés"	Post équipement	Gestion des flottes de véhicules - livraison dernier kilomètre
	Nouveaux outils pour la vente de véhicule et/ou de service	Reconditionnement et stockage	Conseil en mobilité par rapport à l'usage
	Maîtrise des technologies de l'information et de la logistique dans son domaine	Maîtrise des technologies de l'information et de la logistique dans son domaine	Maîtrise des technologies de l'information et de la logistique dans son domaine
Besoins en compétences	Approche marketing et commerciale sur le développement durable et les usages	Gestion des pièces (neuves, réemplois, retours garantie, recyclages)	Stationnement aérien, souterrain, urbain, péri-urbain, extra-urbain : prise en compte du risque incendie, chimique, ATEX, électrique, ...
	Renforcement de la notion de service : nouvelle mobilité et services associés	Nouvelle exigence en matière de qualité santé environnement	Définition des infrastructures (ouvrage, station de charge : électrique, hydrogène)
	Nouvelles technologies et les usages	Gestion risque électrique - chimique liés aux batteries	Renforcement de la notion de service
	Connaissances élémentaires sur les stations de charges, installation, exploitation	Conditionner et expédier des composants à risque électrique- chimique	Logistique et gestion des parcs de véhicules



Source GNFA	Entretien-réparation-dépannage	Carrosserie - peinture	Déconstruction - recyclage
Évolution des activités	Intervention sur véhicules électriques	Intervention sur véhicules électriques	Intervention sur véhicules électriques
	Habilitation des opérateurs selon activité et risque	Habilitation des opérateurs selon activité et risque	Habilitation des opérateurs selon activité et risque
	Maintenance et diagnostic de systèmes complexes liés aux nouvelles technologies	Utilisation de pièces de réemplois	Recyclage des matériaux, identification et gestion des pièces de réemplois
	Gestion des déchets	Gestion des déchets	Gestion des déchets
	Systèmes mécaniques remplacés par des systèmes électrotechniques-mécatroniques	Nouveaux matériaux	Recyclage batteries, conditionner et expédier des composants à risque : électrique, chimique
Besoins en compétences	Technologies (véhicule connecté, compresseur de clim électrique, chaîne de traction électrique)	Technologies (véhicule connecté, compresseur de clim électrique, chaîne de traction électrique) et nouveaux matériaux	Technologies (véhicule connecté, compresseur de clim électrique, chaîne de traction électrique) et nouveaux matériaux
	Compétences électrotechnique et mécatronique, nouvelles méthodes d'intervention (maintenance, dépannage)	Nouvelles exigences en matière de qualité santé environnement	Nouvelles exigences en matière de qualité santé environnement
	Gestion du risque électrique, ATEX (norme, réglementation, habilitation)	Gestion du risque électrique, ATEX (norme, réglementation, habilitation)	Gestion du risque électrique, ATEX (norme, réglementation, habilitation)
	Diagnostic et entretien de systèmes complexes	Évolutions des techniques d'interventions et de réparations	Évolutions des techniques d'interventions

SOURCE :

CHAPITRE 8

LES ACTEURS DE LA FILIÈRE : TÉMOIGNAGES

FNTR

Le secteur du transport routier de marchandises (TRM) est engagé, de longue date, dans la transition énergétique des flottes de véhicules. Cet engagement est actif, notamment à travers le programme EVE (Engagement Volontaire pour l'Environnement) et la charte et le label « Objectif CO₂ - Les transporteurs s'engagent », mais aussi dans le cadre des partenariats avec des acteurs institutionnels des énergies alternatives (GrDF, Sigeif,...), des constructeurs, des collectivités locales, etc. pour fédérer les transporteurs autour de projets alternatifs au diesel. Il est donc important pour les entreprises de ce secteur, dont le véhicule routier est l'outil de production, de sécuriser les investissements, tout en disposant de possibilités de choix stratégiques pour une transition énergétique réussie.

Aujourd'hui, il existe un grand nombre de schémas logistiques différents pour lesquels le diesel reste l'énergie première à ce jour. Les exigences environnementales engagent le TRM vers un mix énergétique indispensable.

Les critères de choix des solutions pour un écosystème économique et technique équilibré sont : disponibilités et gammes variées de véhicules, réseaux d'avitaillement, maintenance adaptée et accessible, adaptations des organisations logistiques et maîtrise des coûts.

Les expérimentations menées sur le poids-lourd électrique jusqu'à aujourd'hui n'ont pas encore pu démontrer un équilibre économique pour l'utilisateur.

Constats et retours d'expérience des usagers :

1. Une seule énergie alternative ne répondra pas aux besoins de l'ensemble des usages du TRM, le mix énergétique sera donc impératif pour le secteur,
2. Un camion + de 3,5t de PTAC peut faire entre 150 et 700 km/jour. L'autonomie plus faible des V.I. électriques réduit le champ des possibles aux petits gabarits de véhicules (VUL) et aux activités de TRM intra-urbain.
3. L'équilibre économique du transport routier de marchandises est très fragile et se fait avec une marge nette de 1 à 2%. Les prix d'acquisition ou de location des véhicules sont donc calculés au plus juste. Ainsi, il faut inclure dans le TCO du véhicule les temps de recharge, les valeurs résiduelles du véhicule et de la batterie, l'évolution du prix de l'électricité, de sa fiscalité, des coûts d'usage des infrastructures, du coût de l'infrastructure de recharge et de réorganisation des flux logistiques. D'autre part, la faiblesse des marges et des trésoreries tendues ne facilitent pas les garanties bancaires.
4. Aux coûts des infrastructures de recharge s'ajoutent les contraintes normatives de sécurité et de puissance disponible.
5. Le scénario des panneaux photovoltaïques sur les toits des entrepôts n'est malheureusement pas économiquement viable aujourd'hui, les besoins de puissance électrique au regard du rendement des panneaux nécessitant des milliers de m² de panneaux.

En l'état des technologies électriques existantes à ce jour, les attentes d'amélioration restent donc très fortes de la part des transporteurs routiers de marchandises.

LA POSTE

Rentabilité

La rentabilité économique d'un véhicule électrique et son avantage sur le véhicule thermique doivent être calculés selon une approche en coût global, en prenant en compte le coût de possession et le coût d'usage. Si aujourd'hui un véhicule électrique reste plus cher à l'achat qu'un véhicule thermique de capacité équivalente, son usage représente néanmoins des gisements de réduction des coûts importants. La facture carburant représente un des postes de coût majeur en interne pour une entreprise. Le bénéfice économique est fonction de la distance parcourue et de l'autonomie du véhicule.

