

# **Feuille de route de décarbonation de la chaîne de valeur des véhicules lourds**

Avril 2023

## Feuille de route de décarbonation de la chaîne de valeur des véhicules lourds

<b>1. RESUME EXECUTIF.....</b>	<b>3</b>
<b>2. PRESENTATION DE LA FEUILLE DE ROUTE DE DECARBONATION DES VEHICULES LOURDS ET DE L'ORGANISATION DES TRAVAUX .....</b>	<b>9</b>
<b>3. PRESENTATION DE LA CHAINE DE VALEUR DES VEHICULES LOURDS, DE SES EMISSIONS ET DES OBJECTIFS CLIMATIQUES QUI LUI SONT FIXES.....</b>	<b>10</b>
<b>4. PRESENTATION DES LEVIERS DE DECARBONATION DES DIFFERENTS TYPES DE VEHICULES LOURDS .....</b>	<b>11</b>
4.1. ENJEUX ENERGETIQUES COMMUNS AUX DIFFERENTS VEHICULES LOURDS .....	11
4.2. DECARBONATION DU TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES.....	13
4.3. DECARBONATION DU TRANSPORT ROUTIER DE VOYAGEURS .....	35
4.4. DECARBONATION DES VUL .....	55
4.5. DECARBONATION DES ENGINES DE CHANTIER .....	67

## 1. Résumé exécutif

---

### **Une grande variété de véhicules lourds et d'usages dont la décarbonation nécessite de mobiliser l'ensemble des leviers disponibles**

Les véhicules lourds se distinguent des véhicules « particuliers », par leur poids mais aussi par les usages professionnels auxquels ils répondent. Ils recouvrent des catégories très variées de véhicules : camions, bus et cars, engins de travaux publics légers (chargeuses, minipelles) et lourds (tombereaux, pelles, butteurs...). S'ajoute une grande variété d'usages, depuis les utilisations intensives en milieu urbain jusqu'au transport interrégional de longue distance, en passant par les chantiers de construction. Par extension, la catégorie des véhicules légers a été intégrée dans cette feuille de route lorsque sont concernés des usages professionnels : véhicules utilitaires légers pour le transport routier de marchandises et les secteurs du commerce et de l'artisanat (bâtiment, etc.), ambulances, LOTI légers, pour le secteur du transport de personnes car les besoins des utilisateurs professionnels diffèrent des usages particuliers notamment en termes de besoin d'autonomie, de charge utile, d'emport de fauteuils roulants, etc.

En 2019, les émissions de ces différentes catégories de véhicules s'élevaient à 59Mt CO<sub>2</sub>, soit 14% des émissions nationales, tous secteurs confondus : 31Mt CO<sub>2</sub> pour les poids lourds, 18Mt CO<sub>2</sub> pour les VUL, 3Mt CO<sub>2</sub> pour les bus et cars et 7Mt CO<sub>2</sub> pour les engins de travaux publics.

La décarbonation des véhicules lourds repose sur six leviers : l'évolution de la demande de transport – ou de travaux publics pour les engins du BTP –, la part modale de la catégorie de véhicules, le verdissement de la motorisation du véhicule, leur taux d'occupation ou de chargement, leur efficacité énergétique et les distances parcourues.

### **Le verdissement des motorisations et des carburants est le principal levier de décarbonation des véhicules lourds. Il est nécessaire de s'appuyer sur un mix d'énergies décarbonées adapté aux spécificités des différentes catégories de véhicules et d'usages**

Le verdissement de la motorisation des véhicules constitue le principal levier de décarbonation des véhicules lourds. En effet, selon les hypothèses de travail du run 1 de la SNBC, qui ont servi de base aux réflexions conduites dans le cadre de la feuille de route, l'introduction de véhicules à motorisation alternative – électrique, bio-GNV, hydrogène – dans le parc ainsi que l'incorporation de biocarburants permettrait une baisse des émissions des poids lourds de 44% en 2040 par rapport à 2019, soit une grande partie des 71% de baisses des émissions requis à cet horizon pour le secteur. Le taux de pénétration des motorisations alternatives dans le parc de véhicules, en lien avec les rythmes de renouvellement des véhicules, est le facteur déterminant des gains attendus.

Il existe quatre types d'énergies permettant de verdir le parc des véhicules lourds : les carburants liquides bas carbone, le bioGNV, l'électricité et l'hydrogène.

Pour chaque type de véhicule lourd, l'évolution du mix énergétique dépendra de quatre facteurs principaux. Le premier concerne les **besoins liés aux usages**. Les batteries électriques, pertinentes dès aujourd'hui pour les plus faibles tonnages de la mobilité lourde, selon le nombre de kilomètres journaliers, ne seront par exemple pas adaptées, même à moyen terme, à la mobilité très longue distance ou à une pelle hydraulique de 100 tonnes, qui nécessitent une puissance beaucoup plus importante qu'un véhicule utilitaire léger. Le deuxième concerne la **disponibilité de l'énergie**. Les carburants liquides bas carbone, le biogaz, produits à partir de biomasse et d'hydrogène, font face à des contraintes fortes en termes de disponibilité de ces ressources qui conduit à des volumes limités pour le transport routier. Le déploiement des bornes de recharge jusqu'à atteindre une fluidité d'utilisation est un défi à relever. Le troisième facteur est le **déploiement d'une offre de motorisation alternative par les constructeurs**, en fonction des progrès technologiques contraints par les réglementations européennes et de leurs capacités d'approvisionnement en matières premières. Enfin, les **conditions économiques (coûts d'acquisition, d'exploitation,...)** seront cruciales sur l'essor des technologies, qui se traduit pour la plupart des motorisations par un surcoût plus ou moins significatif à l'investissement et/ou à l'exploitation.

Compte tenu de la forte diversité des usages, le verdissement du transport routier lourd et des engins de travaux publics s'appuiera sur un mix énergétique structuré autour des carburants liquides

bas carbone, du bioGNV, des batteries électriques et de l'hydrogène en complément du diesel dans ses normes les plus récentes.

**Les véhicules à carburants liquides, dont les normes actuelles sont déjà très exigeantes, constituent** dès maintenant une source de réduction des émissions du parc existant. Plus de 9% de l'énergie contenue aujourd'hui dans les carburants est d'origine biosourcée. A court terme, l'utilisation des biocarburants ou des e-fuels, dans les transports routiers peut se réaliser avec une parfaite continuité des usages : les motorisations sont identiques, la prise en charge du véhicule, son autonomie sont les mêmes que pour une utilisation d'un diesel fossile. Les carburants liquides resteront indispensables à moyen voir long terme pour les gros tonnages et le transport longue distance. Les cars qui effectuent des trajets interrégionaux et internationaux, continueront à les utiliser dans les prochaines années. Quant aux engins de chantier, c'est la source d'énergie qui restera majoritaire pendant encore de nombreuses années compte tenu à la fois des puissances à mobiliser mais aussi de la contrainte d'acheminement de l'énergie : **les matériels ne peuvent s'approvisionner en dehors du chantier puisqu'ils sont non routiers, l'énergie doit leur être apportée sur site sur l'ensemble du territoire.** Le verdissement des engins de chantier, à l'exception des engins légers, ne pourra passer à court terme que par le déploiement de moteurs thermiques plus efficaces, puis par l'ajout progressif de biocarburants de synthèse et de e-fuel.

Néanmoins, la croissance de la part renouvelable des carburants liquides sera conditionnée à la disponibilité des ressources en biomasse et en hydrogène – nécessaires à la fabrication des e-fuels – et des éventuelles priorisations de ces dernières vers les secteurs qui ne disposent pas d'alternative pour se décarboner. Le coût d'utilisation varie suivant les modalités de production et les matières premières utilisées.

Les **véhicules lourds au GNV / BioGNV**, déjà en circulation depuis plusieurs années, représentent la quasi-totalité des motorisations alternatives existantes dans le parc des poids lourds (soit 1% du parc). Ils contribueront d'autant plus à la décarbonation du parc que le GNV utilisé sera constitué de biométhane. Leur autonomie, presque équivalente à celle des véhicules diesel, les rend adaptés à de très nombreux usages immédiatement, pour un coût total de possession supérieur au véhicule diesel. La filière gaz indique pouvoir offrir une quantité de biométhane suffisante pour couvrir, à horizon 2033, 100% des besoins des camions roulant au GNV avec cette énergie décarbonée, ce qui suppose par ailleurs de maintenir le rythme de déploiement des stations d'avitaillement, et d'orienter les quantités de biométhane nécessaires vers la mobilité en prenant en compte la concurrence de demande de biométhane des autres secteurs. La progression du parc à motorisation gaz dépendra fortement de la possibilité de découpler les prix du biométhane de ceux du gaz fossile, ainsi que de l'offre constructeurs en véhicules bioGNV, qui pourrait être limitée. La plupart des constructeurs concentrent désormais leurs investissements sur la technologie électrique à batterie, du fait de la conception de la notion de « véhicule zéro émission » des institutions européennes. La mobilité au GNV présente d'ores et déjà un fort taux de pénétration dans le transport routier de voyageurs via les bus et cars. Les bus au GNV sont déjà développés, les offres des constructeurs existent et la part du GNV dans les immatriculations devraient se maintenir pour les bus et continuer à croître pour les cars dans les prochaines années, à condition que le prix de l'énergie revienne à des niveaux plus avantageux que le gazole et que la production de véhicules se poursuive.

**Les véhicules à batteries électriques** se développent aujourd'hui plus rapidement pour les véhicules de faible tonnage réalisant des opérations de courte distance. Du fait de ses performances en matière de qualité de l'air, de réduction des nuisances sonores, l'énergie électrique paraît particulièrement adaptée à l'usage urbain, notamment dans des agglomérations de grande taille. L'absence de rejet à l'échappement est un atout primordial pour répondre aux enjeux de qualité de l'air dans les zones à faibles émissions (ZFE). L'augmentation en cours de l'autonomie réelle des véhicules est un facteur déterminant pour l'expansion des usages et son accélération dans le transport routier de marchandises. Les bus électriques sont fortement utilisés aujourd'hui (en 2022, 37% des bus immatriculés étaient électriques), assurant un transport urbain avec zéro émission à l'échappement. Leur recharge est organisée la nuit au dépôt. Dans le domaine des travaux publics, l'électrification constituera la solution dominante pour les machines légères et les engins compacts, mais nécessitera de lever des freins économiques, logistiques, réglementaires et organisationnels. En revanche, l'électricité devrait être moins pertinente pour les engins lourds – pelles, tracteurs, tombereaux– qui nécessitent une puissance très importante, même si certains

constructeurs commencent à proposer ces engins accompagnés d'une « power bank », avec des incertitudes quant aux perspectives de généralisation de cette technologie, en raison des contraintes fortes de logistique de ces power banks.

Une amélioration de l'autonomie des batteries sera nécessaire pour envisager l'essor de l'électromobilité sur le transport de moyenne/longue distance. Celle-ci est à mettre en lien avec les capacités d'emport des véhicules et les contraintes réglementaires en matière de poids et dimensions. Les constructeurs annoncent des évolutions rapides en la matière.

Si les besoins en électricité pour électrifier la flotte de poids lourds sont limités par rapport à la production nationale, des travaux conséquents de renforcement des réseaux seront nécessaires pour qu'ils supportent les appels de puissance induits. Dès lors, une planification du déploiement des bornes de recharge et des infrastructures de réseau associées est indispensable afin de garantir aux transporteurs la possibilité de recharger les véhicules au dépôt et, en itinérance, sur les principaux axes du réseau routier. Si, à court terme, le déploiement de dispositifs d'avitaillement au dépôt sera privilégié avec un ratio proche d'une borne pour un véhicule, le développement d'une flotte électrique nécessitera rapidement la mise en place d'un maillage suffisant de bornes de ravitaillement en itinérance (réseau routier et centres logistiques) de forte puissance permettant un avitaillement compatible avec l'organisation des tournées et la réglementation des temps de repos des conducteurs. Pour le transport routier, jusqu'en 2030, les enjeux de la recharge ne pourront pas être comparables avec ceux des véhicules particuliers : le kilométrage quotidien est important, et l'organisation du temps de travail rend difficile la recharge pendant le jour. La recharge au dépôt sera donc privilégiée pour garantir une utilisation standard du véhicule, impliquant un ratio proche d'une borne pour un véhicule'. C'est pour le transport routier longue distance, à moyen terme, que la recharge en itinérance avec des ratios bornes/véhicule plus faible prendra tout son sens. Le développement d'un nombre suffisant de bornes au dépôt est un enjeu clef pour assurer la possibilité d'utilisation des véhicules électriques.

En outre, le véhicule à batterie, selon son gabarit, présenterait un coût total de possession défavorable par rapport au véhicule thermique jusqu'à 2030, même si des progrès technologiques plus rapides ne peuvent être écartés, impliquant un soutien public à l'achat ou à la location significatif pour enclencher les investissements.

La route électrique (ERS), est présentée parfois comme une alternative au déploiement de bornes électriques sur le transport longue distance. La technologie n'a cependant pas été considérée comme suffisamment mature pour faire l'objet d'un approfondissement dans le cadre de ces travaux (forts défis techniques à relever, absence d'homogénéité de la technologie à l'échelle communautaire, investissements colossaux pour le lancement de l'ERS). En tout état de cause, l'électrification des véhicules apparaît indispensable à la réponse aux enjeux de décarbonation.

Le transport sanitaire requiert une attention particulière. Son verdissement nécessite notamment un déploiement adéquat des réseaux de recharge rapide au sein des établissements de santé afin de répondre aux contraintes de disponibilité de ces véhicules et de l'organisation des transports et l'évolution du modèle économique pour supporter les investissements.

Le rétrofit pourra contribuer au développement des motorisations GNV, électrique et hydrogène. Il permet de conserver la carrosserie du véhicule et potentiellement les aménagements spécifiques dont elle a fait l'objet, de réduire l'utilisation de matières premières, d'allonger la durée de vie des véhicules et de limiter le coût d'entrée vers un véhicule à motorisation alternative. La filière est encore émergente en France, et se développe progressivement. Elle permet en particulier pour les véhicules utilitaires légers et les autocars, de répondre plus rapidement et à moindre coût aux enjeux de réduction des émissions de CO2 dans les ZFE.

Les **véhicules à hydrogène** avec leur forte autonomie et un temps de charge rapide, répondent plus particulièrement aux usages du transport de longue distance ou intensifs. A l'exception des véhicules utilitaires légers, pour lesquels l'offre constructeur est déjà disponible, l'essor des véhicules hydrogène sera limité avant 2030. D'ici là, l'offre se structure, et les effets d'économie d'échelle pourraient arriver à partir de 2026. Le prix des véhicules reste aujourd'hui très élevé, et le

développement de cette mobilité est conditionné par le rythme de déploiement de stations d'avitaillement et la réalité de la production de l'hydrogène bas carbone

**D'autres leviers de décarbonation devront être mobilisés pour atteindre les cibles de baisse d'émissions**

La présente feuille de route propose plusieurs leviers pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules - adaptation de l'écoconduite, de l'aérodynamisme, dispositifs de stop and start, pour augmenter les taux de chargement des poids lourds et les taux de remplissage des transports collectifs, réduire les distances parcourues ou encore favoriser la mobilité multimodale. L'évolution de la demande de marchandises et le report modal vers des modes de transport moins émissifs, qui dépendent peu des acteurs de la chaîne de valeur des véhicules lourds et davantage de l'action d'autres filières ou décideurs, n'ont été évoqués que dans le cadre des travaux sur le transport de personnes.

**Un plan d'actions à inscrire dans le temps**

Les acteurs de la chaîne de valeur des véhicules lourds ont exprimé la nécessité d'inscrire dans le temps, le travail sur la décarbonation réalisé en commun, avec des rendez-vous réguliers des parties prenantes pour consolider les hypothèses concernant les trajectoires de décarbonation, notamment en fonction des évolutions technologiques, des paramètres économiques et financiers, etc. Comme toute démarche prospective, les hypothèses doivent être réinterrogées à intervalles réguliers, les leviers adaptés, le cas échéant, pour assurer le suivi du plan d'actions proposé dans la feuille de route et atteindre les objectifs.

Les travaux d'identification des freins et leviers ont été conduits par groupes de travail. Ils font l'objet de restitutions dans la suite du document.

La feuille de route pourra être actualisée avec le futur règlement européen relatif aux émissions de CO2 des véhicules lourds.

Pour autant, certaines actions à caractère prioritaire et transversal ont été identifiées :

**1. Construire un cadre économique et financier propice à l'accélération de la transition énergétique du transport routier**

A titre d'exemple, les analyses de TCO conduites dans le cadre de la feuille de route, révèlent que le coût de possession d'un véhicule électrique reste très supérieur à celui d'un véhicule diesel. Par exemple, en 2022, le scénario médian donne un surcoût d'exploitation d'un 26t ou d'un 19t électrique par rapport à l'équivalent diesel d'environ 20% et ne converge vers celui du diesel qu'entre 2027 et 2030 – en fonction notamment de la hausse du prix du diesel. Pour un tracteur de 44t sur une courte-moyenne distance, le surcoût est d'environ 45% et ne converge vers le diesel qu'entre 2030 et 2033. L'analyse ne prend cependant pas en compte, pour des raisons de disponibilité des données, à ce stade, les surcoûts liés à l'acheminement de l'énergie alternative, l'acquisition et l'installation de l'infrastructure de recharge. Le coût de possession des véhicules électriques est ainsi minoré.

Bien que les TCO des véhicules hydrogènes se situent aujourd'hui à un niveau très élevé, la filière hydrogène précise que l'amorçage industriel pourrait conduire à des changements très rapides sur les coûts considérés, notamment une forte décroissance sur les équipements clés qui constituent aujourd'hui le poste de surcoût majeur (piles à combustible, réservoirs).

Pour un 7,5t, catégorie de véhicule identifiée comme plus facilement « électrifiable » au regard des usages, le TCO serait plus favorable au véhicule électrique dès 2025.

Outre un coût supérieur à l'usage, les surcoûts d'acquisition de ces véhicules par rapport à leurs homologues diesel sont significatifs. Le remplacement dans les flottes des transporteurs de véhicules thermiques par des véhicules électriques se heurte dès lors à la contrainte du taux d'endettement maximal, qui conditionne les prêts accordés par les banques.

- Levier 1 : il est nécessaire que les pouvoirs publics aident les acteurs à franchir cette barrière d'investissement, via des procédures d'appels à projets et/ou la mise en place de bonus. Le besoin de soutien à l'achat ou la location longue durée a été évalué à un ordre de grandeur de 200 M€ à 300 M€ annuels, avec une augmentation progressive au cours des 5 prochaines années. Le dispositif de suramortissement doit être maintenu. Enfin, au regard du niveau important d'endettement des opérateurs, les aides directes sont à privilégier par rapport à des outils tels que le prêt à taux zéro.
- Levier 2 : Elaborer une trajectoire pluriannuelle de soutien public au verdissement des flottes, indispensable pour donner de la visibilité aux acteurs, tisser une confiance dans la transition énergétique et fluidifier le rythme des investissements, tant par les constructeurs que par les opérateurs. Cette trajectoire doit intégrer le soutien aux dispositifs de ravitaillement.
- Levier 3 : Favoriser un cadre de stabilité relative des prix des énergies.
- Levier 4 : approfondir les perspectives d'évolution des coûts du véhicule lourd à hydrogène par un travail entre les pouvoirs publics et la filière afin de préciser sa place à horizon 2030.

## **2. Coordonner le déploiement des bornes électriques et de stations d'avitaillement :**

Les perspectives de développement de la recharge en dépôt ou en itinérance, sur le réseau structurant, demandent de s'assurer de la capacité des réseaux à absorber les appels à puissance locaux, identifier les surfaces nécessaires, programmer et optimiser les travaux d'infrastructures, ...

- Levier 5 : Planifier le développement des infrastructures et des bornes de recharge pour accompagner et optimiser le rythme de décarbonation des véhicules lourds et des engins de travaux publics.

## **3. Accompagner le changement**

Un enjeu fort de la transition réside dans l'accompagnement au changement. Cette transition implique de repenser les organisations de transport et les circuits logistiques, le management des entreprises, les filières associées liées à la réparation ou la maintenance, etc. dans un contexte fortement concurrentiel. C'est aussi un enjeu d'attractivité pour les métiers du secteur du transport routier.

- Levier 6 : mettre en place un plan de développement des compétences dans l'ensemble de la chaîne : conduite, organisation de transport, maintenance des véhicules, management, etc.
- Levier 7 : pérenniser et renforcer l'accompagnement des acteurs des transports et de la chaîne logistique dans la réduction de leurs émissions de GES et de polluants.
- Levier 8 : accompagner, les opérateurs précurseurs qui, pour engager la transition énergétique, se sont engagés dans la filière gaz.
- Levier 9 : Faciliter les implantations de zones logistiques pour réduire les distances parcourues.

## **4. Garantir la production des énergies décarbonées qui seront utilisées dans les motorisations**

Cet enjeu transversal, recoupe les sujets de développement du biogaz, de production d'hydrogène bas carbone et de soutien à la production de carburant liquide bas carbone. La création d'unités industrielles est indispensable pour garantir une réduction significative de l'utilisation de carburants fossiles.

- Levier 10 : Il est proposé d'élaborer un plan biocarburants de synthèse (XTL/HVO), et e-fuel au niveau national comparable au plan Hydrogène, permettant d'amorcer le

développement de la chaîne d'approvisionnement en e-fuels et de réfléchir à la répartition des usages entre les différents modes de transport encore dépendants des carburants liquides.



## **2. Présentation de la feuille de route de décarbonation des véhicules lourds et de l'organisation des travaux**

---

L'article 301 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite « loi climat et résilience », dispose que, pour chaque secteur fortement émetteur de gaz à effet de serre, une feuille de route est établie conjointement par les représentants des filières économiques, le Gouvernement et les représentants des collectivités territoriales pour les secteurs dans lesquels ils exercent une compétence. Cette feuille de route coordonne les actions mises en œuvre par chacune des parties pour atteindre les objectifs de baisse des émissions de gaz à effet de serre fixés par la stratégie nationale bas carbone.