Réduire la sinistralité

L'expérience de La Poste en la matière, a montré que le véhicule électrique offre des conditions de conduite améliorées par rapport aux véhicules thermiques, permettant de limiter l'accidentologie du parc, réduisant ainsi les frais de réparation et de carrosserie, ainsi que les arrêts de travail. Les frais d'assurance sont également réduits.

Lutte contre le réchauffement climatique

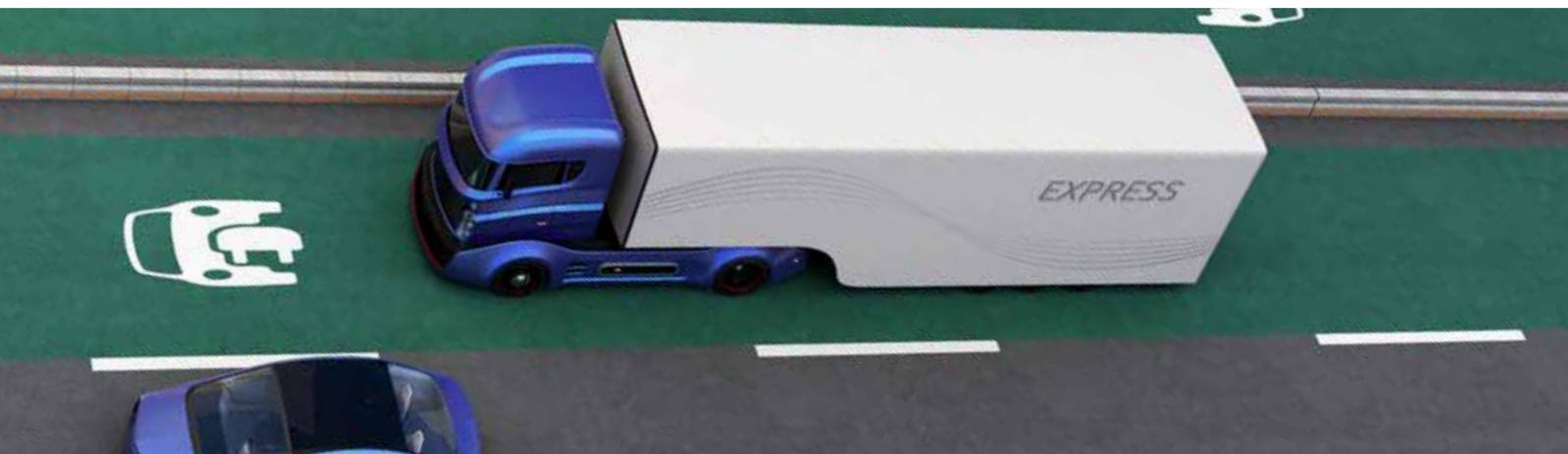
Le bilan CO₂ d'un véhicule électrique doit prendre en compte les émissions de gaz à effet de serre produites lors de la production de l'électricité. Celles-ci varient en fonction du type d'énergie initiale utilisée, différent d'un pays à un autre. Si le mix énergétique moyen des pays d'Europe de l'Ouest comprend plus de 51% d'énergies fossiles dans la production d'électricité, celui de la France est avantagé par une proportion importante d'énergies faiblement émissives comme le nucléaire et les énergies renouvelables (en France, la part des énergies fossiles ne représente que 9,9% du mix énergétique). Avec en moyenne 83 grammes de CO₂ par kWh, la production d'électricité française est ainsi en tête des pays européens pour la faiblesse de ses émissions de CO₂. À La Poste, le remplacement d'un véhicule thermique de type VUL par un véhicule électrique permet d'économiser 3 tonnes de CO₂ par an. Ainsi, le déploiement de 10 000 véhicules électriques permettrait de diminuer de 30 000 tonnes par an les émissions de CO₂.

Des performances adaptées à l'usage de la Poste

Les caractéristiques offertes par les véhicules électriques de nouvelle génération et leur diversité répondent parfaitement aux besoins qu'impliquent les activités de collecte et de distribution des produits postaux, en particulier pour les VUL opérés dans les zones à faible émission sur des tournées ayant un kilométrage significatif.

Des conditions de travail améliorées

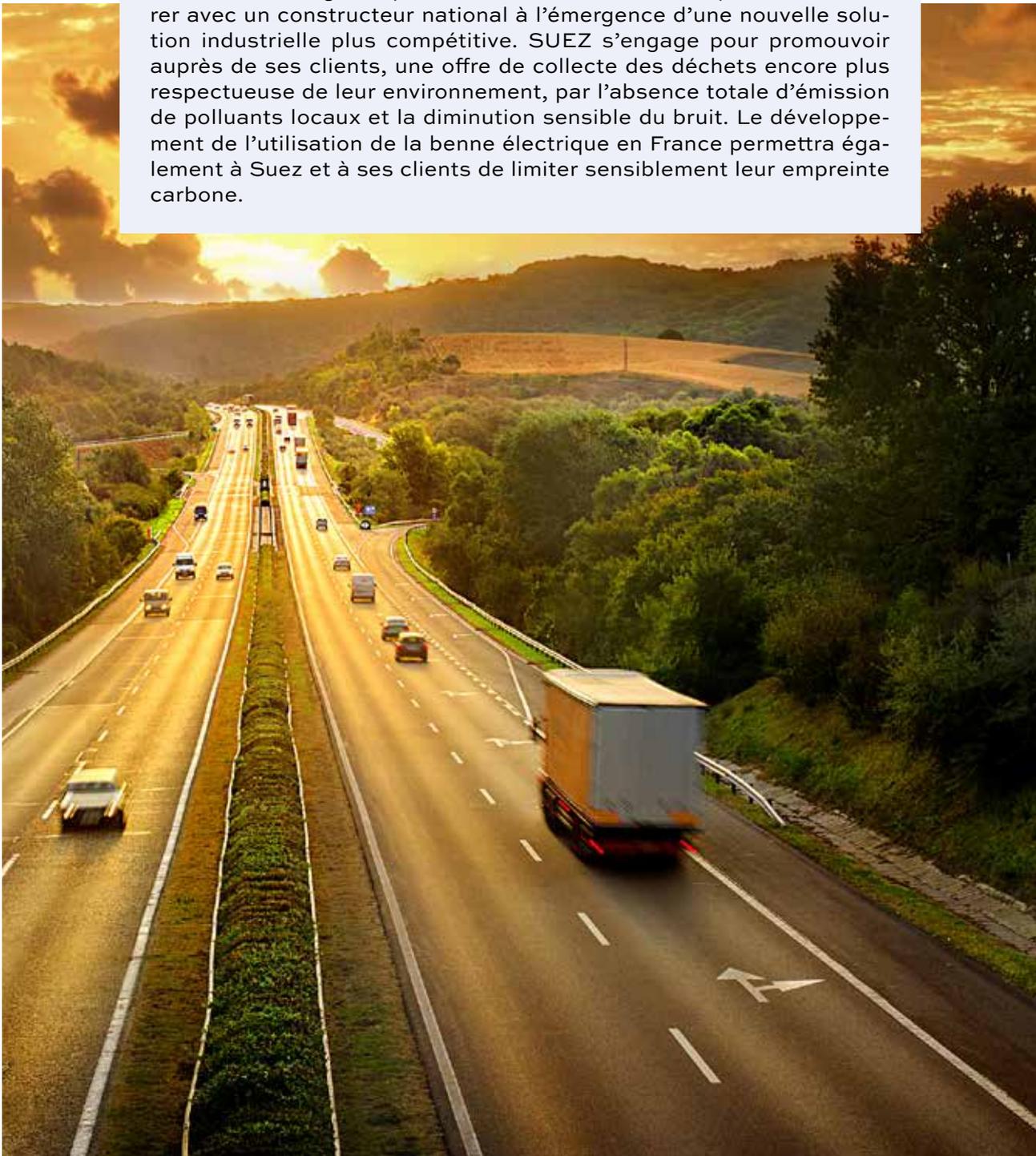
Un véhicule électrique est particulièrement silencieux, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de l'habitacle. C'est donc un avantage indéniable pour son conducteur. Cela participe également à la réduction des nuisances sonores en ville. L'absence de levier de vitesse et de pédale d'embrayage permet une conduite souple. C'est un point primordial pour une tournée de facteur, chaque tournée représentant en moyenne 250 arrêts et redémarrages, sur des parcours courts et saccadés. Ces éléments font du véhicule électrique un véhicule particulièrement adapté aux métiers de la distribution postale. Les retours des utilisateurs montrent que la conduite sur un véhicule électrique, faite d'anticipation, permet de se concentrer sur la route et est jugée moins fatigante, voire relaxante.

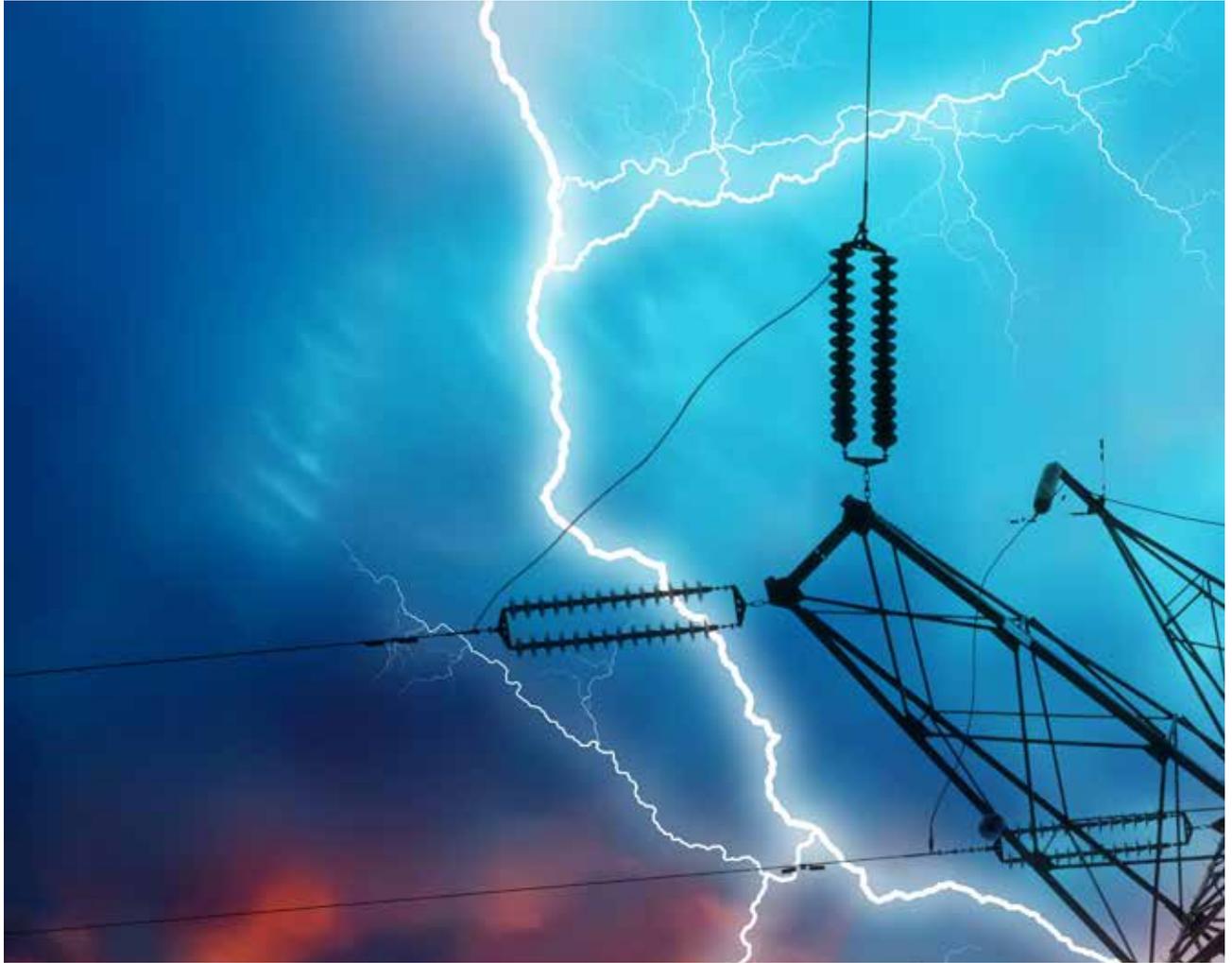


SUEZ

Depuis près d'un siècle, Suez utilise des camions électriques pour collecter certains déchets des ménages. La génération actuelle, constituée de 25 véhicules, est par exemple utilisée à Neuilly-sur-Seine, Créteil ou Issy-les-Moulineaux. Ces bennes à ordures ménagères réalisent des collectes urbaines d'environ 40 km par jour sur des services de 7 heures. Les performances de ces véhicules électriques, sont comparables à leurs équivalents Diesel. La recharge des batteries est réalisée la nuit sur une durée de 8 heures. La charge lente permettant de préserver la pérennité des batteries. Une contrainte possible, est l'installation de recharge des sites, qui peut être assez conséquente, en fonction du nombre de véhicules à charger.