L'élaboration de chacune des feuilles de route prévues par la loi suit une démarche itérative afin d'impliquer les filières économiques dans la planification écologique :

- Dans un premier temps, tout au long de l'année 2022, chaque filière élabore une proposition de feuille de route de décarbonation qui recense les leviers de décarbonation qu'elle privilégie, les freins à lever, les actions qu'elle se propose de mettre en place et les propositions d'évolution des politiques publiques qu'elle adresse aux pouvoirs publics pour accompagner cette transition. Elles sont élaborées avec la participation des services de l'Etat, qui ont eu à cœur de coordonner les débats et de conserver une ligne directrice.
- Ces propositions de feuille de route de décarbonation émanant des différentes filières sont remises au gouvernement au début de l'année 2023. Elles viendront utilement nourrir les décisions et orientations qui seront prises dans le cadre de la planification écologique et de l'élaboration de la prochaine SNBC (répartition des objectifs de baisse des émissions entre secteurs, plans de financement, arbitrages intersectoriels pour répartir les ressources rares, évolution des usages et place de la sobriété...). Certaines dispositions proposées dans les feuilles de route décrivent des actions qui peuvent être mises en place sans attendre ces orientations.
- Une fois les orientations de la planification écologique décidées, les feuilles de route sont retravaillées par chaque filière conjointement avec l'Etat et les représentants des collectivités locales pour y intégrer les objectifs fixés par la stratégie nationale bas-carbone et plus largement la planification écologique. Elles sont transmises au Parlement et constituent dès lors le plan d'action commun entre les pouvoirs publics et les filières économiques pour garantir l'atteinte des objectifs climatiques.

Le présent document constitue donc la proposition de feuille de route élaborée par le secteur des transports routiers et adressée aux pouvoirs publics début 2023 pour alimenter les chantiers de la planification écologique concernant les véhicules lourds. Les propositions d'évolution des politiques publiques qu'il contient n'engagent pas le Gouvernement.

### **3. Présentation de la chaîne de valeur des véhicules lourds, de ses émissions et des objectifs climatiques qui lui sont fixés**

---

Les véhicules lourds se distinguent des véhicules « particuliers », par leur poids mais aussi par les usages professionnels auxquels ils répondent. Ils recouvrent des catégories très variées de véhicules : poids lourds, bus et cars, engins de travaux publics légers (chargeuses, minipelles) et lourds (tombereaux, pelles, butteurs...). S'ajoute une grande variété d'usages, depuis les utilisations intensives en milieu urbain jusqu'au transport interrégional de longue distance, en passant par les chantiers de construction. Par extension, la catégorie des véhicules légers a été intégrée dans cette feuille de route lorsque sont concernés des usages professionnels : véhicules utilitaires légers pour le transport routier de marchandises et les secteurs du commerce et de l'artisanat (bâtiment, etc.), ambulances, LOTI légers, pour le secteur du transport de personnes car les besoins des utilisateurs professionnels diffèrent des usages particuliers notamment en termes de besoin d'autonomie, de charge utile, etc.

En 2019, les émissions de ces différentes catégories de véhicules lourds s'élevaient, tous secteurs confondus, à 59Mt CO<sub>2</sub>, soit 14% des émissions nationales : 31Mt CO<sub>2</sub> pour les poids lourds, 18Mt CO<sub>2</sub> pour les VUL, 3Mt CO<sub>2</sub> pour les bus et cars et 7Mt CO<sub>2</sub> pour les engins de travaux publics.

La décarbonation des véhicules lourds repose sur cinq leviers : l'évolution de la demande de transport – ou de travaux publics pour les engins du BTP –, la part modale de la catégorie de véhicule, le verdissement de la motorisation du véhicule, leur taux d'occupation ou de chargement et enfin leur efficacité énergétique.

Les objectifs climatiques fixés par la précédente SNBC consistaient à réduire les émissions de –28% dans le secteur des transports en 2030 par rapport à 2019. Le renforcement des objectifs climatiques dans la future SNBC va rehausser l'effort nécessaire à réaliser.

Les travaux conduits pour la rédaction de la Feuille de route, ont utilisé comme hypothèses de départ les hypothèses provisoires de trajectoires des immatriculations de véhicules lourds neufs de la future SNBC3. Ces hypothèses, non consensuelles au sein des acteurs de la chaîne de valeur, ont servi de base pour synthétiser sous forme de freins et de leviers d'action les conditions d'une déclinaison opérationnelle de la réalisation des trajectoires supposées.

Ces hypothèses seront réactualisées dans le cadre de l'élaboration de la future SNBC 3 et partagées avec les acteurs de la filière.

## 4. Présentation des leviers de décarbonation des différents types de véhicules lourds

---

### 4.1. Enjeux énergétiques communs aux différents véhicules lourds

Afin de décarboner le transport routier lourd, qui représente 30 % des émissions de CO<sub>2</sub> du transport routier, la France s'est engagée à développer des énergies alternatives en remplacement des énergies fossiles. Le cadre juridique français considère quatre énergies, au pouvoir de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> hétérogène, pour atteindre les objectifs climatiques des véhicules lourds : les carburants liquides bas carbone (CLBC), le bioGNV, l'électricité et l'hydrogène. Elles peuvent être déployées, en partie dans le parc existant, mais surtout grâce à la mutation du parc au profit de véhicules neufs à motorisations alternatives mais aussi dans le cadre de la conversion des moteurs sur les véhicules existants (rétrofit).

Alors que l'urgence de l'enjeu climatique impose de réduire au plus vite les émissions de carbone pour freiner son accumulation dans l'atmosphère, il n'existe pas de substitut parfait, universel et immédiat au gazole. Cependant, ces quatre énergies alternatives apparaissent complémentaires à plusieurs niveaux pour permettre au transport lourd français de participer pleinement à l'ambition nationale et européenne de décarbonation :

- D'abord, **elles font appel à des ressources variées** : le mix électrique est déjà décarboné à plus de 90% et repose sur un équilibre entre production nucléaire et énergies renouvelables, qui bénéficiera aussi à l'hydrogène. De plus, la production d'hydrogène décarboné, lorsqu'elle sera suffisamment développée, y compris pour la mobilité, aide à piloter l'intégration d'électricité renouvelable sur le réseau. En effet, l'hydrogène étant stockable, la puissance des électrolyseurs peut être baissée lors des périodes de tension sur le réseau. Les CLBC, quant à eux, utilisent certains types de biomasse, souvent complémentaires à ceux utilisés par le biométhane, et pour certains, ils requièrent également de grandes quantités d'hydrogène vert. La disponibilité de la biomasse restera cependant limitée, et son utilisation très demandée pour décarboner l'ensemble de l'économie. De ce fait, recourir aux quatre énergies pour répondre à la demande de la mobilité lourde offre les meilleures chances d'équilibrer les appels aux différentes ressources.
- Ensuite, **ces énergies ont des aptitudes variées selon les usages**. L'électricité et l'hydrogène bénéficient d'un clair avantage dans les zones urbaines, dont les ZFE. La filière électrique est relativement mature, même si elle doit relever le défi de la disponibilité des infrastructures de recharge avec le soutien des pouvoirs publics. A terme, les progrès de la batterie électrique lui permettront d'être une solution pour le transport longue distance. Si l'hydrogène possède de réels avantages en matière d'autonomie et de modalité de recharge, et que les investissements des constructeurs et équipementiers dessinent une trajectoire solide pour atteindre la maturité technologique, la compétitivité de filière doit encore se construire par un amorçage de la commande afin de faire diminuer les coûts. Les CLBC offrent une souplesse d'utilisation et une densité énergétique comparables à celles du gazole tout en abaissant notablement les émissions de GES du puits à la roue. Le GNV en particulier le bioGNV, répond à une gamme d'usages sous ses formes comprimée et liquéfiée, son utilisation (temps et modalités d'avitaillement) est comparable dès aujourd'hui à celle du gazole, les distances parcourues entre deux avitaillements restant un peu inférieures.

- **Elles ont aussi des vocations territoriales diverses** selon leurs lieux de production, leurs modes de transport et leurs marchés privilégiés. Ainsi, l'hydrogène devrait croître en priorité sur les grands axes urbains, interurbains et industriels, tandis que le bioGNV pourrait apporter des solutions efficaces dans des territoires périurbains et ruraux. L'électricité quant à elle bénéficie d'une couverture territoriale très large.
- Enfin, **ces énergies ont différents profils de développement dans le temps**. Les CLBC bénéficient dès aujourd'hui de l'écosystème du gazole routier, de la motorisation diesel aux circuits logistiques de distribution, tandis que les trois autres énergies doivent développer, en parallèle des infrastructures existantes, leur propre flotte et leur propre système de distribution. Cependant, le déploiement des CLBC nécessitera des investissements importants dans de nouveaux sites de production. La filière bioGNV a prouvé son caractère opérationnel à une certaine échelle et a l'ambition d'augmenter sa contribution dans la décarbonation du secteur. L'électricité, tout comme l'hydrogène, présente l'avantage de réduire les émissions et la pollution à l'usage. Sa disponibilité sera assurée pour jouer un rôle important dans l'atteinte de la neutralité carbone. Enfin, la massification de la production d'hydrogène décarboné est planifiée entre 2025 et 2030, mais la filière industrielle sur ses usages mobilité est récente, et le développement de la flotte implique un soutien à l'amorçage pour permettre de réduire les coûts structurels (effets de seuil industriels et dimensionnement optimal de l'infrastructure).

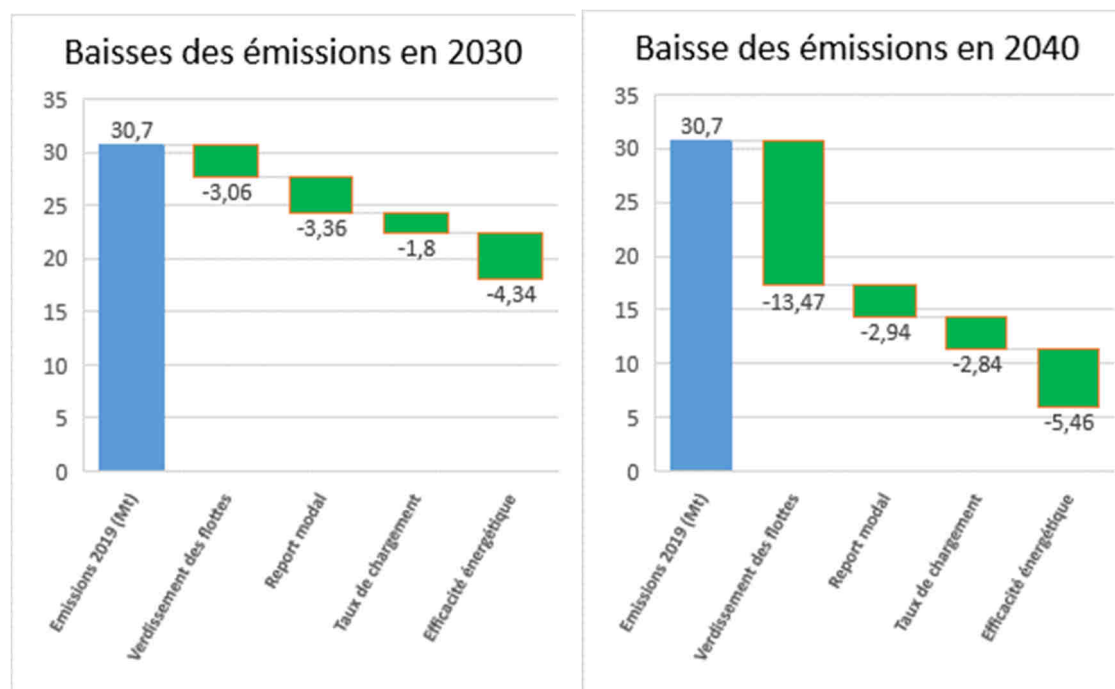
Les différents chapitres de la feuille de route consacrés au transport routier de marchandises, au transport routier de voyageurs, aux engins de travaux publics et aux véhicules utilitaires légers analyseront, pour chaque type d'énergie, l'offre des constructeurs en motorisations alternatives, les disponibilités de chaque énergie, leurs besoins spécifiques en matière de déploiement de réseau d'avitaillement ou encore les réponses qu'elles offrent aux différents usages.

## 4.2. Décarbonation du transport routier de marchandises

En France, en 2019, le secteur des transports dans son ensemble (tous modes confondus) représente 30,1% des émissions nationales de gaz à effet de serre (GES). La voiture particulière est à l'origine de plus de la moitié des émissions des GES du secteur des transports (55%). Le transport routier professionnel de marchandises en représente 24%, l'ensemble des véhicules utilitaires légers en représente 14% et le transport collectif de voyageurs 2%. Les camions seuls (tracteurs + porteurs) représentent 7% du total des émissions de GES nationales pour 89 % des marchandises transportées en France. 40 % des flux sont réalisés par le pavillon étranger.

La décarbonation du transport routier de marchandises nécessitera d'agir sur cinq facteurs : l'évolution de la demande de transport de marchandises, le report modal vers des modes de transport moins carbonés tels que le ferroviaire et le fluvial, la décarbonation de l'énergie utilisée (verdissement des flottes), l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules et l'optimisation des chargements.

Le graphique ci-dessous indique, dans les prévisions de la future SNBC 3, la contribution respective de ces cinq facteurs à la baisse des émissions du TRM en 2030 puis en 2040 par rapport à 2019, ce qui permet de quantifier leur rôle dans la décarbonation du secteur<sup>1</sup>. Si le levier du verdissement des flottes présente un potentiel de réduction d'environ 3Mt à horizon 2030, il sera le plus déterminant en 2040 (-13Mt) en raison de l'effet de pénétration des motorisations alternatives dans le parc.



<sup>1</sup> Le run 1 de la SNBC 3 prévoyant une demande de transport de marchandises constante dans les prochaines années, l'impact de ce levier est nul sur la baisse des émissions. Cette stagnation de la demande constitue néanmoins une rupture par rapport aux dernières années, où elle a évolué à la hausse. Elle résulte de différents facteurs comme l'évolution des comportements de consommation.

Les acteurs de la chaîne de valeur du transport routier de marchandises ont principalement travaillé sur les facteurs sur lesquels ils disposent des leviers d'action : le verdissement des flottes, l'efficacité énergétique des véhicules et l'optimisation des chargements. L'évolution de la demande de transport de marchandises est liée au coût de la prestation mais surtout à l'organisation générale de l'activité économique (ex : économie circulaire, réindustrialisation, circuits courts...). Le report modal sera principalement conditionné aux actions déployées par les secteurs ferroviaires et fluviaux pour renforcer leur attractivité. La présente feuille de route identifie des mesures pour le favoriser via une meilleure planification des implantations logistiques et l'accroissement du transport combiné.

Les réflexions sur la décarbonation du transport routier de marchandises, se sont structurées autour de la déclinaison opérationnelle des hypothèses provisoires de trajectoires des immatriculations de véhicules lourds neufs de la future SNBC3 (Axe 1). Au-delà de la question du verdissement du parc, il présente également des leviers complémentaires sur le verdissement du fret, identifiés par les acteurs de la chaîne de valeur, contribuant à la décarbonation du transport routier de marchandises (Axe 2).

## **AXE 1 : VERDISSEMENT DES FLOTTES**

### **1) Une décarbonation qui implique la substitution progressive des poids lourds diesel par des poids lourds à carburant alternatif**

L'évolution des motorisations et des carburants utilisés constitue un levier important de décarbonation du transport routier de marchandises. Les objectifs en cours de finalisation de la SNBC 3 prévoient que le verdissement des flottes permettra de réduire des émissions de GES du TRM de 10 % en 2030, et de 44 % en 2040. Afin de couvrir l'ensemble des cas d'usage et des temporalités en jeu, ce verdissement demandera une utilisation de toutes les énergies alternatives existantes dans la mobilité, à savoir les carburants liquide bas carbone, l'électricité, le gaz et le biogaz (BioGNC et BioGNL) ainsi que l'hydrogène.

Les travaux d'élaboration de cette feuille de route ont pris comme hypothèse de travail les évolutions de part de marché dans les ventes de véhicules neufs des différentes motorisations (diesel, GNV, électrique, hydrogène) inscrites dans la première version du scénario climatique de la future SNBC 3 (cf. tableau 1). Ces hypothèses, provisoires ont été élaborées afin d'atteindre l'objectif de décarbonation des transports routiers en 2050. Les travaux visent à s'assurer que la trajectoire proposée est réaliste. Ils permettront de nourrir les ajustements de la future SNBC3. A ce stade, la SNBC 3 prévoit que les véhicules roulant aux carburants liquides (diesel et CLBC), aujourd'hui très largement majoritaires (97% des ventes), ne composeront plus que 50 % des nouvelles immatriculations en 2030, et seront limités à une part résiduelle en 2040 (2 %), tandis que les véhicules électriques, GNV puis hydrogène occuperont une place croissante.

**Tableau 1 : Hypothèses de travail de parts de marché des énergies au sein des immatriculations de poids lourds neufs (SNBC)**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Diesel</b>	97%	73%	50%	34%	2%
<b>GNV</b>	3%	20%	25%	30%	39%

<b>Électrique</b>	0%	7%	22%	27%	45%
<b>Hydrogène</b>	0%	0%	3%	9%	14%

Sources : Scénario AMS, SNBC 3 (run 1).

Dans le cadre de la présente feuille de route, les acteurs de la filière ont travaillé à évaluer les conditions de l'atteinte de ces hypothèses d'évolution des motorisations, qu'il s'agisse des disponibilités des différentes énergies et de leur acheminement, du déploiement des stations d'avitaillement, de la cohérence avec les stratégies de développement de l'offre de véhicules alternatifs des différents constructeurs ou encore des enjeux du financement.

Ces hypothèses de travail alimenteront l'actualisation du scénario de référence de la future SNBC, lequel, une fois établi, fixera le cadre aux acteurs de la chaîne de valeur pour actualiser et préciser la présente feuille de route.

## 2) Conditions de déploiement des différentes motorisations alternatives

### a) Conditions de déploiement du poids lourd électrique à batteries

L'énergie électrique est appelée à occuper une place importante dans le verdissement du parc de poids lourds (45% des immatriculations de poids lourds neufs en 2040 selon les hypothèses SNBC 3). Un poids lourd électrique permet de baisser les émissions par rapport à son équivalent diesel, il contribue à la réduction des pollutions atmosphériques et sonores en milieu urbain. Dans le cadre des Zones à Faibles Emissions (ZFE), les véhicules électriques sont éligibles à la vignette Crit'Air 0 (verte).

Si les poids lourds électriques bénéficient aujourd'hui d'une autonomie moindre que leurs homologues diesel, qui les rend pour le moment peu adaptés au transport de moyenne ou longue distance, certains constructeurs annoncent la commercialisation de tracteurs avec une autonomie plus importante<sup>2</sup> -mais nécessitant d'imaginer dans tous les cas un réseau d'avitaillement de recharge en itinérance adapté. Selon les premières projections de la SNBC 3, les poids lourds électriques à batterie (*Battery Electric Vehicles* - BEV) représenteront 7 % des nouvelles immatriculations en 2025, et 22 % en 2030 (cf. tableau 2), soit environ 10 000 nouveaux véhicules à cet horizon pour un parc d'environ 40 000 BEV.

**Tableau 2 : Synthèse des projections – TRM Électrique**

	2021	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations (%)</b>	0%	7%	22%	37%	50%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations</b>	0	3 019	9 488	15 957	21 564
<b>Part dans le parc (%)</b>	0%	2%	8%	19%	34%
<b>Nombre de véhicules dans le parc</b>	0	8 194	41 833	104 367	182 427
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0	0,47	2,30	5,46	8,89

<sup>2</sup> Certains constructeurs annoncent la commercialisation de tracteurs avec une autonomie de 500 km à partir de 2023/2024, qui devra être confirmée lors des essais en exploitation.

Source : Calculs du GT Transport de marchandises, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

*i) Disponibilité de l'offre constructeurs en poids lourds électriques à batterie*

Selon les constructeurs, l'offre de poids lourds électriques à batterie devrait être très largement suffisante au cours des prochaines années pour atteindre les hypothèses d'évolutions des motorisations prévues par la SNBC. La plupart des constructeurs concentrant désormais leurs investissements sur le poids lourd électrique à batterie.

En se fondant sur les projections agrégées de déploiement des poids lourds à motorisation alternative des différents constructeurs de poids lourds, les fédérations de constructeurs (CSIAM, PFA) estiment être en capacité d'atteindre les hypothèses SNBC de parts de marché de l'électrique au sein des immatriculations de poids lourds neufs et de les dépasser. En effet, selon elles, la plupart des constructeurs concentrent désormais leurs investissements sur cette technologie et anticipent d'avoir 46% de leur production de poids lourds qui soit électrique en 2030, en estimant être capable d'atteindre 14% d'électrique dans les immatriculations en 2025.

Cependant, la concrétisation de cette hypothèse reste conditionnée, dans le même temps, au déploiement d'un réseau de distribution effectif suffisant et adapté permettant la commercialisation et l'exploitation des véhicules nécessitant des investissements significatifs.

Les fédérations de transporteurs (FNTR Union TLF et OTRE), s'interrogent sur la capacité du réseau électrique à absorber la recharge, sur la disponibilité des bornes de recharge, sur l'autonomie en situation réelle que pourront avoir les véhicules électriques ainsi que sur le prix de l'électricité et la capacité pour les chargeurs d'absorber les surcoûts considérables du transport.

Les travaux de la présente feuille de route sont à poursuivre pour apporter des réponses précises et planifiées à ces interrogations. Or, sans la réunion de ces cinq facteurs, l'achat de véhicule électrique par les transporteurs ne sera pas possible.