Fort de cette longue expérience, Suez est satisfait de pouvoir collaborer avec un constructeur national à l'émergence d'une nouvelle solution industrielle plus compétitive. SUEZ s'engage pour promouvoir auprès de ses clients, une offre de collecte des déchets encore plus respectueuse de leur environnement, par l'absence totale d'émission de polluants locaux et la diminution sensible du bruit. Le développement de l'utilisation de la benne électrique en France permettra également à Suez et à ses clients de limiter sensiblement leur empreinte carbone.





TOTAL

Total, en tant que major de l'énergie responsable, se positionne comme un opérateur de référence dans le domaine de l'électromobilité et des autres énergies alternatives. Pour ce faire, Total construit un modèle intégré, s'appuyant en partie sur son réseau de stations-services, dans un environnement qui évolue. Notre objectif est de fournir l'énergie pour la mobilité, à travers des réseaux de distribution variés, avec la qualité de service attendue par les clients de Total.

Grâce aux récentes acquisitions réalisées (Pitpoint, Direct Énergie et G2mobility), Total a les capacités de déployer des solutions adaptées à l'électromobilité sur le périmètre européen (France, Belgique, Luxembourg, Pays-Bas, Allemagne) et sur une multitude d'espaces publics ou privés. L'offre intègre, selon les pays, la fourniture d'électricité, la mise en place d'infrastructures de recharge, la gestion opérationnelle d'un réseau de bornes et des services permettant un accès à un vaste maillage facilitant ainsi les déplacements et le transport longue distance. Un des objectifs stratégiques consiste à opérer, en 2025, un parc de 150 000 points de recharge sur parkings publics ou privés (jusqu'à 22 kW), ainsi que 1 000 bornes de très haute puissance sur 300 stations-services (175 kW).

Le marché aura toutefois des besoins très différents selon les usages et les motivations des clients. Pour atteindre un niveau de maturité et des TCO acceptables, des ruptures technologiques sont encore nécessaires. Aujourd'hui, il existe très peu de véhicules industriels électriques en circulation : l'offre s'adaptera pour prendre en compte l'émergence et le développement de ce type de véhicules. Nous apporterons des solutions techniques pour une recharge adaptée, un maillage rassurant et une expérience clients facilitée.

TRANSDEV

Transdev exploite depuis une dizaine d'années et possède près de 600 bus électriques sur les 40.000 véhicules circulant dans le monde (incluant ferry, voitures, vélos, trains, tramways, métro). Ces véhicules électriques parcourent entre 100 et 400 km par jour en moyenne.

Concernant le rechargement de ces véhicules, plusieurs techniques se complètent, à savoir : charge lente par prise, charge rapide par pantographe et alimentation continue par câble pour les trolleybus.

La chaîne de traction est plus simple à maintenir que celle d'un véhicule thermique. En revanche, les batteries nécessitent un suivi particulier et des infrastructures de levage pour leur remplacement ainsi que des infrastructures de conditionnement pour leur stockage et transport.



Les principaux avantages par rapport au diesel sont bien évidemment de bénéficier de véhicules « zéro émission locale », et de plus, silencieux. Toutefois, l'autonomie de ces bus électriques est encore réduite par rapport à celle des véhicules diesel, biodiesel, GNV/bioGNV, bioéthanol ou xTL. Aussi, si l'autonomie actuelle des bus électriques permet d'envisager sereinement une exploitation sur une ligne classique, il convient de bien prendre en compte l'impact des auxiliaires de confort thermique sur le niveau d'autonomie du véhicule lors du passage d'une ligne à l'électrique.

Transdev se spécialise dans l'exploitation et la mise en service de systèmes de transport de personnes avec des bus électriques mais cette technologie reste aujourd'hui à la demande des clients et autorités organisatrices de transport dans les marchés d'appel d'offre pour la France.

Par ailleurs, Transdev équipe également de plus en plus ses propres équipes terrain avec des véhicules d'intervention électriques (véhicules légers).

CHAPITRE 9

10 PROPOSITIONS POUR RÉUSSIR LA TRANSITION DE LA FILIÈRE DU TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES VERS LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE

47



98 % des véhicules industriels vendus à ce jour en France sont diesels. Aussi, afin de réussir cette transition, il convient de mettre en place les 10 recommandations de la filière pour accompagner les transporteurs et les exploitants sur l'ensemble des composantes de la mobilité électrique : achat, recharge, exploitation et bonnes pratiques.

Pour certains usages, l'utilisation de carburants liquides reste incontournable. Il existe d'ores et déjà des solutions utilisées à l'échelle de la démonstration pour certaines flottes captives (HVO100, B100, ED95...).

D'autres solutions, en cours de développement, viendront compléter l'offre (BTL, E-fuels...).



PROPOSITION N°1

RENFORCER UN SOUTIEN À L'INVESTISSEMENT DES ENTREPRISES DANS LA CONVERSION DE LEURS FLOTTES VIA LE DISPOSITIF DE SURAMORTISSEMENT POUR LES VÉHICULES LOURDS UTILISANT L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Le suramortissement « poids lourds » :

La loi de finances pour 2019 a étendu aux véhicules à motorisation 100% électrique équipés d'une batterie ou d'une pile à hydrogène, GNV/bioGNV, le dispositif de déduction fiscale exceptionnelle déjà en vigueur pour les véhicules de 3,5 tonnes fonctionnant au gaz naturel, au biométhane ou qui utilisent le carburant ED95.

Ce dispositif doit être adapté pour prendre en compte le surcoût à l'acquisition des véhicules industriels électriques. En effet, malgré des baisses importantes des coûts sur les technologies électriques, ces véhicules sont aujourd'hui 2 à 2,5 fois plus chers que leur équivalent diesel. Un tel écart à l'investissement freine la bascule vers l'électrique et occultent les coûts à l'usage de cette technologie pourtant très compétitifs (carburants, maintenance). De ce fait, il importe de renforcer et pérenniser le suramortissement spécifiquement pour les véhicules industriels (camions, bus et cars) électriques durant une période transitoire qui permettra l'atteinte de la parité du coût de possession avec le diesel. Les critères suivants devraient être appliqués :

- 40 % de la valeur de ces véhicules si leur PTAC est supérieur ou égal à 2,6 tonnes et inférieur à 3,5 tonnes.
- 60 % de leur valeur si leur PTAC est supérieur ou égal à 3,5 tonnes

Par ailleurs, plus généralement, il convient de privilégier une fiscalité stable, lisible et prévisible.

PROPOSITION N°2

METTRE EN PLACE UN SOUTIEN À L'INVESTISSEMENT DANS LE DÉVELOPPEMENT DES INFRASTRUCTURES DE RECHARGE POUR LES VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES

La conversion des flottes de véhicules industriels électriques nécessite de disposer d'un réseau robuste (nombre et répartition) d'infrastructures standardisées de recharge suffisamment rapides (dans un premier temps Combo CCS 80 à 350 k) pour la recharge des véhicules électriques à batterie.

Les centres logistiques et dépôts dans lesquels stationnent ces véhicules sont par nature des lieux de recharge privilégiés qui devront être équipés en priorité. Ces points d'avitaillement requièrent des investissements très conséquents qu'il est indispensable d'accompagner financièrement.

Cette proposition est très importante car l'expérience utilisateur en sera facilitée, sachant que dans le cas contraire, les utilisateurs se détourneront de la solution électrique.

PROPOSITION N°3

ÉTENDRE LES MÉCANISMES D'AIDE À L'INVESTISSEMENT À DESTINATION DES COLLECTIVITÉS ET ENTREPRENEURS INDIVIDUELS

Des mécanismes d'aides à l'investissement (avances remboursables, mécanismes de bonus/malus...) devraient être mis en place pour ceux qui ne bénéficient pas du suramortissement, comme les collectivités territoriales ou les entrepreneurs individuels : commerçants, artisans...

Ainsi, ces aides pourraient être calculées sur la base des émissions de CO₂ évitées. Dans ce cadre, le programme CEE Moebius est un exemple à suivre et à renforcer en l'ouvrant à tous les types de véhicules industriels électriques.

PROPOSITION N°4

MISE EN PLACE D'UN FONDS DE GARANTIE POUR 5 ANS PERMETTANT DE GARANTIR LA VALEUR RÉSIDUELLE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

La valeur future de revente du véhicule industriel est un élément crucial dans le choix de l'énergie alternative choisie. Ce constat est d'autant plus marqué dans une phase d'amorçage du marché caractérisée par une forte aversion au risque des acteurs. Dans ce contexte, réduire l'incertitude associée à l'évolution de cette valeur de revente permettrait d'accélérer la pénétration du véhicule électrique sur le marché du transport de biens et de marchandises et les cars. Une telle disposition sur une phase d'amorçage du marché serait vectrice d'une forte accélération de la transition vers des flottes électriques.

49

PROPOSITION N°5

ADAPTER LA RÉGLEMENTATION RELATIVE AU POIDS TOTAL AUTORISÉ EN CIRCULATION DES VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES

L'adoption du règlement européen établissant des normes de performance en matière d'émissions de CO₂ pour les véhicules industriels neufs et modifiant les règlements (CE) n°595/2009 et (UE) 2018/956 et la directive 96/53/CE de mai 2019 constitue une étape clé dans la transition des véhicules industriels. Il fixe en effet la trajectoire de baisse d'émission à laquelle devront se conformer les constructeurs, ce qui va entraîner l'essor de solutions électriques de plus en plus nombreuses.

Afin d'assurer le succès de ces solutions et de prendre en compte le poids supplémentaire imputable à la technologie, le règlement augmente le poids maximal des véhicules autorisé dans la limite de 2 tonnes.

Afin de ne pas créer de désavantage pour les futurs véhicules industriels électriques 3 essieux, qui pèseront jusqu'à 2 tonnes de plus que leurs homologues thermiques, il est impératif de s'assurer que cette disposition est bien transposée en droit national.

Il est par ailleurs important de maintenir l'exemption de poids de 1 tonne applicable aux véhicules de la catégorie N1 et N2.



PROPOSITION N°6**FAVORISER LA CIRCULATION ET LE STATIONNEMENT DES VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES EN ZONE URBAINE**

Compte tenu de leurs avantages en termes d'émissions polluantes et sonores, il convient que les collectivités urbaines (communes et métropoles) mettent en place des politiques incitatives pour le déploiement des véhicules industriels électriques :

- Réduction des tarifs de stationnement,
- Accès aux voies réservées,
- Accès à des emplacements de livraison dédiés,
- Plages horaires de livraison élargies.

Nous devons favoriser le déploiement concerté de zones à faibles émissions et de zones zéro-émission, prenant en compte les contraintes des divers acteurs concernés (transport de personnes, livraison, artisans, interventions...).

Nous pourrions inciter de façon monétaire ou non monétaire à l'usage des véhicules électriques compte-tenu de leurs avantages par rapport aux véhicules à moteur thermique diesel et gaz en termes de bruit, de mobilité et d'émissions polluantes (gratuité du stationnement, voies et stationnement réservés, plages de livraison élargies).

Il est par ailleurs primordial de standardiser et d'harmoniser l'usage des recharges pour les professionnels :

- Droit à la prise de recharge,
- Droit à l'alimentation électrique adaptée pour les professionnels,
- Modalités de paiement,
- Information en temps réel de l'état des prises de courant installées,
- Possibilité de réserver l'usage,
- Etc.

**PROPOSITION N°7****FAVORISER L'EXPÉRIMENTATION SUR L'ÉLECTRIFICATION DES VOIES**

La recharge électrique dynamique est une solution encourageante pour décarboner le transport routier.

Il est indispensable d'en favoriser l'expérimentation afin de permettre la validation des choix technologiques.

PROPOSITION N°8

SOUTENIR DES PROJETS POUR LA RECHARGE LONGUE DISTANCE

Pour permettre le développement du transport électrique sur des circuits longue distance (> 300 km), des infrastructures doivent être déployées à proximité des grands axes routiers pour relier les maillages existants ou en déploiement autour des grandes métropoles.

L'équipement des grands axes routiers nécessite la mise en place d'aides adaptées soutenant le financement des coûts de raccordement et de déploiement d'infrastructures spécifiques. Une planification nationale coordonnée est également fondamentale.

PROPOSITION N°9

POURSUIVRE ET APPROFONDIR LES EXPÉRIMENTATIONS PERMETTANT D'OPTIMISER LA LIVRAISON URBAINE ÉLECTRIQUE.

Afin de réduire la congestion urbaine et d'optimiser les flux liés à la livraison du dernier kilomètre, il convient de soutenir les expérimentations locales de mutualisation de cette logistique. Un soutien financier des premiers déploiements locaux est essentiel. Il pourrait être adossé à des appels à projet de l'ADEME, des programmes Certification d'économie d'énergie (CEE), des facilités de financement, un renforcement et une généralisation des initiatives régionales.

Par ailleurs, une plateforme nationale pour la logistique pourrait être mise en place regroupant les acteurs de l'écosystème (ville, aménageur, chargeur, transporteur, centres logistiques etc.) pour étudier les flux logistiques actuels et proposer des recommandations d'optimisation permettant d'améliorer la compétitivité des acteurs. Cette démarche doit englober l'ensemble des enjeux de logistique : optimisation du trafic et de l'occupation de l'espace urbain, minimisation des ruptures de charge etc.

PROPOSITION N°10

DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES ET LES FORMATIONS SUR LA MOBILITÉ ÉLECTRIQUE ET LES TECHNOLOGIES MISES EN ŒUVRE.