*ii) Disponibilité de l'électricité et des capacités d'avitaillement*

Les besoins de consommation du parc de poids lourds, de 2,30 TWh d'électricité en 2030 et 8,89 TWh en 2040, sont en ligne avec les projections réalisées par RTE dans son rapport sur « Les Futurs énergétiques 2050 », ce dernier prévoyant une quantité disponible d'électricité pour les poids lourds comprise entre 3 et 11 TWh en 2030 et entre 5 et 22 TWh en 2040 (cf. tableau 4).

**Tableau 4 : Projection des quantités disponibles minimum et maximum des poids lourds électriques\* (TWh)**

	2025	2030	2040	2050
<b>Consommation scénario max</b>	5,4	10,8	22,5	32,5
<b>Consommation scénario min</b>	1,4	2,8	5	8,5



Source : RTE, *Les Futurs énergétiques 2050*, (2021).

\* Les scénarios ne font des projections d'intégration de poids lourds qu'en 2050. Les données pour 2025, 2030 et 2040 ont été obtenues par extrapolation linéaire entre 2025 et 2050.

Selon RTE, l'électrification du transport lourd ne représentera qu'une part marginale de la production d'électricité totale du pays, qui s'élèvera à 645 TWh en 2050 dans le scénario de référence. Il est important de prévoir un bon maillage de besoins en recharge et anticiper le déploiement de bornes de recharge. La puissance nécessaire à la recharge électrique pour accompagner l'électrification du TRM reste un point d'attention. Des études préalables doivent s'assurer de la compatibilité du déploiement de bornes avec la localisation du dépôt. Des travaux de renforcement spécifiques du réseau pourraient être nécessaires pour anticiper le déploiement des véhicules électriques dans la mobilité lourde et assurer la robustesse du réseau<sup>3</sup>.

Afin d'accompagner la dynamique d'électrification du TRM, le réseau d'avitaillement en bornes de recharge doit être développé de façon structurée et coordonnée.

D'une part, le nombre de bornes d'avitaillement doit être suffisant afin de permettre la recharge en tout point du territoire. D'autre part, le déploiement de ces bornes doit être adapté à l'ensemble des cas d'usage des poids lourds (dépôt, itinérance, destination...), et proposer des modes de recharge divers. Des bornes de recharge lente sont destinées à la recharge au dépôt la nuit, et des solutions de recharge rapide et sécurisée doivent être développées selon un maillage territorial adapté tant sur le réseau routier que sur les centres logistiques afin de permettre la recharge en journée sans empiéter sur le temps de travail du conducteur. Le déploiement de bornes de recharge rapides, prenant en compte les contraintes d'occupation de l'espace, et anticipant les difficultés de raccordement au réseau, est nécessaire pour permettre la flexibilité nécessaire à l'activité des transporteurs. La question de la pertinence de la recharge dynamique (ERS) pour l'itinérance devra être traitée.

Il conviendra également de s'assurer auprès des industriels de leur capacité de produire et d'installer les bornes de recharge en quantité suffisante répondant aux objectifs de développement du parc de poids lourds, le cas échéant avec les extensions de réseau nécessaires.

Dans le cadre du programme Advenir, l'AVERE-France a porté une étude d'opportunité sur les infrastructures de recharge des transports routiers en France en mars 2022. Le scénario d'électrification médian de cette étude permet de projeter les besoins en bornes de recharge du TRM en fonction des lieux – au dépôt, le long du trajet, à destination - à horizon 2025 (cf. tableau 5).

**Tableau 5 - Besoins de points de recharge pour le TRM en 2025**

Au dépôt	Au domicile/local	Le long du trajet	A destination
----------	-------------------	-------------------	---------------

---

<sup>3</sup> Une étude réalisée par ENEDIS devrait permettre de préciser ces besoins à plus long terme et d'anticiper plus finement l'impact sur le réseau de l'électrification des mobilités lourdes. Sa publication est prévue début 2023.

<b>Véhicules industriels de TRM</b>	(50-350 kW) 4250 bornes de recharge	0	(200-1MW) 72 bornes de recharge	(100-600 kW) 140 bornes de recharge
-------------------------------------	--	---	------------------------------------	--

Source : AVERE-France, *Étude d'opportunité sur les infrastructures de recharge des transports routiers en France*, (2022). Scénario d'électrification médian.

Ces premières estimations doivent néanmoins être actualisées par rapport aux hypothèses d'évolution du parc de la future SNBC 3. Le chiffre de 4250 bornes au dépôt de l'étude apparaît peu élevé au regard des 8000 véhicules qui pourraient constituer le parc à horizon 2025, et qui s'organiseront pour la quasi-totalité autour d'une recharge lente la nuit. L'étude d'Enedis à paraître début 2023 précisera les besoins quantitatifs en bornes de recharge.

Le déploiement d'un réseau de bornes de recharge nécessite une planification nationale et territorialisée pour identifier les besoins des transporteurs au niveau local et coordonner dans le temps les investissements à mener et les acteurs responsables.

### *iii) Conditions économiques*

Le coût d'acquisition des poids lourds électriques, aujourd'hui 3 à 4 fois plus cher que leurs homologues thermiques, constitue un frein important pour les transporteurs. Ce surcoût à l'achat peut être à ce jour, partiellement compensé par un moindre coût de l'énergie électrique vs. le diesel, comme le révèle l'analyse du coût total de possession. Bien que l'industrialisation de la production des poids lourds électriques permette une réduction des prix de vente via les économies d'échelle, les coûts totaux de possession (TCO) des poids lourds électriques resteront encore supérieurs pendant plusieurs années à leur équivalent diesel (cf. annexe sur les TCO).

Le tableau ci-dessous présente l'écart de TCO véhicule (hors coût des infrastructures d'avitaillement) entre un poids lourd électrique et son équivalent diesel, selon une fourchette qui dépend de deux scénarios : le scénario AME, qui ne prévoit pas de marché ETS pour le transport routier de marchandises, et le scénario AMS, qui prévoit l'instauration d'un tel marché ETS avec un prix du carbone de 50€ en 2030<sup>4</sup>.

**Tableau 6 - Différence relative du TCO des poids lourds électrique comparés à leur homologue diesel [scénario AME ; scénario AMS]**

	2025	2030	2040
<b>19-26 tonnes (courte distance)</b>	[10% ; 3%]	[-6% ; -13%]	[-25% ; -33%]
<b>44 tonnes (courte distance)</b>	[32% ; 28%]	[8% ; 2%]	[-17% ; -25%]

<sup>4</sup> Il convient de noter que ces TCO incluent le suramortissement, automatiquement versé aux transporteurs faisant l'acquisition d'un poids lourd à motorisation alternative, mais qui ne bénéficient qu'à ceux d'entre eux qui réalisent des bénéfices. Pour les entreprises ne pouvant bénéficier du suramortissement, le différentiel de TCO avec le diesel est plus défavorable.

Au total, selon les calculs du GT, la trajectoire de déploiement des poids lourds électriques de la SNBC implique un surcoût d'investissement pour les véhicules de près de 825M€ entre 2023 et 2025, de 2,97Mds€ entre 2026 et 2030, et de 8,99 Md€ entre 2031 et 2040 pour le secteur par rapport à une situation dans laquelle l'ensemble du parc est renouvelé par des véhicules diesel.

En outre, le déploiement de points de recharge présente un investissement important : une borne lente nécessite un investissement tournant autour de 60k€ et une borne rapide autour de 400k€, montant qui inclut les coûts de raccordement au réseau, ainsi que les importants travaux de voirie occasionnés dans la plupart des cas. Ces coûts doivent encore être précisés (cf. annexe sur le questionnaire de l'UFE et de l'AVERE).

Au total, selon les calculs du GT, la trajectoire de déploiement des poids lourds électriques de la SNBC implique un surcoût d'investissement pour l'avitaillement de 336 M€ entre 2023 et 2025, de 1,54 Mds€ entre 2026 et 2030 et de 8,85 Mds€ entre 2031 et 2040

Ces surcoûts doivent être appréhendés dans le cadre d'un contexte économique incertain, d'une structure bilancielle des entreprises de transport susceptible de limiter leur capacité d'investissement et des réserves des établissements financeurs quant à la valeur résiduelle de la batterie au regard de la durée des amortissements<sup>5</sup>. Le principal obstacle réside dans le ratio maximal d'endettement rapporté aux fonds propres des entreprises de transport, ratio que suivent les banques pour accorder un prêt. Un véhicule électrique étant plus cher à l'achat, il requiert un montant d'endettement supérieur par rapport à un véhicule diesel, qui ne peut être accordé si les fonds propres sont insuffisants. Le prêt à taux zéro ne permet pas de surmonter cette limite du ratio d'endettement, contrairement aux subventions à l'achat ou à d'autres mécanismes de soutien telles que les avances remboursables.

Afin que les transporteurs puissent investir dans des technologies qui seraient significativement plus chères que la moyenne, une aide s'avère indispensable pour déployer des véhicules électriques, plus coûteux.

Pour mémoire, le choix de l'Allemagne est de prendre en charge 80% du surcoût du PL électrique vs diesel, à savoir :

- 160 K€ par porteur, le surcoût étant estimé à 200 000€
- 280 K€ par tracteur, le surcoût étant estimé à 350 000 €.

#### *iv) Plan d'action pour le déploiement de poids lourds électriques à batterie*

##### **Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

###### **Energéticiens :**

- Programmer une planification du réseau de distribution répondant aux exigences de la SNBC et précisant les points suivants :

Produire et assurer la disponibilité en tous points du territoire de l'électricité décarbonée nécessaire à la recharge du parc de poids lourds électriques prévu en 2030 et 2050 ;

---

<sup>5</sup> Bouckaert Laura et Devos Jean-Michel, « Panorama économique et financier du transport routier de marchandises », étude ACSEL de la Banque de France commandée par la FNTR, septembre 2022.

Assurer la disponibilité des bornes de recharge sur le territoire, autant d'un point de vue quantitatif (nombre de bornes, maillage territorial de la recharge) que qualitatif (adaptation des infrastructures de recharge aux usages, développement des bornes de recharge rapide) ;  
Effectuer les travaux de renforcement du réseau pour le développement de la mobilité lourde électrique, si nécessaire

**Constructeurs :**

- Produire une offre de poids lourds électriques cohérente avec la future SNBC 3 ;  
Contribuer au développement du réseau de bornes de recharge électriques ;  
Participer au développement de solutions de financement des poids lourds électriques à destination des transporteurs.

**Transporteurs :**

Prendre en compte dans le plan de renouvellement de leur parc l'offre de véhicules électriques afin d'atteindre l'ambition climatique fixée par la future SNBC 3 ;  
Adapter les comportements de recharge de façon à limiter le besoin en puissance sur le réseau (par exemple, favoriser la recharge la nuit au dépôt, faire du pilotage de la recharge).  
Prendre en compte les nouvelles conditions d'exploitation pour positionner leur offre tarifaire au bon niveau, notamment pour intégrer les surcoûts de TCO

**Chargeurs :**

Faciliter l'exploitation des véhicules BEV en adaptant les conditions d'exploitation et en facilitant l'implantation de bornes de recharges PL en nombre suffisant sur leur(s) site(s)  
Soutenir pendant la période transitoire, les prestataires exploitant des véhicules BEV, en acceptant le différentiel de coût temporaire.

**Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Mettre en place, le temps de la transition, des aides financières pérennes assurant des coûts acceptables pour les transporteurs et leurs clients sur les segments où les offres existent (véhicules et avitaillement). En raison des faibles marges d'un secteur composé très largement de TPE et PME, il convient d'anticiper un besoin d'accompagnement pour l'ensemble des entreprises du secteur (petites, moyennes et grandes flottes) : bonus écologique, appel à projets, prêt garanti par l'Etat (PGE) vert ...

Prendre en compte les émissions du puits à la roue et/ou en analyse du cycle de vie (ACV) dans le cadre de la directive sur la taxation de l'énergie (DTE) pour respecter le principe de neutralité technologique ;

Eclairer le statut juridique du stationnement des véhicules électriques par rapport à la réglementation ICPE (interdistance entre véhicules, tonnage de batteries sur un même lieu de stockage)

**b) Conditions de déploiement du poids lourd au GNV / bioGNV**

Le GNV, et en particulier sa composante bioGNV, peut jouer dès aujourd’hui un rôle dans la transition vers la neutralité carbone du TRM. Les motorisations GNV permettent de réduire les émissions de GES de 15 % par rapport à un poids lourds diesel, et jusqu’à 85 % en cas d’utilisation exclusive du bioGNV. Cette motorisation bénéficie d’une chaîne d’approvisionnement relativement mature, et nécessite des surcoûts d’acquisition moindres que les poids lourds électriques à batterie. Elle permet des autonomies proches du diesel.

Les véhicules au GNV représentaient 5% des immatriculations en 2021. Toutefois, la hausse des prix de l’énergie et les incertitudes sur l’approvisionnement du gaz fossile ont ralenti son développement en 2022. Selon les premières hypothèses de la SNBC, les poids lourds au GNV et bioGNV représenteraient 25 % des immatriculations en 2030, et jusqu’à 39 % en 2040 (cf. tableau 7).

**Tableau 7 : Synthèse des projections – TRM GNV**

	2021	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations (%)</b>	5%	20%	25%	32%	39%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations</b>	2 156	8 625	10 782	13 801	16 820
<b>Part dans le parc (%)</b>	2%	6%	15%	23%	28%
<b>Nombre de véhicules dans le parc</b>	7 956	32 539	77 535	121 187	152 670
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	1,38	5,23	11,26	16,59	19,39

Source : Calcul du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

*i) Disponibilité de l’offre constructeurs en poids lourd GNV et bioGNV*

Les fédérations de constructeurs (CSIAM et PFA) soulignent que la plupart des constructeurs ont orienté leur stratégie de moyen terme vers les motorisations électriques et précisent que les motorisations GNV et bioGNV constituent une technologie « moins investie » par la majorité d’entre eux, limitant ainsi la disponibilité de l’offre de véhicules au GNV et bioGNV.

Ainsi, en se fondant sur les projections agrégées de déploiement des poids lourds à motorisation alternative des différents constructeurs de poids lourds, elles estiment ne pas être en capacité d’atteindre les hypothèses SNBC de parts de marché du GNV et bioGNV au sein des immatriculations de poids lourds neufs, ce qui constitue un frein au déploiement de cette technologie dans le transport routier de marchandises.

Les Fédérations de Transporteurs (FNTR Union TLF et OTRE) insistent toutefois sur la nécessité de soutenir les filières gaz bio/gaz et bio carburant comme composantes à part entière du mixte énergétique.

## ii) Disponibilité de l'énergie et avitaillement

Selon les hypothèses de travail de la SNBC, le nombre de poids lourds roulant au GNV évoluera de 8000 véhicules en 2022 à 32 000 en 2025 et 77 000 en 2030, induisant des besoins énergétiques de respectivement 5TWh et 11 TWh. Les gestionnaires de réseaux gaziers français<sup>6</sup> estiment que le niveau de production global de bioGNV évoluera de 7 TWh en 2022 à 70 TWh en 2030 et à 312 TWh en 2050. Parmi cette production de bioGNV, la part allouée aux poids lourds permettra de couvrir 50% des besoins du TRM en 2025 et 100% en 2033<sup>7</sup> (ce qui suppose d'orienter 15% de la production de biogaz vers la mobilité en 2030).

Concernant l'avitaillement de l'énergie au TRM, le réseau de distribution pour les poids lourds comprend 281 points de remplissage fin 2022, un niveau supérieur aux objectifs fixés par la PPE. Néanmoins, la volatilité des prix du gaz et les incertitudes entourant son approvisionnement suite à la guerre en Ukraine ont ralenti le déploiement de ces points de recharge. Selon l'AFGNV, 120 nouvelles stations pouvant accueillir chacune jusqu'à 100 poids lourds par jour devront être installées annuellement jusqu'en 2040 (soit un total de 2397 points de remplissage en service à cette échéance) afin que les capacités d'avitaillement restent en phase avec le développement des poids lourds GNV et bioGNV prévu dans les scénarios étudiés.

A noter que dans le cadre des Zones à Faibles Emissions (ZFE), les véhicules GNV/Bio GNV sont éligibles à la vignette Crit'Air 1.

## iii) Conditions économiques

Le prix à l'achat des poids lourds GNV est aujourd'hui 30% plus élevé que celui de leurs homologues diesels. Leur évolution est rendue incertaine en raison des inconnues sur les prix des énergies.

Le tableau ci-dessous présente l'écart de TCO entre un poids lourd bioGNV et son équivalent diesel, selon une fourchette qui dépend de deux scénarios : le scénario AME, qui ne prévoit pas de marché ETS pour le transport routier de marchandises, et le scénario AMS, qui prévoit l'instauration d'un tel marché ETS avec un prix du carbone de 50€ en 2030.

**Tableau 9 : Différence relative du TCO des PL bioGNV VS diesel [AME ; AMS]**

	2025	2023	2040
19-26 tonnes (courte distance)	[15% ; 10%]	[11% ; 5%]	[9% ; 1%]
44 tonnes (courte distance)	[13% ; 7%]	[8% ; 2%]	[6% ; -3%]

La trajectoire prévue par la SNBC 3 entraîne un surcoût d'investissement pour les véhicules d'environ 583M€ sur la période 2023-2025, de 1,69Mds€ entre 2026 et 2030 et de 5,03 Mds€ entre 2031 et 2040 par rapport à un renouvellement sans verdissement du parc.

<sup>6</sup> GRDF, GRTgaz, TEREGA et SPEGNN, « Perspectives Gaz 2030-2050 »

<sup>7</sup> Une part décroissante du gaz utilisé par les poids lourds jusqu'en 2033 sera donc d'origine fossile.

En outre, le coût de déploiement d'une station publique d'avitaillement en GNV est de 1,8M€ et celui d'une station privée entre 0,2M€ et 0,8M€. Le déploiement de 120 stations annuelles pour accompagner l'essor de la mobilité lourde au GNV constitue donc un investissement significatif pour les acteurs de la filière.

Au total, selon les calculs du GT, la trajectoire de déploiement des poids lourds GNV / BioGNV de la SNBC implique un surcoût d'investissement pour l'avitaillement de 406 M€ entre 2023 et 2025, de 1,13 Mds€ entre 2026 et 2030 et de 3,1 Mds€ entre 2031 et 2040.

iv) *Plan d'action pour le déploiement de poids lourds au GNV et bioGNV*

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

**Energéticiens :** Produire et assurer la disponibilité en tous points du territoire du GNV puis du bioGNV nécessaires à l'évolution du parc de poids lourds roulant avec cette énergie prévue par la future SNBC 3 ;

**Constructeurs :** Produire une offre de poids lourds GNV cohérente avec la future SNBC 3 ;

**Transporteurs :** Prendre en compte dans leur plan de renouvellement de leur parc l'offre de véhicules GNV/BioGNV afin d'atteindre l'ambition climatique fixée par la future SNBC 3 ;

**Chargeurs :** • *Soutenir pendant la période transitoire, les prestataires exploitant des véhicules GNV/BioGNV, en acceptant le différentiel de coût temporaire.*

**Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Soutenir la compétitivité des carburants GNV et bioGNV par une aide au prix du gaz sur l'année 2023, puis inclure le bioGNV dans la TIRUERT en 2024 afin d'encourager la substitution du bioGNV au GNV dans le transport ((cf. fiche n° X dédiée en annexe)

Soutenir l'achat des véhicules à motorisation gaz par une aide modulée en fonction du surcoût (investissement + exploitation) des véhicules par rapport à leur équivalent diesel et de la distance moyenne parcourue ;

Flécher une partie de la production de biométhane français vers l'usage TRM

Prendre en compte les émissions du puits à la roue et/ou en analyse du cycle de vie (ACV) dans le cadre de la directive sur la taxation de l'énergie (DTE) pour respecter le principe de neutralité technologique.

c) **Conditions de déploiement du poids lourds à hydrogène**

Bien qu'à un stade moins développé et beaucoup plus onéreux (compte tenu de l'amorçage de filière industrielle) que les poids lourds électriques à batterie, les véhicules à pile à combustible (*Fuel Cell Electric Vehicles* (FCEV)) bénéficient d'une autonomie supérieure à ces derniers et de temps de recharge plus courts, qui les rendent plus adaptés aux longues distances et aux usages plus contraints sur le plan opérationnel. L'hydrogène représente ainsi une solution de décarbonation complémentaire à plus long terme.

Les hypothèses de travail de la future SNBC 3 en cours d'élaboration se fondent sur une part du véhicule hydrogène dans les nouvelles immatriculations de 3% en 2030 et 9% en 2040 (cf. tableau 10). D'autres études prévoient un déploiement plus rapide. Le scénario « Ambition 2030 » élaboré par France Hydrogène dans son étude « Trajectoire 2030 » projette par exemple le déploiement de plus de 8 500 poids lourds à hydrogène à horizon 2030, ce qui implique une différence d'un facteur 2 sur les immatriculations annuelles en 2030, et un facteur 6 sur le parc roulant. Ces écarts de scénarios sur le parc se renforcent à horizon 2040 : si l'on considère un temps de vie moyen des poids-lourds à hydrogène de 10 ans, la SNBC atterrit sur un parc roulant de 30 000 véhicules, tandis que France Hydrogène atterrit sur un parc de 87 à 112 000 véhicules.

Ce différentiel important s'explique par la prise en compte d'hypothèses fondamentalement distinctes sur le coût total de possession des véhicules, et particulièrement sur le coût d'achat des véhicules, qui est lié à la vitesse d'amorçage de la filière industrielle hydrogène.