La conversion des flottes de véhicules particuliers et professionnels vers l'électrique constitue la plus grande révolution de la filière transport depuis l'apparition du moteur à combustion interne. La filière recommande le soutien par l'État, de l'OPCO Mobilité et des instances régionales permettant aux professionnels une bonne maîtrise technique de ces nouvelles technologies, une juste appréhension des enjeux économiques long-terme pour leurs activités ainsi qu'une connaissance appropriée des dispositifs d'aide pour la conversion de leurs flottes.

Pour cela plusieurs actions doivent être mises en place :

- Créer des plateformes d'échanges et de dialogue entre les industriels et les acteurs de la formation pour adapter les parcours de formation aux nouvelles technologies, la création ou l'ajustement des certificats de qualification professionnelle (CQP).
- Agir au plus près des bassins d'emplois avec les acteurs locaux (Direccte, pôle emploi, branches, pôles de compétitivité, etc...), pour accompagner les entreprises (surtout les PME) dans leurs projets d'ingénierie de gestion des compétences et de parcours professionnel pour les salariés.
- Créer le gisement de compétences et de main d'œuvre qualifiée nécessaire à la compétitivité des constructeurs et équipementiers sur la scène internationale.
- Accompagner les opérateurs en poste (filière amont - filière aval) dans l'adaptation de leur métier à toutes les étapes du cycle de vie : production, maintenance, recyclage.

CHAPITRE 10

ANNEXES

VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES VÉH. UTILITAIRES LÉGERS ET VÉH. LOURD

MAN		
CONSTRUCTEUR MARQUE	MAN	MAN
VÉHICULE DÉSIGNATION COMMERCIALE	eTGE	eTGM
POIDS TOTAL EN CHARGE	3500 kg	26000 kg
ÉNERGIE TYPE	Full Électrique	Full Électrique
EXEMPLES DE TYPES DE CARROSSAGE	Fourgon 11m ³	Fourgon, caisse frigorifique
LONGUEUR VÉHICULE		
MINI		
MAXI	5986 mm	7660 mm
CHARGE UTILE		
MINI		
MAXI	1000 kg	15279 kg
UTILISATIONS ET APPLICATIONS	Logistique du dernier km, livraisons urbaines	Livraisons urbaines et péri-urbaines
CYCLE(S) D'USAGE DU VÉHICULE	pas de préconisation	pas de préconisation
POSITION DES PACKS BATTERIES	sous plancher, dans l'empattement	sous cabine et dans l'empattement
BATTERIES EMBARQUÉES		
ÉNERGIE (KW)	36	185
POIDS	nc	nc
RECHARGE BATTERIES		
PUISSANCE	7,2kW (Wallbox) / 40kW (CCS)	44kW (Type 2) / 150kW (CCS)
DURÉE	5h20 @7,2kW / 80% en 40 min @40kW (CCS)	4h10 @44 kW / 1h15 @150kW
PERFORMANCES VÉHICULE		
PUISSANCE MAXI	100kW	264kW
COUPLE MOTEUR	290Nm	3100 Nm
AUTONOMIE VÉHICULE (KM)		
MINI		
MAXI	173 km	180 km
TECHNOLOGIE DES BATTERIES	Li-Ion	Li-Ion
DURÉE DE VIE DES BATTERIES	nc	nc
SPÉCIFICITÉS		

VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES VÉH. UTILITAIRES LÉGERS ET VÉH. LOURD

MERCEDES

CONSTRUCTEUR MARQUE	FUSO	Mercedes-Benz
VÉHICULE DÉSIGNATION COMMERCIALE	eCanter	eActros
POIDS TOTAL EN CHARGE	7490kg	18 tonnes (2 essieux) et 25 tonnes (3 essieux)
ÉNERGIE TYPE	100% électrique	Full Électrique
EXEMPLES DE TYPES DE CARROSSAGE	Caisse sèche / plateau / Caisse frigo autonome	Caisse
LONGUEUR VÉHICULE		
MINI	5935 mm	
MAXI	6995 mm	12 m
CHARGE UTILE		
MINI	3000kg	
MAXI	4290 kg	
UTILISATIONS ET APPLICATIONS	logistique urbaine	Distribution
CYCLE(S) D'USAGE DU VÉHICULE	Caisse sèche / véhicule limité à 80km/h pour préserver au maximum l'autonomie des batteries.	
POSITION DES PACKS BATTERIES	sur l'extérieur des longerons du châssis	Sous la cabine, intérieur et extérieur longerons
BATTERIES EMBARQUÉES		
ÉNERGIE (KW)	82kWh (6x13,8kWh)	
POIDS	unknown	
RECHARGE BATTERIES		
PUISSANCE	200V (courant domestique) / 500V (charge rapide via borne de recharge)	Entre 20 et 150 kW
DURÉE	9h / 1h45	Entre 2 et 11 heures
PERFORMANCES VÉHICULE		
PUISSANCE MAXI	129kWh	126 kW
COUPLE MOTEUR	390Nm	2 x 485 Nm
AUTONOMIE VÉHICULE (KM)		
MINI	100km	0
MAXI	125km	200
TECHNOLOGIE DES BATTERIES	Deutsche ACCUmotive HV	lithium-ion
DURÉE DE VIE DES BATTERIES	10 ans	
SPÉCIFICITÉS		

VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES VÉH. UTILITAIRES LÉGERS ET VÉH. LOURD

MERCEDES		
CONSTRUCTEUR MARQUE	Daimler AG	Daimler AG
VÉHICULE DÉSIGNATION COMMERCIALE	eVito Fourgon	eSprinter Fourgon
POIDS TOTAL EN CHARGE	3t200	3t500
ÉNERGIE TYPE	100% Électrique	100% Électrique
EXEMPLES DE TYPES DE CARROSSAGE	Vito Long et Extra-long	Sprinter Fourgon 37S
LONGUEUR VÉHICULE		
MINI	Long : 5 140 mm	5 926 mm
MAXI	Extra-long : 5 370 mm	5 926 mm
CHARGE UTILE		
MINI	1 048 kg	~ 900 kg (4 batteries)
MAXI	1 073 kg	~1 040 kg (3 batteries)
UTILISATIONS ET APPLICATIONS	Urbaine et périurbaine	Urbaine et périurbaine
CYCLE(S) D'USAGE DU VÉHICULE		
POSITION DES PACKS BATTERIES	Plancher	Plancher
BATTERIES EMBARQUÉES		
ÉNERGIE (KW)	41,4 kW	3 batteries : 41,4 kW / 4 batteries : 55,2 kW
POIDS	~ 340 kg	~ 340 kg / ~ 450 kg
RECHARGE BATTERIES		
PUISSANCE	En AC : 7,2 kW	En AC : 7,2 kW / En DC : > 80 kW
DURÉE	100% de la batterie : 6 h	100% de la batterie avec 3 batteries : en AC : 6 h / en DC : 25 mn 100% de la batterie avec 4 batteries : en AC : 8 h / en DC : 30 mn
PERFORMANCES VÉHICULE		
PUISSANCE MAXI		
COUPLE MOTEUR		
AUTONOMIE VÉHICULE (KM)		
MINI	115 ch	115 ch
MAXI	300 Nm	300 Nm
TECHNOLOGIE DES BATTERIES		
DURÉE DE VIE DES BATTERIES	150 km en WLTP 149 (mini) à 189 (maxi) en NEDC	~115 km avec 3 batteries ~150 km avec 4 batteries
SPÉCIFICITÉS	- Lithium-ion - Pas de durée de vie maxi - Certificat de garantie batteries Mercedes : 8 ans/100 000 km - Batteries froides permettant de recharger immédiatement après un parcours	- Lithium-ion - Pas de durée de vie maxi - Certificat de garantie batteries Mercedes : 8 ans/100 000 km - Batteries froides permettant de recharger immédiatement après un parcours

VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES VÉH. UTILITAIRES LÉGERS ET VÉH. LOURD

RENAULT SAS

CONSTRUCTEUR MARQUE	RENAULT SAS	
VÉHICULE DÉSIGNATION COMMERCIALE	MASTER Z.E.	
POIDS TOTAL EN CHARGE	3,1T /3,5T	
ÉNERGIE TYPE	Full électrique	
EXEMPLES DE TYPES DE CARROSSAGE	Fourgon : L1H1, L1H2,L2H2 & L3H2 - Plancher cabine : L2H1 & L3H1	
LONGUEUR VÉHICULE		
MINI	5048mm (fourgon)	5530mm (plancher cabine)
MAXI	6198mm (fourgon)	6180 mm(plancher cabine)
CHARGE UTILE		
MINI	975 kg (fourgon)	1355 kg (plancher cabine incomplet)
MAXI	1128 kg(fourgon)	1377kg (plancher cabine incomplet)
UTILISATIONS ET APPLICATIONS	transport de colis, messagerie, frigo...	
CYCLE(S) D'USAGE DU VÉHICULE	Autonomie supérieure à 80 km y compris dans les cas d'usage les plus sévères (forte charge, conduite en centre-ville avec arrêts fréquents, conditions hivernales). La consommation en usage réel dépend aussi des équipements, du style de conduite du conducteur et de la topographie.	
POSITION DES PACKS BATTERIES	sous caisse inter longerons	
BATTERIES EMBARQUÉES		
ÉNERGIE (KW)	LG 33KWh	
POIDS	280 kg	
RECHARGE BATTERIES		
PUISSANCE	7KW AC	
DURÉE	6 heures - de 0% à 80% en 4 heures	
PERFORMANCES VÉHICULE		
PUISSANCE MAXI	57 KW	
COUPLE MOTEUR	225N/m	
AUTONOMIE VÉHICULE (KM)		
MINI	90 km	
MAXI	160 km	
TECHNOLOGIE DES BATTERIES	Lithium Ion	
DURÉE DE VIE DES BATTERIES	> 8 ans	
SPÉCIFICITÉS	refroidie par air	

VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES VÉH. UTILITAIRES LÉGERS ET VÉH. LOURD

RENAULT TRUCKS			
CONSTRUCTEUR MARQUE	RENAULT TRUCKS	RENAULT TRUCKS	RENAULT TRUCKS
VÉHICULE DÉSIGNATION COMMERCIALE	MASTER Z.E.	D 16 t Z.E.	D-Wide 26 t Z.E.
POIDS TOTAL EN CHARGE	3,1 t / 3,5 t (2020)	16 t	26 t
ÉNERGIE TYPE	100% électrique	100% électrique	100% électrique
EXEMPLES DE TYPES DE CARROSSAGE	Fourgon (8 à 13 m ³) ou plancher cabine avec caisse sèche ou caisse frigorifique. 6 versions disponibles.	Caisse sèche ou caisse frigorifique pour distribution urbaine	Benne à ordures ménagères, caisse sèche, caisse frigo...
LONGUEUR VÉHICULE			
MINI	5075 mm	à préciser	à préciser
MAXI	6225 mm	à préciser	à préciser
CHARGE UTILE			
MINI	975 kg	4t	10t
MAXI	1331 kg (plancher cabine hors carrosserie)	8t	14t
UTILISATIONS ET APPLICATIONS	Livraison dernier kilomètre, messagerie, frigo...	Distribution urbaine: en fonction des capacités batterie et des carrosseries	BOM et distribution urbaine en fonction des carrosseries
CYCLE(S) D'USAGE DU VÉHICULE	Autonomie supérieure à 80km y compris pour des usages les plus sévères	NA	NA
POSITION DES PACKS BATTERIES	Sous la cabine	Dans l'empattement	Dans l'empattement
BATTERIES EMBARQUÉES			
ÉNERGIE (KW)	33 kWh	200 ou 300 kWh	200 kWh
POIDS	255 kg	2t ou 3t	2t
RECHARGE BATTERIES			
PUISSANCE	7,4 kW recommandée	22 kW en AC (câble ou borne) / jusqu'à 150 KW en DC	22 kW en AC (câble ou borne) / jusqu'à 150 kW en DC
DURÉE	Charge complète en 6H (7,4 KW)	8h (200 kWh) ou 12h (300 kWh) / <2 heures en charge rapide	8h / <2 heures en charge rapide
PERFORMANCES VÉHICULE			
PUISSANCE MAXI	57 kW	185 kW	370 kW
COUPLE MOTEUR	225 Nm	425 Nm	850 Nm
AUTONOMIE VÉHICULE (KM)			
MINI	-	-	-
MAXI	160 km selon usage. Autonomie réelle moyenne de 120 km	Jusqu'à 300 km (hors carrosserie et auxiliaire)	Jusqu'à 200 km (hors carrosserie et auxiliaire)
TECHNOLOGIE DES BATTERIES	Lithium-ion	Lithium-ion	Lithium-ion
DURÉE DE VIE DES BATTERIES	Entre 5 et 8 ans selon utilisation	8 à 10 ans en moyenne (en fonction des applications et des usages)	8 à 10 ans en moyenne (en fonction des applications et des usages)
SPÉCIFICITÉS	Disponible dans le réseau	Production industrielle début 2020	Production industrielle début 2020