**Tableau 10 : Synthèse des projections – TRM Hydrogène**

	2021	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations (%)</b>	0%	0%	3%	5%	9%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations</b>	0	0	1 294	2280	3883
<b>Part dans le parc (%)</b>	0%	0%	0%	2%	5%
<b>Nombre de véhicules dans le parc</b>	0	0	3201	12405	27192
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0,00	0,00	0,39	1,42	2,86

Source : Calculs du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

*i) Disponibilité de l'offre constructeurs en poids lourds à hydrogène*

L'offre neuve constructeur restera restreinte à court terme compte tenu de l'émergence de la filière hydrogène. Les constructeurs indiquent déployer d'ici 2030 un nombre de camions à hydrogène conformes aux projections de la SNBC, bien que la vitesse d'amorçage de la filière industrielle hydrogène impactera la disponibilité projetée de l'offre constructeurs. Sur le transport routier de marchandises, il apparaît néanmoins que la conversion (retrofit) à l'hydrogène de porteurs et tracteurs occupera une place non négligeable : des acteurs français auront ainsi (individuellement) une capacité de conversion de plus de 250 véhicules/an dès 2026.

*ii) Disponibilité de l'énergie et avitaillement*



En 2030, France Hydrogène estime qu'environ 37 TWh d'hydrogène décarboné à partir de sources renouvelables (hydrogène vert) seront produits en France, dont 7,5Twh pour le transport routier, ce qui permet très largement de couvrir les besoins (0,39TWh) des 3201 véhicules dans le parc de poids lourds des hypothèses de travail.

D'ici fin 2027, 188 stations de ravitaillement d'hydrogène devront être installées en France pour respecter la réglementation européenne AFIR (en cours d'élaboration), soit une distance maximale de 100 km entre deux stations le long du réseau transeuropéen de transport global (RTE-T). Ces stations devraient avoir une capacité minimale de 2t/j, et être équipées d'au moins un distributeur 700 bars. En janvier 2023, France Hydrogène Mobilité et l'IRT SystemsX publieront une étude<sup>8</sup> portant pour partie sur l'infrastructure nécessaire au ravitaillement des poids lourds à hydrogène qui devra servir de base à un travail de planification du déploiement de l'infrastructure.

A noter que dans le cadre des Zones à Faibles Emissions (ZFE), les véhicules hydrogènes sont éligibles à la vignette Crit'Air 0 (verte).

### iii) Conditions économiques

Les poids lourds à hydrogène ont un prix d'acquisition cinq à six fois supérieur à leur équivalent thermique, et leurs TCO sont trois à cinq fois supérieurs à leur équivalent diesel. Selon les travaux de la feuille de route, ce TCO restera nettement plus élevé à moyen terme malgré la réduction du prix de vente des poids lourds à pile à combustible et de l'hydrogène distribué, qui seraient possibles en cas d'économies d'échelle importantes engendré par l'essor du marché et de l'infrastructure correspondante.

Le tableau ci-dessous présente l'écart de TCO entre un poids lourd Hydrogène et son équivalent diesel, selon une fourchette qui dépend de deux scénarios : le scénario AME, qui ne prévoit pas de marché ETS pour le transport routier de marchandises, et le scénario AMS, qui prévoit l'instauration d'un tel marché ETS avec un prix du carbone de 50€ en 2030.

**Tableau 11 : Différence relative du TCO des PL H2 VS diesel [AME ; AMS]**

	2025	2023	2040
<b>19-26 tonnes (CD)</b>	[266% ; 245%]	[198% ; 178%]	[158% ; 131%]
<b>44 tonnes (LD)</b>	[228% ; 200%]	[171% ; 145%]	[130% ; 99%]

Toutefois, la filière hydrogène indique qu'un amorçage plus rapide de la filière, en permettant de donner de la visibilité industrielle et de faire baisser les coûts par des économies d'échelles plus importantes que celles retenues dans les travaux de la feuille de route, permettrait d'obtenir des surcoûts plus faibles que ceux présentés ci-dessous. Des travaux complémentaires permettront de préciser les baisses de coûts à moyen terme des camions hydrogène.

<sup>8</sup> [https://s3.production.france-hydrogene.org/uploads/sites/4/2023/02/Etude-PFA-FH-SystemX Stations-H2\\_01.02.2023.pdf](https://s3.production.france-hydrogene.org/uploads/sites/4/2023/02/Etude-PFA-FH-SystemX_Stations-H2_01.02.2023.pdf)

Le passage à l'hydrogène nécessitera un investissement pour les véhicules, encore plus significatif que pour la mobilité électrique. Selon les calculs du GT, la trajectoire d'immatriculation des poids lourds à hydrogène prévue par la SNBC entraîne un surcoût d'investissement de 1,65 Mds€ entre 2026 et 2030 et de 10,6 Mds€ entre 2031 et 2040

Par ailleurs, selon les calculs du GT, la trajectoire de déploiement des poids lourds GNV / BioGNV de la SNBC implique un surcoût d'investissement pour l'avitaillement de 566M€ entre 2026 et 2030 et de 4,3 Mds€ entre 2031 et 2040.

#### *iv) Plan d'action pour le déploiement des poids lourds à hydrogène*

##### **Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

**Energéticiens :** Développer la chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène décarboné (production, transport, stockage, conditionnement, distribution) afin de mettre à disposition les quantités nécessaires à son usage par les acteurs du TRM à partir de 2030. Proposer la programmation du déploiement (minimal) des 188 stations envisagées du réseau d'avitaillement en France sur le réseau RTE-T.

**Constructeurs :** Produire une offre de poids lourds hydrogène cohérente avec la future SNBC 3, conforme aux exigences réglementaires, et complémentaire aux usages des véhicules électriques et GNV/BioGNV.

**Transporteurs :** Prendre en compte dans leur plan de renouvellement de leur parc l'offre des véhicules à hydrogène sur les segments complémentaires aux autres énergies alternatives afin d'atteindre l'ambition climatique fixée par la future SNBC 3.

**Chargeurs :** Soutenir pendant la période transitoire, les prestataires exploitant des véhicules à pile à combustible, en acceptant le différentiel de coût temporaire.

**Ensemble de la chaîne de valeur :** Travailler à la mise en place de consortiums permettant de planifier la commande sur une base pluriannuelle, en optimisant le déploiement de l'infrastructure de ravitaillement afférente.

##### **Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Mettre en place des aides financières pérennes assurant des coûts acceptables pour les transporteurs et leurs clients sur les segments où les offres existent (véhicules et avitaillement). En raison des faibles marges d'un secteur composé très largement de TPE et PME, il convient d'anticiper un besoin d'accompagnement massif pour l'ensemble des entreprises du secteur (petite, moyenne et grande flotte) : bonus écologique appels à projets, PGE vert ...

Travailler à la rationalisation et la spatialisation du déploiement des poids lourds à hydrogène, pour améliorer le TCO.

Prendre en compte les émissions du puit à la roue et/ou en analyse du cycle de vie (ACV) dans le cadre de la directive sur la taxation de l'énergie (DTE) pour respecter le principe de neutralité technologique ;

#### **d) Conditions de déploiement des carburants liquides bas carbone (CLBC) dans le transport de marchandises**

Les CLBC (B7, B100, HVO, e-fuel) peuvent être issus de trois types de matière première. D'abord, les biocarburants dits de première génération obtenus à partir de matières premières telles que betteraves sucrières, blé, maïs ou colza, qui entrent en compétition avec les usages alimentaires et dont la part dans les transports a été plafonnée par la réglementation européenne à 7% de l'énergie utilisée pour la mobilité. Ensuite, les biocarburants de 2<sup>nd</sup> génération, obtenus à partir de matières premières listées dans les Annexes IX-A et B de la directive RED II, qui ne peuvent pas entrer en concurrence avec des usages alimentaires (graisses animales, lignocellulose...). Enfin, les carburants de synthèse, obtenus à partir d'hydrogène renouvelable et principalement, à ce stade, de CO2 industriel.

Les carburants liquides bas carbone peuvent apporter un complément utile à la décarbonation du TRM en veillant cependant à respecter les équilibres sur l'affectation par usage de la biomasse pour produire les biocarburants de 2<sup>nd</sup> génération et en prenant en compte le caractère encore non mature et onéreux des carburants de synthèse.

Le scénario de la future SNBC 3 se fonde sur une hypothèse d'incorporation des gazoles en biocarburants de 12 % en 2030 et 50 % en 2040 (cf. tableau 12). Ces taux s'appliquent aux motorisations diesel prévues dans les hypothèses de nouvelles immatriculations.

**Tableau 12 : Taux d'incorporation des biocarburants dans les essences et gazoles**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Taux d'incorporation des biocarburants dans les gazoles et GNR (%)</b>	8,0%	9,5%	12,0%	25,0%	50,0%
<b>Nouvelles immatriculations diesel (%)</b>	97%	73%	50%	34%	2%

Source : Scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

##### *i) Disponibilité de l'offre constructeurs en poids lourds*

Les CLBC sont utilisés sur les véhicules actuellement sur le marché sans difficulté opérationnelle et technologique forte. Les carburants de synthèse (HVO, e-fuel) en particulier permettent de reproduire les mêmes molécules que celles composant le diesel fossile, et sont donc utilisable par une motorisation identique. D'autres (composant du B100 par exemple) requièrent une légère adaptation du véhicule. Cependant, pour répondre à certaines contraintes, les constructeurs proposent des véhicules à usage exclusif et irréversible pour le B100.

##### *ii) Disponibilité de l'énergie et avitaillement*

Les taux d'incorporation des biocarburants dans les gazoles prévus dans les hypothèses reposent sur le maintien de l'incorporation des carburants de première génération à 7% et d'une hausse progressive d'incorporation des biocarburants 2G et des carburants de synthèses. Dans une étude récente, l'UfipEM<sup>9</sup> indique qu'il sera nécessaire d'investir dans de nouvelles capacités de production pour satisfaire la demande, notamment du transport routier, les capacités actuelles ou annoncées étant insuffisantes pour respecter les objectifs de la future directive RED III sur les énergies renouvelables dans le transport.

Toutefois, il existe des incertitudes sur la disponibilité de la ressource en biomasse pour produire les biocarburants avancés. Ils pourraient alors être priorités dans les secteurs ne disposant d'aucune alternative dans les prochaines décennies, tels que les transports maritimes et aérien ou encore l'industrie lourde. Quant aux e-fuels, leur coût de production est encore très élevé. La quantité qui pourra être réellement disponible pour décarboner la mobilité routière lourde est donc à ce stade, incertaine et doit faire l'objet d'approfondissements en 2023.

A court terme, les CLBC se présentent comme une solution réelle pour répondre aux enjeux de décarbonation pour la mobilité lourde. Dans les prochaines années, ils constitueront un complément aux nouvelles motorisations pour décarboner le parc existant de poids lourds.

A noter que dans le cadre des Zones à Faible Emission (ZFE), seuls les véhicules B100 sont éligibles à la vignette Crit'Air 1. Cependant, les volumes de carburants disponibles seront limités (entre 25 000 et 75 000 poids lourds à termes suivant les priorisations d'usage de la biomasse concernée).

A noter également que les biocarburants (B100 et HVO) ne sont accessibles qu'aux flottes captives (flottes professionnelles exclusives disposant d'une logistique d'approvisionnement spécifique, et de leur propre capacité de stockage)

*iii) Plan d'action pour le déploiement des biocarburants dans le transport de marchandises*

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

**Energéticiens :** Développer les capacités de raffinage nécessaires à l'incorporation des biocarburants au rythme anticipé par la future SNBC 3.

**Constructeurs :** Assurer la disponibilité d'une offre de poids lourds adaptées aux contraintes de l'usage des CLBC.

**Transporteurs :** Prendre en compte dans leur plan de renouvellement de leur parc l'offre des véhicules CLBC sur les segments complémentaires aux autres énergies alternatives.

---

<sup>9</sup> IHS Markit, « France Downstream Sector- FF55 Package Impact », juillet 2021. Il est à noter toutefois que cette étude se fonde sur des projections de besoins en carburants liquides supérieures à celles de la SNBC 3 en cours d'élaboration, qui s'explique notamment par des hypothèses très inférieures concernant l'électrification du parc de poids lourds (7% en 2030 pour la SNBC contre 2% pour l'étude d'IHS Markit)

**Chargeurs :** Soutenir pendant la période transitoire, les prestataires exploitant des véhicules CLBC, en acceptant le différentiel de coût temporaire.

**Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Identifier une trajectoire d'utilisation des ressources en biomasse en adéquation avec les objectifs de production des CLBC au rythme anticipé par la SNBC 3 ;

Soutenir les investissements dans de nouvelles unités de production de CLBC par des mesures incitatives en direction de la demande ;

Prendre en compte les émissions du puit à la roue et/ou en analyse du cycle de vie (ACV) dans le cadre de la directive sur la taxation de l'énergie (DTE) pour respecter le principe de neutralité technologique ;

Permettre la distribution des CLBC utilisés dans des flottes captives dans des conditions réglementaires équivalentes à celles du diesel.

## **AXE 2 : VERDISSEMENT DU FRET**

---

Au-delà du verdissement des motorisations, le verdissement du fret constitue un axe complémentaire contribuant à la décarbonation du transport routier de marchandises.

Les évolutions techniques et technologiques ainsi que l'optimisation de la logistique sont des facteurs efficaces dans cet objectif.

### **1) Evolutions techniques et technologiques permettant d'améliorer l'efficacité énergétique des poids lourds**

L'efficacité énergétique des véhicules, c'est-à-dire la quantité d'énergie utilisée à type de motorisation équivalent, peut être accrue par plusieurs leviers : le renforcement de l'écoconduite, l'utilisation de véhicules plus aérodynamiques et à la motorisation plus économe en consommation ou encore le déploiement d'outils de connectivités qui permettent d'optimiser leur utilisation.

Les constructeurs prévoient ainsi une baisse de la consommation des véhicules neufs diesel et gaz d'environ 1% par an pour les porteurs 16 tonnes et d'environ 1,5% par an pour les tracteurs 44 tonnes d'ici 2030, soit une réduction entre 10% et 14% sur la période, un niveau inférieur aux hypothèses du run 1 de la SNBC (-22% entre 2019 et 2030).

#### **Levier 1 : Développer l'écoconduite**

L'écoconduite permet de conduire de manière plus respectueuse de l'environnement et de réaliser de réelles économies sur la consommation d'énergie du véhicule et de son entretien.

Certaines mesures sont communes aux différents véhicules : adopter une conduite raisonnée - éviter les accélérations et décélérations brutales et injustifiées, exploiter le régulateur de vitesse, utiliser les accessoires de manière justifiée – ou encore s'assurer du bon gonflage des pneus.

D'autres sont propres au véhicule électrique. Utiliser le frein régénératif permet de générer de l'énergie et recharger les batteries lors des freinages et décélérations et diminue l'usure des plaquettes de freins (responsables de rejet de particules fines dans l'atmosphère). L'écoconduite sur véhicule électrique permet de réaliser jusqu'à 30-40% de récupération d'énergie, tandis que l'optimisation du ralentisseur permet de gagner 6 à 7% d'énergie.

La PFA estime que le renforcement de l'écoconduite permettrait une économie de CO<sub>2</sub> d'environ 4% à l'échelle d'un véhicule électrique et IVECO estime ce gain à 5% pour un véhicule au GNV. Concernant le parc diesel, l'ADEME estime un gain de GES compris entre 3 et 10% pour les véhicules diesel, avec des gains pouvant aller jusqu'à 15% en mode intensif (vitesse élevée).

Pour inscrire dans le temps ces gains d'émission, il sera nécessaire de renforcer les actions de formation.

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

- Renforcement des actions d'écoconduite spécifiques aux différentes motorisations dans les programmes de formation dispensés aux conducteurs (*transporteurs*)

**Proposition d'évolution des politiques publiques formulée par les acteurs de la chaîne de valeur :**

- Intégration de l'écoconduite sur véhicules électriques et GNV aux programmes de formation obligatoire des conducteurs routiers (FIMO et FCO) (Etat)

**Levier 2 : Favoriser l'aérodynamisme, la performance des pneus et du poids des nouveaux véhicules**

L'aérodynamisme consiste à optimiser la forme du véhicule et de ses accessoires pour diminuer les frottements de l'air et donc la consommation énergétique. Les nouveaux véhicules peuvent ainsi disposer d'un nez plus allongé, d'un déflecteur à l'arrière de la remorque, d'ailerons, de remorques aux formes arrondies ou encore de caméras à la place des rétroviseurs. Le carénage des véhicules en service permet également d'optimiser l'aérodynamisme. Les constructeurs estiment que la mise en place de ces différentes mesures d'aérodynamisme sur un camion diesel neuf permet d'éviter 10% des émissions de CO<sub>2</sub>. Selon l'ADEME, pour les poids lourds, le gain associé à un équipement complet est négligeable en usage urbain, permet d'atteindre 3 % de gain de CO<sub>2</sub> en interurbain et environ 4,5 % en usage national.

Par ailleurs, les véhicules peuvent être équipés de pneus plus efficaces et être allégé afin de réduire les consommations, avec des gains d'émission de CO<sub>2</sub> de 6% selon les constructeurs. Selon l'ADEME, ce gain est compris entre 1 et 4% en fonction du gabarit et de l'usage considéré.

Au total, le cumul de l'aérodynamisme et de la baisse des frottements des pneus permettront selon les constructeurs des gains en émission sur le parc autour de 6% en 2040.

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

- Proposer et acquérir des véhicules plus aérodynamiques (*constructeurs, transporteurs*)
- Disposer d'outils de mesure fiables et précis (à contrario de l'outil européen VECTO, trop imprécis)

**Levier 3 : Développer la connectivité des véhicules**

Le développement de la connectivité des véhicules facilite l'intégration du véhicule dans son environnement et donc l'optimisation de son utilisation et la baisse des émissions. Ce pilotage, en connexion avec l'infrastructure, permettrait en temps réel d'informer sur tout élément perturbateur sur l'itinéraire (bouchons, pannes...). Il permettrait également d'anticiper les opérations de maintenance pour améliorer l'entretien du véhicule (ex : Sur un diesel, le strict suivi et remplacement du FAP permet une réduction de consommation de l'ordre de 6-7 %) mais aussi d'effectuer du *platooning* (camions circulant en peloton reliés par Wi-Fi afin de limiter les frottements d'air) ou encore d'optimiser les tournées de transport via l'intelligence artificielle.

Ces options présentent un coût, marginal comparé à celui du véhicule mais nécessitent de la part des transporteurs d'intégrer dans leurs organisations de nouvelles ressources autour de l'exploitation et de l'analyse de la donnée.

Le développement de la connectivité entrainera également des évolutions en termes d'emploi et de compétences. Le métier de technicien en atelier devra évoluer pour intégrer cette optimisation de la maintenance des véhicules et de nouveaux métiers de *data scientist* seront nécessaires pour analyser et exploiter les données des véhicules. Cette montée en compétence nécessitera la mise en œuvre de programme de formation et d'accompagnement au changement auprès du personnel en place.

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

- Déploiement de solutions de maintenance préventive sur les véhicules pour optimiser leur utilisation (*Transporteurs*)
- Test de solutions de *platooning* (*Transporteurs*)

**Proposition d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

- Favoriser la mise en œuvre de test sur voie publique de convois fonctionnant en « *platooning* » (*Etat*)

## **2) Optimisation des flux et de la logistique**

La réduction des émissions du transport routier de marchandises nécessitera également d'optimiser les flux de la logistique. Les leviers principaux proposés par la filière concernent la massification via l'éco-combi, l'optimisation des chargements, le rapprochement des entrepôts logistiques et des flux de transport et le développement du transport combiné avec le ferroviaire et le fluvial sur courte distance.

### **Levier 1 : Massifier via l' « Eco-combi »**

L'éco-combi constitue un ensemble articulé composé d'un tracteur auquel sont attelés deux véhicules sans moteur. Il existe plusieurs combinaisons différentes :

Exemple :

- Un tracteur + une semi-remorque + une remorque, soit un ensemble de 25,25 mètres
- Un tracteur + une semi-remorque + une semi-remorque, soit un ensemble de 32 mètres

Sur le plan environnemental, l'éco-combi permet d'augmenter la capacité de chargement par véhicule par rapport à un tracteur simple de 50% à 100% et donc de réduire les émissions par

la baisse du nombre de kilomètres parcourus. Les transporteurs estiment que les gains en CO2 par trajet peuvent varier entre 15% et 27% par tonne/km en fonction des motorisations. Sur la base d'un potentiel de généralisation de l'éco-combi à 15% du transport routier de marchandises, les réductions en émission de CO2 pour le secteur s'élèveraient à entre 2% et 6% en fonction de la combinaison choisie et de la motorisation.

Ce mode de transport présente également des externalités positives, comme la diminution de l'usage des routes ou la réduction de la congestion du réseau. Suivant l'équipement du parc de l'entreprise, le principe de l'éco-combi ne nécessite pas d'investissement supplémentaire pour les transporteurs, au-delà de la formation des conducteurs.

Le recours à l'éco-combi nécessite d'abord de mener une expérimentation sur quelques trajets pour évaluer ses impacts sur le plan environnemental, sécuritaire et l'infrastructure routière. A l'issue, il pourrait être déployé progressivement sur des corridors précis après autorisation pour s'assurer de la compatibilité des infrastructures (ronds-points, carrefour notamment) et de la non-concurrence avec les lignes de fret ferroviaire.

**Proposition d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

- Autoriser une expérimentation de l'éco-combi sur des trajets définis avec des ensembles articulés déterminés

**Levier 2 : Optimisation du chargement des véhicules**

L'optimisation du chargement des véhicules, qu'il s'agisse d'augmenter le taux de chargement ou de diminuer les trajets parcourus à vide, permet de transporter plus de marchandises avec un même véhicule. Un chargement accru diminue la consommation de carburant par tonne transportée et donc les émissions de CO<sub>2</sub> globale du parc de poids lourds via la baisse du nombre de trajets. Selon les transporteurs, une augmentation de 1 % du taux de chargement permet un gain de carburant de 0,7%.

Plusieurs mesures permettent d'optimiser le chargement des véhicules mais ne sont pas généralisées en raison de certains freins.

L'optimisation du ratio volume/poids du chargement permet un gain de consommation entre 3% et 7%, pour un retour sur investissement de moins d'un an. Elle nécessite cependant d'avoir à disposition des produits de densités différentes ayant pour origine et destination des lieux proches et peut se heurter aux délais exigés par le donneur d'ordre.

La mutualisation du transport entre plusieurs donneurs d'ordre peut permettre un gain de consommation par trajet d'environ 7% à 10%, mais nécessite d'avoir accès à un marché approprié (nombreuses demandes d'acheminements entre les mêmes villes ou les mêmes quartiers, nombreux clients en lots partiels, marchandises compatibles) et que les besoins des différents clients soient compatibles en termes d'horaires de livraison.

L'utilisation d'un double plancher permet un gain de consommation entre 14% et 21%. Le retour sur investissement dépend de la technique utilisée (un an pour un système modulable et plus de trois ans pour un système hydraulique). Cette technique est néanmoins peu adaptée pour les produits denses et nécessite également des adaptations au niveau des opérations de chargement-déchargement.

L'acceptation des contre-flux par les donneurs d'ordre permettrait de réduire le taux de retour à vide de 20% à 15% et donc de diminuer le nombre de kilomètres parcourus par les poids lourds. Elle nécessite une collaboration étendue des donneurs d'ordre pour que sur un



parcours très précis ou sur plusieurs points de chargement-déchargement d'un parcours adaptable, les kilomètres à vides soient drastiquement réduits, en particulier sur les activités dites « dédiées ».

L'optimisation des taux de remplissage par une organisation plus adaptée chargeurs/transporteurs pour diminuer la logistique en « flux tendu ».

L'utilisation d'un logiciel d'amélioration du coefficient de chargement peut permettre un gain en consommation entre 7 et 14%

Enfin, l'utilisation de caisses mobiles routières ou d'une remorque supplémentaire permet des gains de consommation qui varient fortement en fonction des organisations logistiques.

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

- Adaptation par les chargeurs de leur modalité de gestion des stocks afin de faciliter l'optimisation des chargements par les transporteurs (*chargeurs*)
- Définition d'un véritable référentiel au niveau du taux de remplissage qui tienne compte de la saturation objective du moyen de transport (rapport poids/volume, interdiction de chargement en commun...), ce qui permettrait d'obtenir un rapport d'émission autrement que calculé en « tonne. Kilomètres » et donc plus fiable.

**Proposition d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

- Révisions juridiques du contrat de transport afin de faciliter le transfert de responsabilité ou encore les assurances
- Révision de la LOTI de 1982
- Revenir à la règle de 13 tonnes sur le pont pour conserver la charge utile, notamment pour les véhicules BEV et FCEV.

**Levier 3 : Favoriser des implantations logistiques au carrefour des flux de transport**

Planifier l'implantation des plateformes logistiques au plus proche des flux de transport permet de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> à plusieurs titres. D'abord, la proximité des plateformes logistiques avec les modes alternatifs à la route favorise le report vers le transport fluvial ou ferroviaire. Ensuite, elle permet d'augmenter les taux de chargement en regroupant les bâtiments de logistique et de diminuer le nombre de kilomètres parcourus. Enfin, rapprocher les entrepôts de desserte urbaine des centres-villes permet d'augmenter les kilomètres parcourus en mode massifié et de diminuer les kilomètres parcourus en mode plus éclaté, ce qui augmente les possibilités de recours aux modes de livraison décarbonés de faible autonomie (véhicules électriques ou vélo-cargo).

Le rapprochement des implantations logistiques et des principaux flux de transport se heurte néanmoins au taux de vacance particulièrement bas des entrepôts (autour de 2%) et à la difficulté à construire de nouveaux bâtiments en zones denses, qui conduisent les logisticiens à s'installer de plus en plus loin de leur barycentre de flux.

Lever ces freins nécessite un travail de planification entre l'Etat, les régions et la filière pour identifier et mobiliser les nouveaux fonciers pour la logistique qui permettent d'optimiser les flux interrégionaux, en conciliant cette démarche avec la mise en œuvre du ZAN (zéro artificialisation nette). Ce travail de planification, qui peut prendre la forme d'un schéma directeur du foncier logistique national et pourra être alimenté par les travaux régionaux en

cours sur l'intégration des besoins fonciers pour la logistique dans les SRADDET (schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires), doit se fonder sur les besoins du transport de marchandises – présence d'infrastructures multimodales, proximité des zones de production et de consommation, besoins en nouvelles plateformes de transport combiné.

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

- Evaluation des besoins en foncier logistique par région (*transporteurs, chargeurs*)
- Rédaction, par les acteurs du ferroviaire, d'un schéma national de plateformes de transport combiné, et par les acteurs du portuaire, de schémas directeurs des ports fluviaux (*filière ferroviaire, portuaire et fluviale*)

**Proposition d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

- Elaboration d'un schéma directeur du foncier logistique national, en lien avec les schémas régionaux en cours d'élaboration dans le cadre des conférences régionales logistiques (*Etat, régions*)

**Levier 4 : Favoriser les transports combinés de courte distance entre le ferroviaire/fluvial et les poids lourds**

Le transport combiné désigne un mode de transport de marchandises multimodal qui allie le mode routier avec le ferroviaire (Transport Combiné Rail-Route -TCRR) ou le mode routier avec le mode fluvial. Il permet ainsi de tirer profit du faible contenu carbone du transport fluvial et ferroviaire pour diminuer les émissions de GES du transport de marchandises.

Principalement utilisé pour le transport de marchandise sur longues distances, le transport combiné pourrait être davantage développé sur des distances réduites dans l'optique de davantage desservir les centres urbains. Les principaux bassins concernés sont ceux du Nord – Réseau Freycinet (avec le canal de la Marne au Rhin), du Rhône-Saône et de la Seine.

A titre d'exemple, selon le calculateur EVE (VNF), sur une distance de 50km sur le réseau Bassin de la Seine avec un post acheminement de 10 km, les émissions de CO2 pourraient être divisées par 3,1 et la consommation d'énergie par 2,4. Plus globalement, selon différents retours de transporteurs du combiné, une première estimation pourrait être valorisée sur 30 000 à 40 000 UTI.

Toutefois, le modèle économique du transport intermodal de courte distance peine à émerger en raison des surcoûts associés (coûts de manutention). Certaines lignes conteneurs fluviales inférieures à 80 km existent déjà mais leur pérennité est menacée. L'aide accordée par l'Etat, attribuée sur une base forfaitaire aux unités de transport intermodal (« aide à la pince »), est réservée actuellement aux seuls transports combinés supérieurs à 80 km.

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

- Préciser les marchés potentiels du transport combiné (*transporteurs*)
- Densifier les actions commerciales en faveur de ce type de transport (*transporteurs, chargeurs*)

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

- Intégrer les trafics combinés inférieurs à 80 km dans les aides par unité de transport intermodal (*Etat*)

### 4.3. Décarbonation du transport routier de voyageurs

La décarbonation du transport routier de voyageurs (TRV) nécessitera d'agir sur plusieurs axes et en particulier le report modal du véhicule individuel vers les transports collectifs, l'évolution des motorisations, l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules, le développement significatif de l'offre de transports collectifs et l'accès des transports collectifs aux centres villes en particulier dans les zones à faibles émissions (ZFE).

Les acteurs du transport routier de voyageurs ont principalement travaillé sur les actions et les propositions d'évolution des politiques publiques permettant d'accélérer le verdissement des flottes et d'accroître l'efficacité énergétique des véhicules. La présente feuille de route propose également des mesures permettant de favoriser le report modal vers les transports collectifs afin d'accroître la contribution du TRV à la réduction des émissions des transports dans leur ensemble. Il est également évoqué la nécessaire coordination entre l'évolution des motorisations et leur performance énergétique avec le rythme de mise en place des ZFE.

Pour rappel, selon la base Secten du CITEPA, le transport routier de voyageurs par autobus et autocars ne représente que 2,7% des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur des transports en 2021 et 0,8% des émissions de GES tous secteurs d'activités confondus.

## 1. Verdissement des flottes publiques et privées

---

### 1) Le passage aux motorisations alternatives ou aux biocarburants constitue le principal levier de décarbonation du transport de voyageurs

Le renouvellement de la flotte actuelle de bus et de cars par des véhicules à motorisation alternative au diesel (véhicules neufs ou paretrofit) ou bien utilisant des énergies autres que le gazole constitue le principal levier de réduction des émissions du TRV.

Les acteurs de la chaîne de valeur ont fondé leurs travaux sur les premières hypothèses de nouvelles immatriculations de la future SNBC 3 (Stratégie nationale bas carbone). Du fait de leurs usages différents, les bus et les cars font l'objet de projections séparées.

Les immatriculations de bus neufs se sont réparties pour un tiers de véhicules au GNV et bioGNV en 2020, contre 57 % de bus diesel (cf. tableau 1). Le scénario actuel, entre 2025 et 2040, implique une réduction rapide des immatriculations diesel qui pourraient être composées pour partie de véhicules fonctionnant avec une proportion plus importante de biocarburants, un maintien des immatriculations de véhicules GNV à court terme, ainsi qu'une montée en puissance des bus électriques (à batterie), qui devraient composer l'essentiel des immatriculations à horizon 2040.

**Tableau 1 : Hypothèses de travail de parts de marché des énergies au sein des immatriculations de bus neufs (SNBC)**

2020	2025	2030	2035	2040
------	------	------	------	------

<b>Diesel (fonctionnant au gazole et aux biocarburants)</b>	57%	22%	4%	2%	0%
<b>GNV</b>	34%	34%	35%	19%	4%
<b>Électrique</b>	9%	44%	59%	76%	92%
<b>Hydrogène</b>	0%	0%	2%	3%	4%

Sources : Scénario AMS, SNBC 3 (run 1).

En 2020, les véhicules diesel ont représenté 92 % des **nouvelles immatriculations de cars**. Les premières hypothèses de la SNBC 3 prévoient également une diminution rapide des immatriculations diesel sur ce segment, remplacées d’abord par un déploiement du GNV/bioGNV (35 % des immatriculations en 2030), puis des motorisations électriques, qui composeraient plus de la moitié des immatriculations en 2040 (cf. tableau 2). Comme pour les bus, l’hydrogène débiterait quant à lui son déploiement à partir de 2030 sur certains usages longue distance.

**Tableau 2 : Hypothèses de travail de parts de marché des énergies au sein des immatriculations de cars neufs (SNBC)**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Diesel</b>	92%	83%	45%	21%	1%
<b>GNV</b>	8%	8%	35%	38%	40%
<b>Électrique</b>	0%	9%	18%	37%	53%
<b>Hydrogène</b>	0%	0%	2%	4%	6%

Sources : Scénario AMS, SNBC 3 (run 1).

La FNTV et l’UTP proposent des ajustements à ces hypothèses de travail.

Concernant les bus, compte-tenu de la réglementation en vigueur qui a dicté les choix d’investissement des collectivités, la filière souhaite que la part des immatriculations GNV et bioGNV soit plus importante que celle prévue par la SNBC et conserve une part non négligeable dans le mix énergétique à terme. Cette nouvelle trajectoire prendra ainsi en compte l’essor qu’a connu ces dernières années la filière gaz, les investissements importants déjà consentis par les acteurs publics dans les infrastructures qui lui sont dédiées et l’apport de la filière bioGNV sur l’emploi local.

Concernant les cars, la FNTV estime que la part de 9% de cars électriques dans les nouvelles immatriculations en 2025 est trop élevée compte tenu du rythme actuel d’immatriculation de nouveaux cars électriques et de la faiblesse de l’offre constructeur (cf. infra). Elle propose plutôt une part de 5%, en contrepartie d’une hausse de la part du GNV à 15%. Enfin, la filière recommande de prendre en compte le passage des véhicules aux énergies alternatives par la voie du rétrofit, ce qui pourrait représenter, une fois les homologations obtenues, près de 150 immatriculations par an en 2025, et jusqu’à 500 par an en 2030 pour chaque énergie (voire jusqu’à 1000 véhicules par an pour l’hydrogène) selon les acteurs de la filière du rétrofit.

Par ailleurs, les membres du groupe de travail s'accordent sur l'absence de viabilité économique des projections à 5% de véhicules diesel tant pour les bus que pour les cars compte tenu des parts de marché nécessaires pour que les industriels continuent à produire. Ils considèrent qu'il n'existe pas de solutions complètement viables pour les longues distances actuellement et rappellent que les véhicules diesel peuvent fonctionner grâce aux biocarburants dès à présent.

Ces hypothèses de travail seront ajustées dans le cadre de l'actualisation du scénario de référence de la future SNBC, ce qui permettra aux acteurs de la chaîne de valeur d'actualiser et de préciser la présente feuille de route.

Quel que soit le mix énergétique choisi, les disparités d'autonomie entre les différentes motorisations engendreront des changements importants dans les modèles économiques et des règles d'exploitation ainsi que des difficultés pour la transition des véhicules destinés à la longue distance (cars de tourisme et services librement organisés).

## 2) Conditions de déploiement des différentes motorisations alternatives

### a) Conditions de déploiement des bus et des cars électriques à batterie

Du fait de ses performances en matière de pollution atmosphérique et sonore et de l'autonomie limitée qu'elle autorise, l'énergie électrique paraît particulièrement adaptée à l'usage urbain, essentiellement dans des agglomérations de grande taille (plus de 100 000 habitants). Les premières projections de la SNBC 3 prévoient un déploiement rapide des bus à batterie, représentant déjà plus de la moitié des immatriculations en 2030 (59%), et jusqu'à 92 % en 2040 ce qui semble particulièrement optimiste à la filière (cf. tableau 3).

**Tableau 3 : Synthèse des projections – Bus électriques**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations e-bus (%)</b>	9%	44%	59%	76%	92%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations e-bus</b>	165	792	1 062	1 368	1 656
<b>Part e-bus dans le parc total (%)</b>	3%	13%	30%	51%	69%
<b>Nombre de véhicules e-bus dans le parc total</b>	885	3 585	8 211	13 644	18 612
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0,051	0,197	0,437	0,699	0,902

Source : Calculs du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

Sur le segment des cars, l'énergie électrique se déploierait à un rythme moins soutenu avec 18 % des nouvelles immatriculations en 2030 du fait notamment de la diversité des activités (transport scolaire, lignes régulières, tourisme, SLO), des usages différents et de la durée des marchés scolaires qui ne permet pas d'amortir le surcoût d'investissement d'un car électrique, mais représenterait plus de la moitié des nouvelles immatriculations en 2040 (53 %, cf. tableau 4).

**Tableau 4 : Synthèse des projections – Cars électriques**

	2020	2025	2030	2035	2040
--	------	------	------	------	------

<b>Part des nouvelles immatriculations (%)</b>	0%	9%	18%	37%	53%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations</b>	5	396	792	1 628	2 332
<b>Part dans le parc (%)</b>	0%	2%	7%	15%	27%
<b>Nombre de véhicules dans le parc</b>	75	1 175	4 375	10 208	18 128
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0,003	0,048	0,174	0,392	0,659

Source : Calculs du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

### Disponibilité de l'offre constructeurs en bus et cars électriques à batterie

Les constructeurs affichent des projections agrégées d'offre de véhicules électriques conformes aux prévisions de la SNBC pour les bus. En revanche, les mises sur le marché de cars électriques par les principaux constructeurs ne dépasseraient pas 7% en 2025 contre 9% pour la SNBC, le développement de l'électromobilité étant freiné notamment par le retard de l'offre industrielle européenne. A horizon 2030, les constructeurs indiquent en revanche atteindre environ 20% d'offre de cars électriques dans leurs ventes, satisfaisant les hypothèses de la SNBC.

La FNTV et l'UTP attirent l'attention sur les disparités d'autonomies entre les différentes technologies qui engendreront de grands changements dans les modèles économiques et d'exploitation. Enfin, la réglementation ICPE et les prescriptions imposées sur les ateliers de charge des parcs d'autobus et d'autocars par la nomenclature ICPE 2925, notamment l'arrêté du 3 août 2018, freinent considérablement les décideurs et acteurs économiques sur le déploiement de cette énergie

En dehors de l'offre de véhicules neufs, la réglementation actuelle contraint les opérations de rétrofit : les dimensions initiales du véhicule doivent rester identiques avant et après un rétrofit, ce qui complique le placement de la batterie sur les bus et les cars. De même, le poids du véhicule rétrofité ne doit pas dépasser de plus de 20% du poids du véhicule d'origine, ce qui contraint particulièrement les opérations de rétrofit électrique. Par ailleurs, les règles et délais des homologations doivent être précisées afin de ne pas entraver le développement du rétrofit.

### Disponibilité de l'électricité et des capacités d'avitaillement

Les projections de besoins électriques du groupe de travail pour les bus (0,902 TWh) et les cars (0,659 TWh) représentent 0,2 % de la production électrique prévue dans le scénario de référence de RTE en 2040. Le réseau électrique devrait donc répondre aux besoins de l'électromobilité dans le TRV.

Concernant les points de recharge, l'AVERE-France est en mesure de fournir les prévisions de disponibilité des points de recharge pour le TRV sur la période 2022-2025, répartis entre les différents modes de recharge (cf. tableau 6), ainsi que les projections du coût d'investissement correspondant<sup>10</sup> (cf. tableau 7).

Le système de charge des flottes des autobus, en milieu urbain, devrait être essentiellement privatif, sur les dépôts, en charge lente et en période nocturne principalement. En revanche, les autocars utilisés pour des liaisons interurbaines, scolaires interviennent avant tout sur le réseau routier secondaire et en zones rurales. Dans ce cadre, certains cars ne pourront donc pas toujours s'avitailer sur le réseau de bornes installées sur les axes du réseau transeuropéen de transport (RTE-T) empruntés par les poids lourds voire les partager. Ainsi, la couverture de l'ensemble du territoire par les bornes de recharge est ici primordiale, y compris dans les zones rurales.

**Tableau 6 – Prévision de disponibilité des points de recharge pour le TRV sur la période 2022-2025**

	Au dépôt la nuit	Bout de ligne	Biberonnage	En itinérance	À destination
<b>Minibus, Midibus, Bus (&gt; ou égal à 12m)</b>	(<150 kW) 2152 bornes de recharge	(150 – 450 kW) 119 bornes de recharge	(100-800 kW) 8 à 10 lignes		
<b>Autocars interurbains, autocars de ligne &lt;400 km</b>	(<150kW) 763 bornes de recharge			(350 – 600 kW) <30 bornes de recharge	(150-450 kW) <30 bornes de recharge

*Source* : AVERE-France, *Étude d'opportunité sur les infrastructures de recharge des transports routiers en France*, (2022). Scénario d'électrification médian.

**Tableau 7 – Projection du coût d'investissement par point d'avitaillement**

	Charge lente	Charge rapide
<b>Coût d'investissement*</b>	5100k euros	(300-350kW) 100k euros (450-600kW) 200k euros

*Source* : AVERE-France, *Étude d'opportunité sur les infrastructures de recharge des transports routiers en France*, (2022). Scénario d'électrification médian.

\* Le prix affiché comprend le coût du matériel, du raccordement et du tableau général basse tension (TGBT), mais ne prend pas en compte les travaux de génie civil.

<sup>10</sup> À noter que le coût indiqué est susceptible de varier en fonction de la taille de la station, du type d'implantation et de l'état du terrain au moment de l'installation. En revanche, le coût diffère peu entre les bornes de recharge publiques et privées. Enfin, ces coûts ne prennent pas en compte les travaux de génie civil entre le réseau Haute Tension ou postes de distribution et les dépôts, les dépôts ne se situant pas forcément à proximité de ces postes de distribution électrique.

Enfin, l'arrêté du 3 août 2018 impose des normes de sécurité renforcées dans les ateliers de charge affectés au transport en commun. Ces normes impliquent de disposer d'installations de recharge d'une taille suffisante, surveillées 24h sur 24h pour les installations supérieures à 600 kW ou pendant toute la durée de charge avec un système important de lutte contre le risque d'incendie et de recueil des eaux (coûts sociaux supplémentaires). Or, cette contrainte se heurte à la disponibilité du foncier limitée en milieu périurbain d'une part, et à son prix prohibitif en milieu urbain d'autre part.

### Conditions économiques :

Les bus et cars à motorisation électrique présentent un surcoût à l'achat sensiblement plus élevé que leur homologue diesel (environ deux fois plus en 2022), avec néanmoins des perspectives de baisse du prix avec les effets d'échelle et de progrès des batteries.

Le surcoût de possession, ou TCO (*total cost of ownership*), est quant à lui également plus élevé à court terme, avec des perspectives de rapprochement avec le TCO thermique qui diffèrent en fonction du type de bus et de cars. Le tableau ci-dessous présente l'écart de TCO entre des bus et cars électriques et leurs équivalents diesel, selon une fourchette qui dépend de deux scénarios : le scénario AME (avec mesures existantes) de la SNBC, qui ne prévoit pas de marché ETS pour le transport routier, et le scénario AMS (avec mesures supplémentaires) de la SNBC, qui prévoit l'instauration d'un tel marché ETS avec un prix du carbone de 50€ en 2030.

**Tableau 8: Différentiel de TCO bus et cars électriques vs diesel [AME; AMS]**

	2025	2030	2040
<b>Bus</b>	[12% ; 8%]	[3%;-4%]	[-6%;-13%]
<b>Car scolaire</b>	[33%; 28%]	[19%;14%]	[9%;3%]
<b>Car interurbain</b>	[14%;8%]	[4%;-3%]	[-4%;-13%]
<b>Car tourisme national</b>	[10%;4%]	[1%;-6%]	[-7%;-16%]

Le surcroît d'investissement requis par le renouvellement de flottes par des bus électriques (hors infrastructures de distribution d'énergie) au rythme de la SNBC s'élève à 500M€ entre 2023 et 2025 et à 800M€ entre 2026 et 2030 pour les bus et à 200M€ entre 2023 et 2025 et à 2,5Mds€ entre 2026 et 2030 pour les cars. Le surcoût en approche TCO (après déduction des économies liées à un prix de l'électricité plus faible que le prix du diesel et un coût d'entretien moindre) s'élève à 150M€ entre 2023 et 2025 et à 50M€ entre 2026 et 2030 pour les bus ; il s'élève à 70M€ pour la période 2023-2025 et à 400M€ pour la période 2026-2030 pour les cars.