VÉHICULES INDUSTRIELS ÉLECTRIQUES VÉH. UTILITAIRES LÉGERS ET VÉH. LOURD

SCANIA					
CONSTRUCTEUR MARQUE	SCANIA	SCANIA	SCANIA	SCANIA	SCANIA
VÉHICULE DÉSIGNATION COMMERCIALE					
POIDS TOTAL EN CHARGE	19t	26t	19t	26t	19t
ÉNERGIE TYPE	Hybride (HEV)	Hybride (HEV)	Hybride (HEV)	Hybride (HEV)	Batteries (BEV)
	Hybride rechargeable (PHEV)	Hybride rechargeable (PHEV)	Hybride rechargeable (PHEV)	Hybride rechargeable (PHEV)	
EXEMPLES DE TYPES DE CARROSSAGE					
LONGUEUR VÉHICULE					
MINI					
MAXI					
CHARGE UTILE					
MINI					
MAXI					
UTILISATIONS ET APPLICATIONS					
CYCLE(S) D'USAGE DU VÉHICULE					
POSITION DES PACKS BATTERIES					
BATTERIES EMBARQUÉES					
ÉNERGIE (KW)	7,4 KWh	7,4 KWh	7,4 KWh	7,4 KWh	150kWh
POIDS					
RECHARGE BATTERIES					
PUISSANCE	22kW	22kW	22kW	22kW	
DURÉE	20'	20'	20'	20'	
PERFORMANCES VÉHICULE					
PUISSANCE MAXI	130kW	130kW	130kW	130kW	220kW
COUPLE MOTEUR	1050Nm	1050Nm	1050Nm	1050Nm	1300Nm
AUTONOMIE VÉHICULE (KM)					
MINI					
MAXI					
TECHNOLOGIE DES BATTERIES	LITHIUM/ION	LITHIUM/ION	LITHIUM/ION	LITHIUM/ION	LITHIUM/ION
DURÉE DE VIE DES BATTERIES					
SPÉCIFICITÉS					

REMERCIEMENTS

La **PFA** (Plateforme de la Filière Automobile et Mobilités), la **FFC** (Fédération Française de Carrosserie, Industrie et Services), ainsi que **l'AVERE France** (Association nationale pour le développement de la mobilité électrique), et **l'URF** (Union Routière de France), remercient pour leur contribution, **les experts** (des organisations dont les logos apparaissent ci-dessous), qui depuis plus d'une année, ont apporté leur compétence pour l'écriture et l'édition de ce livre blanc :



CONTACTS

Pour toutes informations, vous pouvez contacter :



Fédération Française de Carrosserie
Industrie et Services

FFC (FÉDÉRATION FRANÇAISE DE CARROSSERIE, INDUSTRIE ET SERVICES)

Didier DUGRAND - Délégué Général

Immeuble Le Cardinet, 8 rue Bernard Buffet - 75017 Paris

Tél. : + 33 1 44 29 71 00

Mél : didier.dugrand@ffc-carrosserie.org

Web : www.ffc-carrosserie.org



AVERE FRANCE (ASSOCIATION NATIONALE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA MOBILITÉ ÉLECTRIQUE)

Cécile GOUBET - Déléguée Générale

22 avenue Jean Aicard - 75011 Paris

Tél. : +33 1 53 25 00 60

Mél : cecile.goubet@avere-france.org

Web : www.avere-france.org



URF (UNION ROUTIÈRE DE FRANCE)

Stéphane LEVESQUE - Directeur

9 rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : +33 1 44 13 37 17

Mél : stephane.levesque@unionroutiere.fr

Web : www.unionroutiere.fr

SYNTHÈSE

DU LIVRE BLANC

L'ÉLECTRICITÉ POUR LA FILIÈRE DES VÉHICULES INDUSTRIELS. Quelle offre et quelles conditions de succès ?

Le secteur routier contribue à hauteur de 31% des émissions de gaz à effet de serre (GES)[1] et 1 à 6% des polluants[2] de l'air en France. Le transport routier de marchandises représente lui 6% de ces émissions de GES et constitue par conséquent un levier important pour atteindre les objectifs de lutte contre l'effet de serre et l'amélioration de la qualité de l'air en France. Ces objectifs sont traduits dans les différentes réglementations françaises et européennes qui encadrent l'évolution du niveau d'émission occasionné par l'utilisation des véhicules vendus.

La mise en conformité du secteur vis-à-vis de ces exigences environnementales ne doit pas affaiblir la compétitivité de l'Europe dans un contexte concurrentiel mondial très dynamique et une offre de véhicules globalisée.

Les constructeurs, transporteurs et exploitants expriment unanimement une volonté de verdir leur bilan et de réduire leur impact sur l'environnement en préservant un équilibre économique viable. Il s'agit d'ailleurs d'une attente de plus en plus prégnante, voire un critère de choix, des consommateurs et de leurs clients engagés dans des démarches de responsabilité sociétale des entreprises (RSE). Le remplacement d'un véhicule à moteur thermique par un véhicule 100% propulsé par un moteur électrique répond à ces préoccupations : un moteur électrique n'émettant à l'usage aucune émission.

Aujourd'hui, l'offre électrique batterie permet des circuits jusqu'à 300 km, ce qui offre une alternative compétitive notamment pour des usages dans des zones urbaines et périurbaines. Le développement ultérieur de véhicules électriques équipés de « pile à combustible hydrogène » permet d'envisager de pouvoir répondre à un rayon d'action plus important en utilisant mieux la charge utile du véhicule.

Pour un déploiement de série de ces offres d'électrification, l'élément décisif est la baisse du coût des chaînes de traction électriques, des batteries et des infrastructures de recharge qui représentent aujourd'hui un coût très important pour l'achat et l'exploitation du véhicule électrique.

Pour les véhicules légers, le coût total de possession d'un véhicule électrique grâce aux aides est désormais proche de celui d'un véhicule thermique classique. On constate des progrès constants au niveau de l'autonomie des véhicules particuliers et de leur prix (autonomie de l'ordre de 400 km). Les poids lourds, cars et bus électriques suivront la même évolution avec des soutiens adaptés.

Les principaux constructeurs commercialisent déjà les premiers modèles de camions pour la distribution urbaine et périurbaine alors que les bus électriques sont déjà largement déployés en Chine et sont en exploitation dans les villes européennes.

La conversion des flottes de véhicules industriels (camions et bus) à l'électrique est déjà engagée dans le monde et en Europe et le tissu industriel français des constructeurs et équipementiers est prêt pour accélérer cette dynamique au niveau national.

Le succès de cette transition passera par la mise en place des 10 préconisations recommandées par la filière pour accompagner les transporteurs et exploitants sur l'ensemble des composantes de la mobilité électrique : achat, recharge, exploitation et bonnes pratiques.

[1] Comptes Transports de la Nation, 2019

[2] Uniquement poids-lourds diesel