Les transporteurs sont dépendants des décisions des autorités organisatrices de la mobilité (AOM) d'imposer ou non des véhicules alternatifs dans les marchés selon la durée des contrats. Les marchés publics actuels de transport scolaire ne sont pas adaptés pour supporter le surcoût d'investissement de la solution électrique.



La filière souligne le surcoût des motorisations électriques et l'absence de visibilité sur les soutiens publics qui accompagneront leur essor. Pour le déploiement d'une flotte électrique, une approche systémique est indispensable et ne peut se limiter à l'achat du matériel roulant voire des bornes. Il est nécessaire de prendre en compte le système d'avitaillement hors site d'exploitation selon l'état du réseau électrique, la mise aux normes des dépôts selon les différentes prescriptions réglementaires, la mise en place d'un système de supervision, la formation et les habilitations du personnel sur ces nouvelles technologies, la formation des conducteurs et mécaniciens etc. et qui ne peut se réduire uniquement au TCO.

Enfin, l'approche des assurances pour ces nouveaux véhicules représente également un frein à leur déploiement. Peu de sociétés d'assurance s'engagent déjà actuellement dans le TRV suite à la loi Badinter et encore moins avec l'arrivée des véhicules électriques et leurs installations, ou avec des montants de police d'assurance très importants. De même, de nombreux établissements bancaires refusent ou hésitent à financer l'investissement des entreprises dans les véhicules électriques compte tenu des incertitudes dans la détermination des valeurs résiduelles et en l'absence de visibilité sur le marché de seconde main.

### **b) Conditions de déploiement des bus et cars au GNV / bioGNV**

Le GNV, et plus particulièrement le bioGNV, est une solution mature dans le secteur du transport de voyageurs. Déployé depuis plus de 20 ans sur le territoire national, le GNV/BioGNV a connu une dynamique de croissance importante sur les segments des autocars et des autobus au cours des cinq dernières années. L'utilisation du biogaz lorsqu'il est local, en circuit plus ou moins court, participe également à une politique de valorisation du territoire, et de ses différents acteurs. De nombreuses AOM cherchent à valoriser et à donner du sens à la collecte de ces déchets et à leur transformation en énergie utilisable sur leurs différents services de proximité.

En 2020, les véhicules GNV représentaient 34 % des nouvelles immatriculations sur le segment des bus. Les projections de la SNBC anticipent un maintien de cette part de marché à moyen terme, puis une réduction des immatriculations au gaz en 2035 (19 %) et 2040 (4 %, cf. tableau 10). Au regard des obligations de renouvellement des flottes d'autobus introduites par l'ordonnance de transposition de la directive « Véhicules propres » du 17 novembre 2021, et de la part réelle des nouvelles immatriculations d'autobus circulant au GNV/BioGNV ces dernières années, le groupe de travail estime que les premières projections fournies par la SNBC concernant les immatriculations de bus au GNV/bioGNV sont sous-évaluées.

Les membres du groupe de travail ont insisté sur la nécessité de soutenir la filière gaz à court terme qui constitue la seule alternative existante pour les cars.

Au regard du classement des véhicules GNV en vignettes Crit'Air 1 pour l'accès ZFE, il conviendrait d'être plus optimiste sur le développement de cette filière en attendant la maturité des véhicules électriques à batterie ou à pile à combustible.

**Tableau 10 : Synthèse des projections – Bus GNV**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations au GNV/BioGNV (%)</b>	34%	34%	35%	19%	4%

<b>Nombre de nouvelles immatriculations</b>	617	612	630	342	72
<b>Part du GNV/BioGNV dans le parc total (%)</b>	13%	25%	34%	31%	23%
<b>Nombre de véhicules GNV/BioGNV dans le parc total</b>	3 617	6 677	9 191	8 496	6 336
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0,556	0,921	1,174	0,997	0,671

Source : Calcul du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

Même si l'utilisation du GNV/BioGNV est moins développée aujourd'hui sur le segment des cars, les performances des véhicules au GNV sont plus adaptées aux usages des services de courtes et moyennes distances. Une offre existe déjà sur les cars de lignes régulières interurbaines, avec un segment interurbain composé à 20 % d'immatriculations de véhicules GNV en 2022, ainsi que sur les cars scolaires. Les motorisations GNV devraient donc constituer une part importante des immatriculations à long terme, avec 35 % des nouvelles immatriculations en 2030, et 40 % en 2040 (cf. tableau 11).

**Tableau 11 : Synthèse des projections – Cars GNV**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations (%)</b>	8%	8%	35%	38%	40%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations</b>	349	352	1 540	1 672	1 760
<b>Part dans le parc (%)</b>	1%	4%	12%	22%	30%
<b>Nombre de véhicules dans le parc</b>	579	2 339	7 611	14 256	19 492
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0,067	0,242	0,729	1,255	1,547

Source : Calcul du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

### Disponibilité de l'offre constructeurs en bus et cars GNV et bioGNV

La réglementation privilégie les autobus électriques dans les agglomérations de zone A. Plusieurs constructeurs ont orienté leur stratégie vers les motorisations à batterie et à pile à combustible, au détriment du GNV/bioGNV en raison des hausses récentes du prix du gaz et des incertitudes quant à son approvisionnement. Les fédérations de constructeurs prévoient que le GNV et bioGNV représenteront 34 % des immatriculations de bus en 2025, et 31 % en 2030, un niveau globalement en ligne avec les hypothèses de travail de la SNBC 3. En revanche, pour les cars, les prévisions des constructeurs sont sensiblement inférieures à celles de la SNBC en 2030, avec seulement 21% de cars GNV immatriculés.

Ici aussi, l'obligation de maintien des dimensions du véhicule contraint les opérations de rétrofit au GNV, tout comme la nécessité d'obtenir l'accord du constructeur d'origine.

### Disponibilité de l'énergie et avitaillement

L'alimentation de 9000 cars et bus roulant au GNV en 2025 et de 17 000 véhicules en 2030 représente une consommation totale de respectivement 1,2 TWh et 1,9 TWh d'énergie, soit 3% de la production du biométhane en 2030 selon les « Perspectives gaz 2030-2050 » des gestionnaires réseaux gaziers français. Ces derniers ambitionnent de couvrir 100% de la mobilité lourde par du bioGNV dès 2033.

Actuellement, le schéma d'approvisionnement du TRV lourd repose pour l'essentiel sur les stations privées (cf. tableau 13). Au cours des prochaines années, un rythme annuel de 40 stations privées est attendu pour être en phase avec le déploiement des autobus et autocars au GNV et bioGNV. En complément, les taux moyens de progression annuels sont de 30 % pour les stations publiques.

**Tableau 13 - État des lieux des stations GNV en France pour les Véhicules TRV à octobre 2022 et projections jusqu'en 2040**

	GNC			TOTAL 2022	TOTAL 2025	TOTAL 2030	TOTAL 2035	TOTAL 2040
	Station Privée		Station Publique					
	Lent	Rapide	Rapide					
Auvergne-Rhône-Alpes	19	3		22	43	78	113	148
Bourgogne-Franche-Comté	1		1	2	4	7	10	13
Bretagne	2	1	2	5	10	18	26	34
Centre-Val de Loire	2	1		3	6	11	16	21
Franche Comté		1		1	2	4	6	8
Grand Est	8	2	1	11	21	38	55	72
Haut de France	8	1		9	18	32	46	60
Ile-de-France	24	3	1	28	55	99	143	187
Normandie	1			1	2	4	6	8
Nouvelle Aquitaine	7	3	1	11	21	38	55	72
Occitanie	11		1	12	23	42	61	80
Pays de la Loire	6		1	7	14	25	36	47
Provence-Alpes-Côte d'Azur	10	2	2	14	27	49	71	93
<b>Total</b>	<b>99</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>126</b>	<b>246</b>	<b>445</b>	<b>644</b>	<b>843</b>

Source : AFGNV (Association française du Gaz naturel véhicule)

Selon l'AFGNV, le coût global de l'installation d'un point d'avitaillement de gaz privatif pour le TRV est de 200 K€ pour 8 bus à 3 M€ pour 150 bus.

Comme pour les motorisations électriques, la disponibilité du foncier dans les milieux urbains et périurbains est ici aussi un frein à l'installation de points de remplissage en nombre suffisant.

Les conditions d'exploitation en transport interurbain imposent un maillage complet du territoire, y compris des zones peu denses, en stations d'avitaillement.

### Conditions économiques

En 2022, les véhicules au GNV (respectivement bioGNV) sont environ 15% à 20% plus chers à l'achat que leurs homologues thermiques.

Le surcoût de possession, ou TCO, est quant à lui également plus élevé à court terme, avec des perspectives de rapprochement avec le TCO thermique qui diffèrent en fonction du type de bus et de cars. Le tableau ci-dessous présente l'écart de TCO entre des bus et cars au bio-GNV et leurs équivalents diesel, selon une fourchette qui dépend de deux scénarios : le scénario AME, qui ne prévoit pas de marché ETS pour le transport routier, et le scénario AMS, qui prévoit l'instauration d'un tel marché ETS avec un prix du carbone de 50€ en 2030.

**Tableau 14 - Différentiel de TCO bus et cars bio-GNV vs diesel [AME; AMS]**

	2025	2030	2040
<b>Bus</b>	[14%;11%]	[12%;7%]	[9%;3%]
<b>Car scolaire</b>	[11%;8%]	[9%;5%]	[7%;3%]
<b>car interurbain</b>	[15%;10%]	[11%;6%]	[9%;3%]
<b>Car tourisme national</b>	[16%;11%]	[12%;6%]	[9%;2%]

Pendant, la hausse du prix du gaz, qui rend incertaines les évolutions futures des TCO a ralenti les investissements dans la filière. Il n'y a pas non plus eu de compensation par la création d'aides au financement du bioGNV.

Malgré cette diminution de l'attractivité de la motorisation au GNV, il convient de rappeler que les acteurs publics ont déjà massivement investi dans le développement d'infrastructures gaz. Il est donc important de maintenir un niveau d'investissement suffisant dans les véhicules GNV et dans l'utilisation de biogaz, afin de préserver les investissements déjà réalisés. Le surcroît d'investissement requis par le renouvellement de flottes au GNV au rythme de la SNBC s'élève à 220M€ entre 2023 et 2030 pour les bus et à 450M€ pour les cars.

D'un point de vue macroéconomique enfin, orienter exclusivement la filière vers les motorisations électriques risque d'entraîner des pertes d'emplois et de savoir-faire dans la filière de véhicule fonctionnant au gaz (fossile en majorité aujourd'hui, mais d'origine biosourcée demain), cette dernière étant entièrement européenne ou française. En outre, la diversité des usages dans le transport routier de voyageurs nécessite un remplacement de la technologie diesel (adaptée à tous les usages) par un mix énergétique équilibré de toutes les motorisations alternatives, y compris les biocarburants.

Les membres du groupe de travail sont unanimes sur la nécessité d'accompagner financièrement la filière gaz en attendant la maturité des technologies électriques afin de ne pas retarder la transition énergétique du TRV.

### Freins réglementaires

Le déploiement du transport de voyageurs au bioGNV se heurte à l'absence de reconnaissance politique du caractère décarboné du bioGNV, notamment à travers les vignettes Crit'Air et dans la réglementation européenne actuelle tournée exclusivement vers le « zéro émission », ce qui limite les investissements des constructeurs dans le développement d'une offre de véhicules compétitive.

### **c) Conditions de déploiement des bus et cars à hydrogène**

Du fait de sa plus grande autonomie et d'un temps de charge plus rapide que les batteries électriques, les véhicules à pile à combustible à hydrogène joueront un rôle dans le mix énergétique pour couvrir les plus longues distances (trajet interurbain et interrégional, aux besoins d'autonomie plus fortes) ou les parcours contraints liés notamment à la topographie ou autres. Les membres du groupe de travail ont également évoqué les possibilités offertes par les moteurs à combustion interne.

Sur le segment des bus, les premières projections de la SNBC prévoient un déploiement des motorisations à pile à combustible à partir de 2030 avec 2 % des immatriculations, et jusqu'à 4 % en 2040 (cf. tableau 15). Certaines études anticipent cependant un déploiement plus important de la pile à combustible sur les bus. Les données agrégées par France Hydrogène Mobilité font ainsi état de 736 déploiements annoncés d'ici 2030. Le parc compterait alors 1 100 bus à hydrogène en 2030, soit 5 % du parc. Alors que la SNBC prévoit à partir de 2030 une augmentation faible des parts de marché des bus hydrogène, France Hydrogène souligne que le cadre réglementaire en structuration prévoit que 100% des bus urbains neufs acquis à partir de 2030 soient en zéro-émission, ce qui rendrait, selon elle, le recours à des bus hydrogène essentiel pour certains usages.

**Tableau 15 : Synthèse des projections – Bus Hydrogène**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations H<sub>2</sub> (%)</b>	0%	0%	2%	3%	4%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations H<sub>2</sub></b>	0	0	36	54	72
<b>Part H<sub>2</sub> dans le parc total (%)</b>	0%	0%	0%	1%	2%
<b>Nombre de véhicules H<sub>2</sub> dans le parc total</b>	0	0	72	270	558
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0	0	0,006	0,021	0,040

Source : Calculs du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

Concernant les cars, le déploiement des véhicules à piles à combustible débute également à moyen terme (2 % des immatriculations en 2030, cf. tableau 16) jusqu'à 6 % en 2040. Sa part dans le parc reste toutefois modeste à cet horizon (3 %).

**Tableau 16 : Synthèse des projections – Cars Hydrogène**

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles immatriculations H<sub>2</sub> (%)</b>	0%	0%	2%	4%	6%
<b>Nombre de nouvelles immatriculations H<sub>2</sub></b>	0	0	88	176	264
<b>Part H<sub>2</sub> dans le parc total (%)</b>	0%	0%	0%	1%	3%
<b>Nombre de véhicules H<sub>2</sub> dans le parc total</b>	0	0	176	792	1 804
<b>Besoin énergétique (TWh)</b>	0	0	0,011	0,046	0,098

Source : Calculs du GT, à partir des hypothèses du scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

France Hydrogène, en prenant en compte une diminution plus rapide du coût des véhicules, projette une part de marché de 9% en 2030 sur le transport routier de voyageurs (autocars et bus urbains confondus), et de 33% en 2040, conduisant à un parc roulant de 9983 bus et autocars hydrogène à cet horizon.

### Disponibilité de l'offre constructeur en bus et cars à hydrogène

Les constructeurs n'ont pas transmis d'hypothèses d'immatriculations concernant les bus et cars à hydrogène. Ces derniers devraient néanmoins occuper une place marginale avant 2030. La montée en charge s'effectuant principalement à partir de 2027 (mais amorcée dès 2024). La disponibilité de l'offre véhicules est néanmoins avérée sur certains volumes, et en lien avec des typologies d'usages non couverts par la batterie.

### Disponibilité de l'énergie et avitaillement

La chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène est encore en cours de déploiement. D'après les estimations du groupe de travail fondées sur les projections d'immatriculations de la SNBC, le TRV lourd consommerait 0,017 TWh d'hydrogène en 2030, et 0,138 TWh en 2040. D'après les projections de France Hydrogène (cf. tableau 17), les quantités d'hydrogène disponibles pour les transports routiers devraient être suffisantes pour couvrir ces besoins.

**Tableau 17 – Projection d'énergie disponible orientée transports routiers**

	2025	2030
<b>Hydrogène décarboné</b>	1,6 TWh H2,PCI	7,6 TWh H2,PCI

Source : France Hydrogène

Si la filière envisage le déploiement de 100 points d'avitaillement sur l'ensemble du territoire d'ici 2030 (cf. tableau 18), ces points devront être suffisamment distribués sur les axes secondaires et ruraux pour être adaptés aux parcours du TRV. Ici aussi, la disponibilité et le prix du foncier peuvent freiner le déploiement de ces stations.

**Tableau 18 – Nombre de points d'avitaillement disponibles sur le territoire français pour les mobilités lourdes**

	2022	2030
<b>Hydrogène</b>	1 (700 bars)	100 (700 bars)

Source : France Hydrogène

## Conditions économiques

Les bus et cars à hydrogène sont aujourd’hui environ 3 fois plus chers que leurs homologues thermiques. Selon les projections réalisées dans le cadre de l’élaboration de cette feuille de route, les TCO des bus à hydrogène devraient rester trop élevés à moyen terme pour en faire une solution compétitive sans soutien financier adéquat des pouvoirs publics. La filière manque par ailleurs de visibilité industrielle, les surcoûts d’amorçage ne pouvant être réduits qu’en donnant aux industriels de la profondeur sur leur carnet de commandes. Cette différence d’appréciation de la vitesse d’amorçage, conduit la filière hydrogène à fonder ses TCO sur des hypothèses différentes aboutissant à des surcoût plus faible que ceux présentés ci-dessous.

Le tableau ci-dessous présente l’écart de TCO entre des bus et cars hydrogène et leurs équivalents diesel, selon une fourchette qui dépend de deux scénarios : le scénario AME, qui ne prévoit pas de marché ETS pour le transport routier, et le scénario AMS, qui prévoit l’instauration d’un tel marché ETS avec un prix du carbone de 50€ en 2030.

**Tableau 19 : Différentiel de TCO bus et cars H2 vs diesel [AME; AMS]**

	2025	2030	2040
<b>Bus</b>	[69%;63%]	[49%;40%]	[36%;25%]
<b>Car scolaire</b>	[95%;89%]	[75%;62%]	[55%;47%]
<b>Car interurbain</b>	88%[78%;]	[67%;52%]	[45%;33%]
<b>Car tourisme et lignes nationales</b>	[87%;76%]	[66%;50%]	[43%;30%]

Toutefois, la filière hydrogène indique qu’un amorçage plus rapide de la filière, en permettant de donner de la visibilité industrielle et de faire baisser les coûts par des économies d’échelles plus importantes que celles retenues dans les travaux de la feuille de route, permettrait d’obtenir des surcoûts plus faibles que ceux présentés ci-dessous. Des travaux complémentaires permettront de préciser les baisses de coûts à moyen terme des bus et cars à hydrogène.

### **d) Conditions de déploiement des carburants liquides bas carbone (CLBC) dans le transport routier de voyageurs**

Le scénario AMS de la future SNBC 3 se fonde sur une hypothèse d’incorporation des gazoles en biocarburants de 12 % en 2030 et 50 % en 2040 (cf. tableau 21). Ces taux s’appliquent aux motorisations diesel prévues dans les hypothèses de nouvelles immatriculations de bus et de cars.

**Tableau 21 : Taux d’incorporation des biocarburants dans les essences et gazoles**

	2020	2025	2030	2035	2040
--	------	------	------	------	------

<b>Taux d'incorporation des biocarburants dans les gazoles et GNR (%)</b>	8,0%	9,5%	12,0%	25,0%	50,0%
<b>Nouvelles immatriculations diesel : BUS (%)</b>	57%	22%	4%	2%	0%
<b>Nouvelles immatriculations diesel : CARS (%)</b>	92%	83%	45%	21%	1%

Source : Scénario AMS de la SNBC3 (run 1).

La reconnaissance des CLBC (B100, HVO, XTL) pour tout type de véhicule, y compris les véhicules à motorisation non-exclusive, permettrait de réduire dans un premier temps et rapidement les émissions de GES du TRV sans attendre le renouvellement complet du parc. Par ailleurs, ces solutions permettraient de réduire les émissions des véhicules sur l'ensemble de leur cycle de vie en accroissant leur durée d'utilisation.

### Production et disponibilité de l'énergie

Dans la situation actuelle, ces carburants bas carbone sont réservés à des flottes captives, dont la station est privée. Cette situation contraint les véhicules à être approvisionnés au dépôt, réduit leur autonomie, et limite les usages longues distances dépendants de stations publiques. Les membres du groupe de travail préconisent de modifier les dispositions du code des douanes qui empêchent les transporteurs de s'approvisionner dans une autre entreprise qui dispose d'une cuve et d'autoriser leur distribution en station publique comme c'est déjà le cas dans d'autres Etats européens.

Les distributeurs estiment pouvoir approvisionner plus de 60 000 véhicules lourds par an en carburant B100 consommé pur (source Oléo 100).

Toutefois, il existe des incertitudes sur la disponibilité de la ressource en biomasse pour produire les biocarburants, qui conduisent à des volumes limités pour le transport routier. La quantité qui pourra être réellement disponible pour décarboner la mobilité lourde est donc à ce stade, incertaine et doit faire l'objet d'approfondissements en 2023.

### Freins économiques

L'utilisation des CLBC dans le TRV lourd demande relativement peu d'investissements de la part de la chaîne de valeur, et constitue donc une solution de décarbonation incontournable à court terme qui permettrait des réductions d'émissions immédiates à moindre coût, à condition de favoriser leur développement, de reconnaître leurs bénéfices dans les vignettes Crit'Air et de lever les freins réglementaires à leur déploiement. Il existe néanmoins un surcoût à l'acquisition d'un véhicule à motorisation exclusive qui peut s'élever à 10 % par rapport à un véhicule diesel équivalent. Le TCO des véhicules HVO est ainsi plus élevé que celui d'un véhicule diesel équivalent, lié en grande partie au surcoût du carburant. Pour un bus standard sur courte distance, le HVO présente ainsi un TCO de près de 750 000 €, contre 580 000 € pour le diesel.

Le coût de la conversion d'un véhicule diesel en véhicule B100 exclusif est d'environ 45 000 €.

### Freins réglementaires



Les émissions des différentes solutions de verdissement du parc ne sont pas calculées en ACV (analyse du cycle de vie), ce qui désavantage les biocarburants. Bien que le B100 bénéficie désormais de la vignette Crit'Air 1, ce n'est pas le cas des autres CLBC, ce qui nuit à leur utilisation dans les métropoles.

Les membres du groupe de travail demandent la reconnaissance des biocarburants dans les vignettes Crit'ir, y compris pour des véhicules non exclusifs ainsi que la suppression du frein réglementaire du code des douanes qui empêche de s'approvisionner chez un confrère.

### **3) Conditions transversales en termes d'évolution des emplois et des compétences**

L'arrivée sur le marché des nouvelles énergies et motorisations associées, et les outils de supervision qu'elles entraînent (entretien, maintenance, conduite et exploitation des nouveaux véhicules) va nécessiter d'anticiper les besoins en nouveaux emplois et nouvelles compétences. L'investissement doit porter sur l'ensemble de la chaîne de valeur (des industriels aux transporteurs, en passant par les salariés, les formateurs et personnes en formation) tout en déployant les formations initiales et les formations continues. En outre, il est nécessaire de souligner que les véhicules à motorisation GNV, biocarburants et leurs stations sont tous produits en France ou en Europe, contrairement aux véhicules électriques. La fabrication et l'exploitation de véhicules et stations de ravitaillement GNV/BioGNV en France permettrait de créer, en 2030, 85 000 emplois bruts (emplois directs et indirects) selon une étude de Frost & Sullivan (2020).

Ces évolutions se heurtent à plusieurs freins sur les emplois de la maintenance : la pénurie de main-d'œuvre à laquelle fait face le secteur, les délais de création, d'habilitations et de réalisation des formations, la disponibilité et l'agrément des centres de formation ou encore l'adaptation des salaires générés par ces nouvelles compétences - avec un recrutement à bac +2 et plus selon la technologie énergétique déployée.

### **4) Surcoûts pour la filière du changement de motorisation**

Le déclenchement des hypothèses de la SNBC nécessitera des surcoûts d'investissement significatifs pour la filière, qui ne seront pas compensés par une baisse de certaines dépenses à l'usage – coût des énergies alternatives, coûts d'entretien.

Les tableaux suivants synthétisent les surcoûts d'investissement des trajectoires de renouvellement des flottes de bus et de car à horizon 2030, ainsi que les surcoûts en approche TCO, qui déduisent les économies liées à l'usage.

#### **Surcoûts dans les nouvelles motorisations alternatives pour les bus et les cars**

	<b>2023 - 2025</b>	<b>2026- 2030</b>	<b>2023- 2030</b>
<b>Surcoût d'investissement pour les bus (M€)</b>	600	950	<b>1 550</b>
<b>Surcoût en approche TCO pour les bus (M€)</b>	350	250	<b>600</b>
<b>Surcoût d'investissement pour les cars (M€)</b>	250	2700	<b>2950</b>

Surcoût en approche TCO pour les cars (M€)	150	800	950
Surcoût total bus et cars (investissement + TCO) (M€)	1350	4700	6050

## **5) Plan d'action pour le déploiement des motorisations alternatives (batterie, bio-GNV, hydrogène, biocarburants) dans le transport routier de voyageurs**

### **Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

**Energéticiens :** Mettre à la disposition des transporteurs un calendrier de production et de disponibilité de chaque énergie, ainsi qu'un calendrier du déploiement des infrastructures de recharge et d'avitaillement par type d'énergie, par zone géographique, en identifiant les bornes PL et VL, les bornes à charge lente, à charge rapide, les stations publiques et privées, y compris dans les territoires ruraux.

### **Constructeurs :**

- Mettre à la disposition des transporteurs un calendrier de disponibilité d'une offre industrielle mature, suffisante en volume et appropriée à l'ensemble des usages du transport routier de voyageurs (scolaire, urbain, interurbain, longue distance).

Engagement des constructeurs sur des valeurs de reprise des véhicules en fin de contrat.

### **Transporteurs :**

Utiliser davantage de biocarburants dans les véhicules diesel, sous réserve de leur reconnaissance dans les vignettes Crit'Air et d'une incitation financière de l'Etat.

Renouveler les flottes de bus et cars par des véhicules à motorisation alternative au regard de la disponibilité du marché européen afin d'atteindre l'ambition climatique fixée par la future SNBC 3.

### **Opérateurs de compétences :**

Élaborer une cartographie des emplois nécessaires à la transition sur tous les jalons identifiés en fonction des prévisions d'évolution du parc des véhicules pour la production, l'approvisionnement en énergie et l'exploitation (écoconduite, maintenance, exploitation, sécurité de fonctionnement...).

### **Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Déployer un plan pluriannuel ambitieux d'aide à la conversion des flottes et à l'installation de bornes de recharge et de stations d'avitaillement GNV et biocarburants à destination des transporteurs ainsi que des AOM, à l'image des dispositifs existants en Allemagne, en Espagne et en Italie ; maintenir ou reconduire les dispositifs existants (suramortissement, bonus écologique, appels à projets écosystèmes électriques) et les étendre aux véhicules bio-GNV (mise en place d'un prêt à taux zéro, extension de l'AAP). Intégrer les bornes électriques des dépôts à la réfaction de 75% des frais de raccordement au réseau (aujourd'hui possible seulement pour les stations installées sur le domaine public) ;

Allonger la durée des marchés publics afin d'amortir les surcoûts et introduire des véhicules M2-M3 alternatifs et rétrofités dans les appels d'offre des AOM ;

Accélérer l'homologation du rétrofit et assouplir les contraintes réglementaires portant sur le maintien des dimensions initiales des véhicules avant et après une opération de rétrofit, afin de permettre le placement des batteries sur la toiture ou à l'arrière du véhicule en limitant la perte de capacité de transport ; apporter un soutien financier au rétrofit ;

Accompagner les sociétés d'assurance et les banques dans l'appréhension de ces nouvelles technologies ;

Adapter et renforcer la formation professionnelle des personnels ; créer ou adapter les formations initiales et continues et adapter le système de classification des conventions collectives

Adapter les contraintes réglementaires en matière de sécurité pour les ateliers de charge électriques (nomenclature 2925 ICPE) afin de faciliter l'installation des bornes et ateliers de recharge ;

Soutenir le bioGNV : favoriser l'aide au développement des sites de méthanisation pour incorporer plus de bioGNV dans le réseau ; créer un suramortissement pour le financement de bornes de recharge et stations GNV et hydrogène en entreprises ; Intégrer le bioGNV dans la TIRUERT ; créer un indice GNV adapté aux professionnels et l'intégrer dans les contrats publics de transport ; Permettre l'obtention de la vignette Crit'Air 0 pour le bioGNV ; Créer des BPA (*Biométhane purchase agreement*) pour le bioGNV

Classer les véhicules utilisant des carburants liquides bas carbone en Crit'Air 1 à l'identique du B100 y compris pour les véhicules non-exclusifs ; Mener une réflexion sur la disponibilité de certains biocarburants en station publique comme c'est le cas dans d'autres pays européens (ex : HVO) ;

Favoriser l'aide au rétrofit pour le passage en motorisation exclusive biocarburant ou avec une motorisation d'une norme Euro postérieure à l'existant ;

Définir dès que possible l'EMR (Ensemble de Mesurage Routier) pour les stations hydrogène en libre-service ;

Adapter le code des douanes afin de permettre à une entreprise de transport de vendre du carburant alternatif à des confrères en assouplissant l'arrêté FR-B100 sur les conditions de partage de cuve pour les flottes captives professionnelles

Comptabiliser les biocarburants dans les réglementations d'émissions CO2, en dehors des biodiesels.

Accompagner les transporteurs dans la mutation opérationnelle des flottes et les changements de modèles d'exploitation induits pour les motorisations alternatives : études de marchés financées dans le cadre de programmes CEE (futur programme EVE 3 par exemple)

**Encadré : Freins et actions spécifiques au verdissement du transport sanitaire et des véhicules légers de moins de 10 places professionnels**

Du fait des spécificités de ces usages, l'évolution des motorisations du transport sanitaire et des véhicules légers de transport de personnes rencontre des freins spécifiques. En premier lieu, l'offre industrielle en véhicules électriques et hydrogène est faible sur ces segments. En périurbain par exemple, les autonomies des véhicules existants ne sont pas suffisantes pour répondre aux usages. Or, les émissions des véhicules de transport sanitaire ou de personnes au moyen de véhicules légers sont plafonnées réglementairement à 50 g de CO<sub>2</sub>, ce qui ne permet pas de recourir à des véhicules au GNV ou à carburants alternatifs, qui pourraient constituer une solution de transition. En ce qui concerne la conception, certains véhicules de transport de personnes à mobilité réduite sont équipés d'une rampe permettant de transporter un fauteuil roulant, limitant ainsi l'emport de batteries, de pile à combustible ou de réservoir de bioGNV.

En deuxième lieu, les contraintes d'urgence auxquelles font face les ambulances (20% de l'activité du transport sanitaire), qui leur imposent d'être disponibles à tout moment, ne permet pas d'envisager l'électrification compte tenu du manque d'autonomie. Si l'hydrogène garantit une plus grande autonomie, les surcoûts de possession de ces véhicules sont encore prohibitifs. A noter qu'il s'agit de surcoûts initiaux inhérents à toute filière industrielle en phase d'amorçage, et qu'une planification du déploiement peut permettre de passer rapidement ce stade, d'une manière qui optimise/minimise le versement de deniers publics. . Par ailleurs, il n'existe pas à ce jour de stations publiques fournissant de l'H<sub>2</sub> en raison de l'absence d'EMR (Ensemble de Mesurage Routier) dont le mesureur (DRIRE) ne permet pas cette vente en libre-service. Cette donnée est néanmoins amenée à changer très rapidement, l'hydrogène étant désormais inclus dans l'assiette TIRUERT et devant à ce titre se doter d'outils de métrologie légale. La filière hydrogène est par ailleurs en attente de la finalisation du cadre réglementaire pour passer au déploiement.

En troisième lieu, afin de garantir la continuité du service, les centres de soins publics ou privés (hôpitaux, CHU, cliniques, EPHAD, etc.) doivent impérativement disposer de bornes de recharge, et des bornes rapides doivent être installées dans les centres d'exploitation ou à proximité.

Enfin, le modèle économique du transport sanitaire est fondé sur un tarif réglementé qui ne permet pas de répercuter les surcoûts d'investissement liés à la transition énergétique.

**Action des acteurs de la chaîne de valeur :**

Proposer une offre de véhicules de transport sanitaire et PMR électriques et à hydrogènes, adaptée aux usages spécifiques du secteur (*constructeurs*).

**Propositions d'évolution des politiques publiques :**

Mettre à disposition dans les parkings des établissements de soins et de santé (CHU, hôpitaux, cliniques, autres) des places réservées avec bornes de recharge rapides pour les véhicules d'urgence et VSL, ambulances ;

Assouplir la réglementation en matière de recharge hydrogène pour permettre l'installation de stations mobiles H<sub>2</sub> sur site ou de disposer de stations partagées réservées à la profession ;

Reconnaître le GNV comme une énergie de transition dans l'attente de la maturité dans les prochaines années des filières électriques et hydrogène ;  
Réfléchir à une évolution du modèle économique du transport sanitaire, permettant de financer les investissements nécessaires à son verdissement.

## **2. Efficacité énergétique, report modal, et évolution du cadre réglementaire**

---

En-dehors de l'évolution des motorisations, d'autres leviers permettent de réduire les émissions du secteur des transports de personnes par bus ou car. Si la baisse de la vitesse moyenne et la réduction du poids des véhicules ont été évoquées au cours des discussions, les participants ont jugé que leur potentiel de décarbonation n'était pas suffisamment important au regard des contraintes qu'ils représentent pour la filière. En revanche, le groupe de travail a retenu l'écoconduite comme levier envisageable pour la décarbonation du TRV lourd.

En-dehors de ce levier d'efficacité énergétique, les participants ont également souhaité rappeler l'intérêt d'encourager au report modal en faveur des transports collectifs de voyageurs et du covoiturage pour décarboner le secteur des transports dans leur ensemble, ainsi que la nécessité d'assurer un déploiement coordonné des ZFE-m et des nouvelles motorisations disponibles pour les bus et cars au niveau national.

### **Levier 1 : Développer l'écoconduite**

Les formations à l'écoconduite sont actuellement bien développées sur les motorisations diesel. Pour ne pas perdre son bénéfice environnemental, il est nécessaire de créer des offres de formation adaptées à toutes les motorisations alternatives afin d'optimiser les performances énergétiques des nouveaux véhicules sur la totalité de leur durée de vie.

Si l'écoconduite est dispensée, suivie et évaluée régulièrement, ce levier permettrait de réduire les consommations, et donc les émissions de GES des véhicules en exploitation de 4 % à 15 % en moyenne.

#### **Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

Déployer une offre de formation à l'écoconduite accessible et adaptée à toutes les motorisations. Par exemple : formation des conducteurs à la prise en main des véhicules hybrides afin d'optimiser la récupération d'énergie au freinage...

Encourager la mise en place d'outils embarqués de télématique permettant le suivi des consommations et l'information en temps réel du conducteur sur sa qualité de conduite économique.

#### **Proposition d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Prendre en charge une partie des coûts de formation à l'écoconduite.

### **Levier 2 : Favoriser le report modal de la voiture individuelle en autosolisme vers les transports collectifs et le covoiturage**

Pour un trajet de 10 km, un individu émet 2 fois plus de CO<sub>2</sub> en voiture particulière qu'en autobus ou en autocar, un effet proportionnel au nombre de passagers transportés. Favoriser le report de la voiture individuelle vers les transports collectifs et le covoiturage peut permettre de réduire les émissions du secteur du transport au niveau global.

Afin de permettre ce report modal, l'offre de TRV doit être améliorée. Elle est encore insuffisamment développée, en particulier pour les liaisons périurbaines et dans les milieux ruraux. En milieu urbain, les aménagements en faveur des transports collectifs restent à développer (couloirs de bus, priorité au feu...). En matière d'infrastructures, l'installation de pôles d'échanges et de parkings relais, devant permettre le report de la voiture particulière vers le transport collectif et le covoiturage, rencontrent des contraintes d'artificialisation des sols et de coût du foncier.

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

Actions visant à augmenter le taux d'occupation des véhicules hors transport public (tourisme et services librement organisés)

Développer la qualité de service et le maillage du territoire en transport collectif

**Propositions d'évolution des politiques publiques :**

Augmenter significativement l'offre de transport et du nombre de lignes proposées aux passagers via un plan de financement Etat-Région de 500 M€/an sur 3 ans afin de déployer des pôles d'échanges de transport en commun, aujourd'hui trop peu nombreux hors des centres-villes, des parcs d'échange routier, des pôles d'échange multimodaux et des lignes de bus/car express

Déployer une campagne de communication nationale incitant à l'utilisation des transports en commun

Mettre en place un taux de TVA incitatif pour les transports publics du quotidien (5,5%)

Améliorer l'intermodalité et les gares routières

Améliorer l'information voyageur

Proposer une tarification adaptée du voyage

Développement du Transport à la demande et du covoiturage

**Levier 3 : Mettre en cohérence le calendrier de mise en place des ZFE-m avec le rythme d'évolution des motorisations**

L'extension des ZFE-m prévue par la loi Climat et résilience risque d'interdire la circulation d'une partie des véhicules composant le parc actuel de TRV en l'absence d'une offre alternative satisfaisante. Afin d'assurer la mise en place des ZFE-m tout en permettant au TRV de s'adapter, il est nécessaire d'entreprendre une harmonisation du dispositif au niveau national. Cette harmonisation doit se donner deux objectifs :

- Harmoniser les calendriers des interdictions de circulation afin de permettre aux autocars de passer d'une métropole à une autre sans entrave ;
- Ne pas interdire la circulation des véhicules de transport collectif, qui représentent une solution de décarbonation des transports de voyageurs dans leur ensemble, tant qu'une offre industrielle alternative n'est pas disponible.

#### Action des acteurs de la chaîne de valeur :

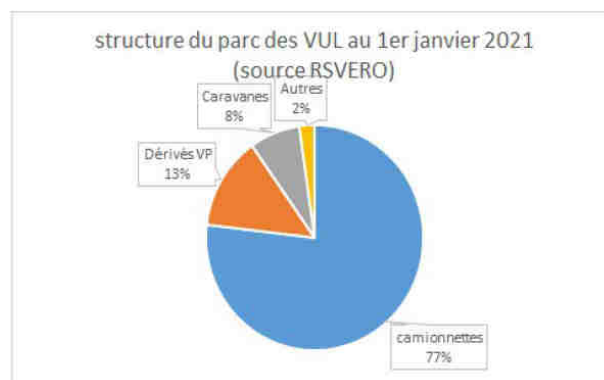
- Assurer le renouvellement des parcs de véhicules de TRV au rythme prévu par la future SNBC (*transporteurs, constructeurs et AOM*) ;

#### Propositions d'évolution des politiques publiques :

- Coordonner les décisions locales de mise en place des ZFE-m au niveau national, en particulier pour les usagers professionnels
- Prévoir des dérogations nationales pour les véhicules de transport collectif jusqu'à l'émergence d'une offre alternative au diesel sur l'ensemble des usages du transport routier de voyageurs ;
- Reconnaître les biocarburants liquides dans les vignettes Crit'Air (classement en Crit'Air 1), y compris pour des véhicules sans motorisation exclusive, afin de pouvoir enclencher la baisse des émissions sans attendre le renouvellement des flottes.

## 4.4. Décarbonation des VUL

Un véhicule utilitaire léger – VUL – est un véhicule destiné au transport de marchandises ou de personnes qui ne dépasse pas un PTAC de 3,5 tonnes. Le parc français de VUL est constitué de 6 millions de véhicules en 2022, parmi lesquelles 77% de camionnettes, 13% de dérivés de véhicules particuliers et 8% de caravanes.

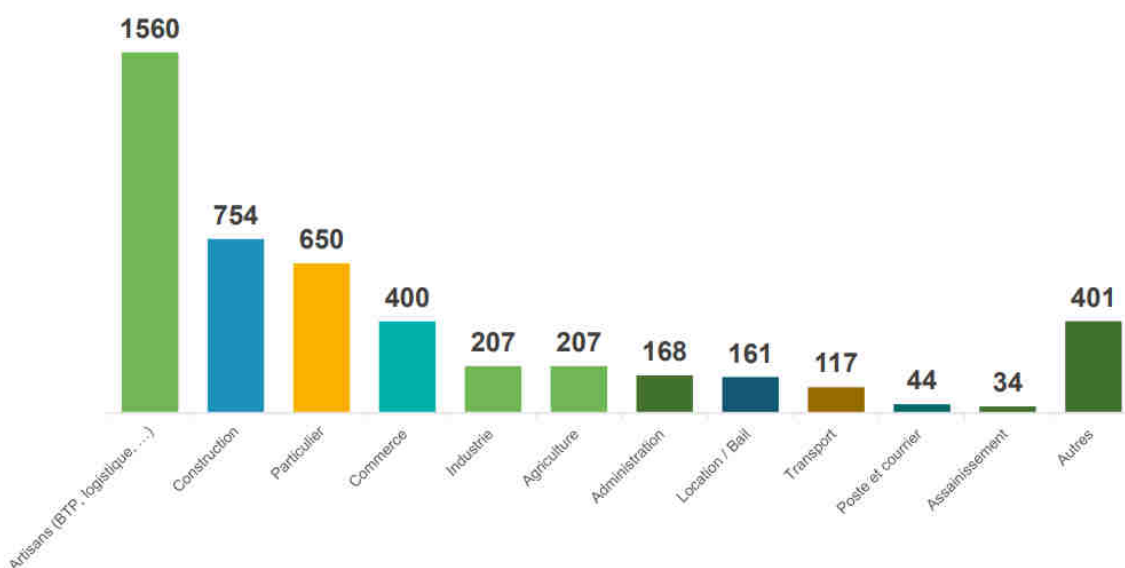


Les 6 millions de VUL du parc français répondent à des usages et des secteurs très variés :

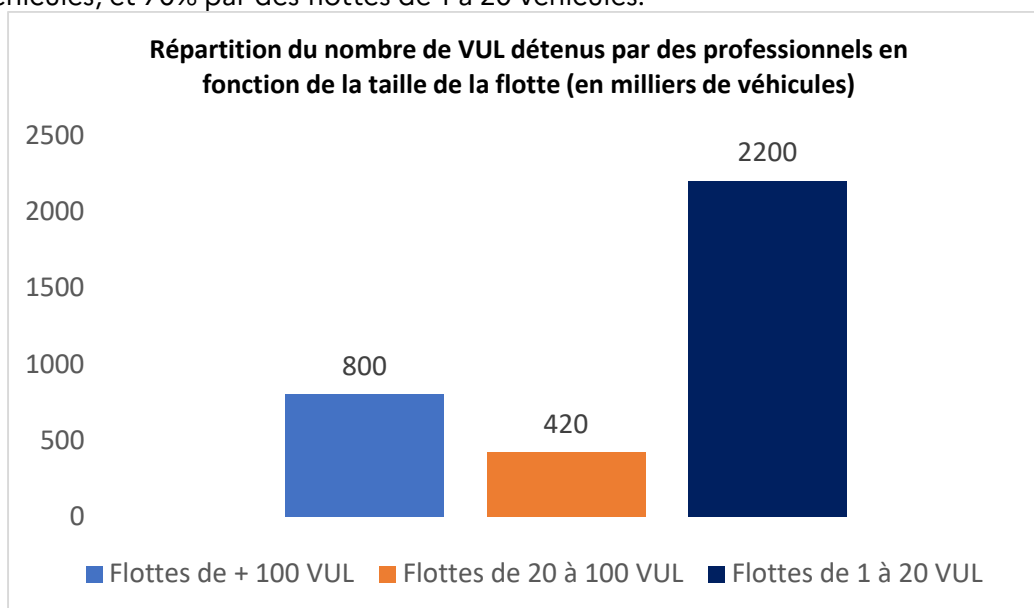
- 2% des VUL appartiennent à des auto-entrepreneurs ou des entreprises unipersonnelles du transport routier de marchandises
- 3% des VUL appartiennent à des entreprises du transport routier de marchandises
- 3% des VUL appartiennent aux administrations et collectivités
- 45% des VUL sont détenus par des particuliers, dont une partie difficile à estimer d'auto-entrepreneurs transportant en propre
- 47% des VUL appartiennent à des entreprises transportant pour compte propre.

Les secteurs économiques dans lesquels travaillent les détenteurs de VUL sont également très variés, avec néanmoins une forte représentation des secteurs de l'artisanat, de la construction et du commerce comme l'illustre le tableau ci-dessous.

6 Millions de VU dont 3 millions entre 2,6 t. et 3,5 t. compris (2020)  
en milliers de véhicules



En outre, les VUL sont possédés par des entreprises de taille très différentes : sur les 3,2M de VUL détenus par des professionnels, un quart sont détenus par des flottes possédant plus de 100 véhicules, et 70% par des flottes de 1 à 20 véhicules.



Cette grande diversité nécessite de disposer d'une offre de VUL répondant aux différents usages.

### 1. Disponibilités d'une offre alternative de VUL correspondant aux usages

Les trajectoires de travail du run 1 de la future SNBC3 prévoient que l'électrification constituera le principal mode de décarbonation des véhicules utilitaires légers, en lien notamment avec la proposition de règlement européen, qui interdit la vente de véhicules thermiques neufs à partir de 2035. Cette trajectoire de travail propose ainsi 17% de VUL électriques dans les ventes en 2025 et jusqu'à 51% en 2030.

MOTORISATION	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030



<b>DIESEL/BIO DIESEL</b>	93%	89%	85%	81%	77%	70%	63%	56%	49%	43%
<b>Essence</b>	4%	4,4%	4,6%	4,8%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>GNV/bioGNV</b>	0,3%	0,3%	0,3%	0,5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
<b>Electrique</b>	2%	5,8%	9,5%	13,3%	17%	24%	31%	37%	44%	51%
<b>Hydrogène</b>	0,1%	0,2%	0,2%	0,3%	0%	0%	1%	1%	1%	1%

Les chiffres de vente pour 2022 indiquent un léger retard par rapport à ces projections, avec une part de véhicules utilitaires électriques vendus qui s'est élevée à 4,6% au lieu de 5,8%. Le rythme doit encore s'accélérer dans les prochaines années pour respecter la trajectoire, puisqu'il faut presque quadrupler les immatriculations électriques en 2 ans. Ajouté au fait que les VUL utilisés en transport pour compte propre ont une durée d'exploitation longue en raison de leur faible kilométrage annuel allongeant leur rythme de renouvellement, il convient également de préciser que la vitesse de renouvellement des VUL s'est aussi réduite ces dernières années, les entrepreneurs faisant face à des difficultés économiques. Cela réduit d'autant le nombre de VUL électriques en circulation.

Les acteurs économiques indiquent quant à eux leur souhait de diversifier le mix énergétique, en développant davantage les VUL au GNV/bioGNV, au biogazole et gazole de synthèse. Une telle orientation sous-tend qu'il soit mis fin à la confusion entretenue entre la fin annoncée des moteurs thermiques et la fin des moteurs au gazole d'origine fossile. Ils alertent sur le caractère très ambitieux de la transition et sur les vulnérabilités que pourraient représenter le choix d'une unique technologie, notamment en termes de besoins en métaux pour produire les batteries, ainsi que sur la nécessité de couvrir les usages longue distance – marginaux car quasi essentiellement opérés par les entreprises de transport pour compte d'autrui qui exploitent les 5% du parc -, pour lesquels la mobilité électrique peinera à répondre aux besoins. De façon plus générale, la perspective d'une électrification du parc de VUL ne peut se concevoir et n'a de sens qu'avec une électricité bas carbone et/ou renouvelable et un réseau électrique dimensionné pour répondre aux besoins de rechargement des véhicules qui seront concentrés dans la plupart des usages sur les mêmes créneaux horaires quotidiens. A cet égard une priorité devrait être accordée au développement de l'autoproduction d'électricité par les entreprises, couplée à la nécessité de développer et d'industrialiser les technologies permettant de la stocker ; le stockage de l'électricité permet en effet « d'épargner » le réseau.

Les constructeurs soulignent quant à eux qu'ils seront en mesure de fournir les volumes nécessaires à l'électrification des VUL. En revanche, ils estiment que les projections de vente de VUL à hydrogène sont sous-estimées par rapport au déploiement de leur offre. Stellantis prévoit ainsi pouvoir produire 10 000 VUL à hydrogène pour le marché européen à partir de 2025.

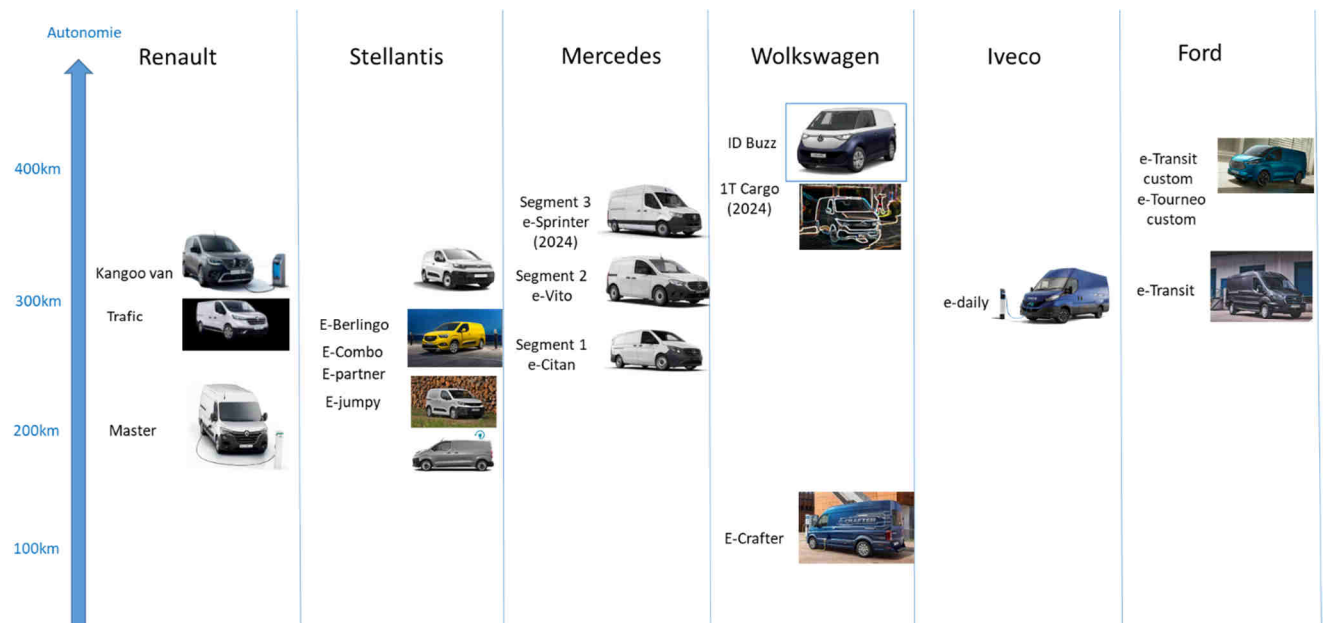
## **2. Enjeux opérationnels liés à l'adéquation entre l'offre de véhicules alternatifs et les usages**

L'électrification des véhicules utilitaires légers, identifiée comme le principal mode de verdissement des flottes à terme, se heurte à plusieurs freins opérationnels liés à la diversité des usages des utilisateurs de VUL. Compte tenu de ces freins, la filière appelle à faire également reposer le verdissement sur d'autres énergies.

### **a) Une autonomie encore limitée et une diminution de la charge utile qui posent des enjeux d'exploitation susceptibles de freiner l'électrification de certains usages**

L'offre constructeur en véhicules utilitaires électriques s'est significativement étoffée ces dernières années, bien que les délais de livraisons aient pu perturber le marché en 2022. La plupart des constructeurs proposent désormais des offres de véhicules utilitaires 100% électriques (cf. infra) et certains proposent également des modèles hydrogène. L'autonomie

proposée par les constructeurs est en nette augmentation, avec des modèles pouvant désormais atteindre – sur catalogue - entre 300 et 400km, dans des conditions optimales d'utilisation, comme l'illustre le graphique (non exhaustif) ci-dessous.



Toutefois, ces niveaux d'autonomie théoriques car ne tenant pas compte des contraintes d'usages variées<sup>11</sup>, ainsi que le maillage de recharge actuel, qui doit encore se développer notamment dans les zones à fort usage logistique (cf. infra,) ne permettent pas encore aux VUL électriques de répondre aux besoins de l'ensemble des usages.

Les autonomies actuelles commencent à pouvoir couvrir les usages en environnement urbain, à condition que les phases d'approche et les tournées s'effectuent sur de courtes distances. Elles peuvent aussi permettre l'usage par des artisans et commerçants qui travaillent localement. Si les professionnels seront en capacité de procéder à des adaptations de leurs organisations pour les rendre compatibles avec les contraintes du véhicule électrique, le remplacement de l'intégralité d'une flotte peut poser des difficultés car elle signifierait devoir renoncer à une partie de leur livraison journalière ou augmenter le nombre de véhicules nécessaires, ce qui est économiquement intenable avec une activité constante. Il convient également d'ajouter que la perte de charge utile des VUL électriques (cf infra) nécessiterait, toutes choses égales par ailleurs, un nombre de VUL électriques supérieur à celui des véhicules remplacés, soulevant la question des ressources humaines à trouver dans un environnement marqué par d'extrêmes tensions sur le recrutement. En outre, l'autonomie est dégradée en cas de températures extrêmes (chaud ou froid) et après un nombre significatif de cycles de recharge, ce qui peut freiner l'électrification de certaines activités.

Toutefois, ces niveaux d'autonomie, ainsi que l'absence de capacités de recharge rapide pour certains modèles de VUL, ne conviennent pas ou plus difficilement à certaines activités : le transport et la messagerie express national ou international, les tournées de livraison en zone rurale, les artisans travaillant en péri-urbain ou rural, les coursiers express (exemple : don d'organe), le transport frigorifique, ou encore les usages en zones de montagne.

L'électrification doit donc commencer par les VUL dont les distances journalières sont inférieures à l'autonomie maximale (autour de 300-350km) et qui sont utilisés fréquemment,

<sup>11</sup> Selon des tests effectués par des associations de consommateur, l'autonomie en usage réelle peut être jusqu'à -25% inférieure à l'autonomie théorique.

compte tenu des économies liées à un coût du carburant inférieur (cf. passage sur les TCO infra). Le potentiel de VUL concernés apparaît significatif. Selon une enquête réalisée par le CGDD, 75% des VUL roulent moins de 80km par jour<sup>12</sup> et 90 % des déplacements en VUL se font sur des distances inférieures à 150 km. Toutefois certain d'entre eux réalisent ponctuellement des trajets de longue distance, qui seraient alors rendus difficiles. La cartographie du nombre de VUL dont les usages peuvent être électrifiée dans les prochaines années pourra donner lieu à un travail d'approfondissement dans le cadre de ces travaux.

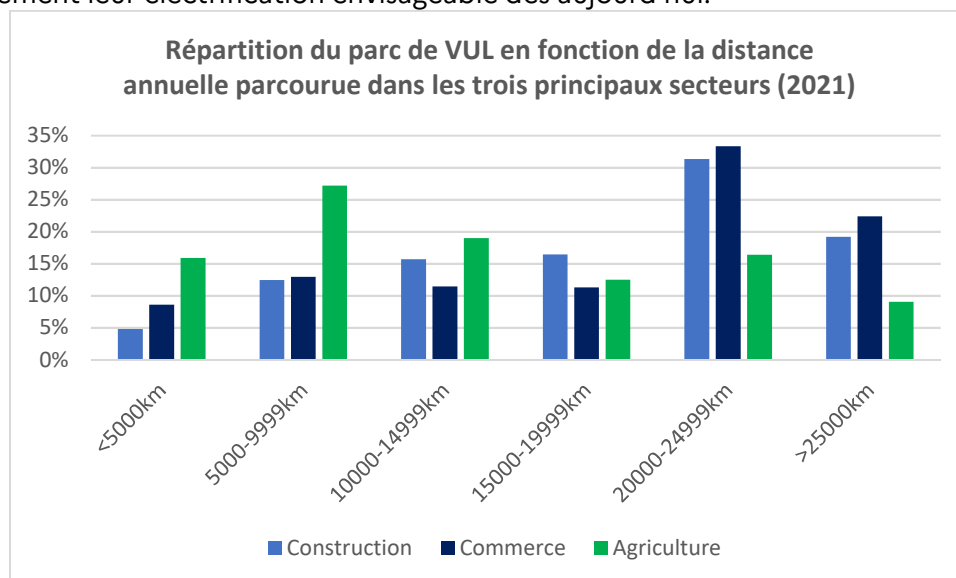
**Tableau : caractéristiques des déplacements des VUL**

Nature de déplacement	Nombre moyen de points de chargement	Nombre moyen de points de déchargement	Distance moyenne à vide (km)	Distance moyenne en charge (km)	Distance moyenne totale (km)	Durée moyenne
Autre déplacement non professionnel	nc	nc	nc	nc	55	1 heure 30
Déplacement domicile - travail	nc	nc	nc	nc	48	1 heure
Transport de personnel ou clientèle	nc	nc	nc	nc	57	1 heure 30
Autre transport professionnel	nc	nc	nc	nc	66	1 heure 45
Transport d'outillage ou d'échantillons	1,3	1,4	8	49	57	1 heure 45
Transport de matériaux	1,2	1,3	17	36	53	1 heure 45
Transport de gravats et de déchets	3,5	1,7	14	29	43	3 heures
Livraisons ou ramassage pour compte propre	2,1	6,2	25	48	72	2 heures 30
Transport de marchandises pour compte d'autrui	5,2	56,4	27	76	104	3 heures 45
Déménagement	2,5	1,6	47	65	111	4 heures 30
<b>Ensemble</b>	<b>1,9</b>	<b>6,7</b>	<b>16</b>	<b>47</b>	<b>62</b>	<b>2 heures</b>

nc : non concerné.

Source : SOeS, enquête véhicules utilitaires légers 2011

Selon le SDES, 62% des 250 000 VUL du secteur de l'agriculture, 33% des 500 000 VUL du secteur du commerce et 33% des 750 000 VUL du secteur de la construction parcouraient moins de 15 000km annuels (cf. graphique ci-dessous). Sous réserve que soient levées les contraintes liées à la durée d'exploitation des VUL gazole en circulation (critère devant être pris en compte dans le calcul du TCO des VUL électriques), celles de la capacité d'investissement des entreprises, des coûts d'exploitation, de la capacité du marché d'absorber les surcoûts ou encore de la disponibilité de l'électricité, ces données rendent théoriquement leur électrification envisageable dès aujourd'hui.



<sup>12</sup> <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-11/lps190-vul.pdf>

En second lieu, la charge utile est diminuée par le poids des batteries, plus important que celui d'un moteur thermique. Cette baisse peut pénaliser l'activité économique des utilisateurs des VUL.

A cet égard, l'augmentation de la charge utile des VUL à faible émission tout en maintenant comme exigence le permis B – qui aujourd'hui au-dessus de 3,5 tonnes n'est plus suffisant – serait susceptible d'inciter à la conversion. Les acteurs de la filière proposent d'instaurer un bonus forfaitaire de 1000kg ainsi qu'un bonus complémentaire permettant de compenser la masse supplémentaire liée aux équipements de la motorisation alternative, dans la limite de 2 tonnes pourrait être proposé afin de donner un avantage en termes de capacité utile aux VUL à énergie alternative. En contrepartie, les détenteurs de tels VUL suivraient une formation. Compte tenu de l'usage quasi exclusivement domestique des VUL, cette orientation pourrait être mise en œuvre à l'échelle nationale sans attendre l'évolution des textes européens.

Actuellement la réglementation en vigueur en matière de poids en circulation (article R.312-4 du code de la route) autorise un dépassement du poids maximal autorisé correspondant au poids des équipements des systèmes de propulsion alternatifs, dans la limite d'une tonne. Cette limite est portée à deux tonnes pour les véhicules à zéro émission relevant des catégories N2<sup>13</sup> et M2<sup>14</sup>.

Les directives européennes relatives aux poids et dimensions (96/53/CE) et aux permis de conduire (2006/126) sont actuellement en cours de révision. La Commission européenne a indiqué que l'un des objectifs poursuivis serait la promotion des véhicules à zéro émission.

- b) Le développement des VUL au bioGNV se heurte aux enjeux de disponibilité de la biomasse

Les VUL à batteries électriques ne répondant pas à court et moyen terme à l'ensemble des usages des détenteurs de VUL, ils devront être complétés par d'autres types de motorisations alternatives dotées d'une plus grande autonomie.

Les VUL au GNV, aujourd'hui quasi inexistantes, pourraient permettre de répondre aux problématiques d'autonomie des VUL électriques dans une période transitoire. Leurs performances sont quasi identiques aux VUL diesel, un réseau d'avitaillement en bornes GNV s'est développé ces dernières années sur le territoire et les coûts totaux de possession des VUL au GNV sont proches de ceux de leurs homologues diesel.

Néanmoins, cette option est conditionnée à la disponibilité des ressources en biomasse pour produire le bio-GNV nécessaire au remplacement du GNV, lesquelles seront en priorité fléchées vers les usages pour lesquels il n'existe pas d'alternatives électriques, telles que l'industrie et les transports lourds – maritime, poids-lourds. En outre, la proposition de règlement européen interdit à compter de 2035 la vente de VUL neufs à moteur thermique, ce qui ne rendrait possible l'usage de VUL au GNV que de manière transitoire. Les transporteurs ont cependant souligné le caractère rassurant du GNV comme énergie, qui peut parfois se retrouver être la seule solution existante pour rouler en ZFE, par exemple lorsqu'il s'agit d'utiliser du transport sous température dirigée, pour compte d'autrui.

- c) Le développement des VUL et à hydrogène se heurte aux enjeux de surcoût

---

13 Véhicule de catégorie N2 : véhicule conçu et construit pour le transport de marchandises ayant un poids maximal supérieur à 3,5 tonnes et inférieur ou égal à 12 tonnes ;

14 Véhicule de catégorie M2 : véhicule conçu et construit pour le transport de personnes, comportant, outre le siège du conducteur, plus de huit places assises et ayant un poids maximal inférieur ou égal à 5 tonnes

Plusieurs constructeurs proposent déjà des véhicules utilitaires légers à hydrogène, avec des modèles pouvant atteindre aujourd'hui 400km d'autonomie, avec des perspectives d'accroissement de l'autonomie. En outre, le temps de recharge est plus rapide que pour les véhicules électriques. Si le véhicule hydrogène est donc plus adapté aux usages longues distances que le véhicule électrique à batterie, il restera minoritaire dans les prochaines années du fait de son prix très élevé et d'un réseau d'avitaillement en hydrogène décarboné qui n'est pas encore disponible (cf. infra).

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

Cartographier et quantifier le nombre de VUL dont les usages peuvent être électrifiée au cours des prochaines années

**Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Augmenter la charge utile autorisée pour les véhicules utilitaires légers à faible émission afin d'inciter à leur utilisation (amender l'article R321-4 du code de la route). Un bonus forfaitaire de 1000kg ainsi qu'un bonus complémentaire permettant de compenser la masse supplémentaire liée aux équipements de la motorisation alternative, dans la limite de 2 tonnes.

Evaluer l'opportunité d'allouer de la biomasse aux VUL roulant au bioGNV

- d) L'exigence des ZFE : au-delà de l'électrification, les motorisations GNV et essence offrent également une solution

Pour répondre à l'obligation des ZFE, les utilisateurs de VUL cherchent à se tourner de plus en plus vers les véhicules qui respectent le crit'air attendu. Si certains voient une impossibilité à travailler sur le territoire des ZFE, d'autres se tournent, outre l'électrification, vers les motorisations essences et GNV, qui disposent d'un crit'air 1. Ces motorisations ont comme atout de permettre une utilisation du véhicule similaire à celle du véhicule diesel, avec un temps et une fréquence d'avitaillement presque équivalente.

Un accroissement de l'immatriculation des véhicules essence est attendu dans les prochaines années. Les perspectives d'utilisation d'E85, carburant composé à minima de 65% en volume d'éthanol, permettraient par ailleurs de maximiser le verdissement de ces motorisations. Toutefois, il faut se rappeler que les quantités de biomasse nécessaires à la production de ce carburant sont limitées.

Les transporteurs soulignent que la trajectoire de travail de la future SNBC devrait davantage prendre en compte les motorisations au GNV.

**3. Enjeux économiques**

- a) *Surcoûts à l'achat et coûts de possession des VUL électriques et hydrogène*

Le surcoût à l'achat d'un véhicule utilitaire léger électrique est d'environ 40% par rapport à son homologue thermique, comme l'illustre le tableau ci-dessous, qui prend l'exemple de quatre modèles parmi les plus vendus et représentatifs des différents tonnages.

Prix modèle thermique (HT)	Prix modèle électrique (HT)	Surcoût à l'achat avant aide à l'acquisition
----------------------------	-----------------------------	--

<b>Renault Kangoo E-tech (285 km d'autonomie)</b>	26 000€	37 000€	~40%
<b>Peugeot e-Partner (275km d'autonomie)</b>	21 000€ -24 000€	30 000€ – 33 000€	~40%
<b>Renault Master e-tech confort (200km d'autonomie)</b>	42 000€	57 000€	~40%
<b>Ford e-Transit (350km d'autonomie)</b>	40 000€	59 000€	~40%

Il convient néanmoins de considérer le coût total de possession d'un VUL, qui prend en compte, outre le coût d'acquisition, les coûts liés au carburant, à l'assurance ou encore à la maintenance. Or, le coût de l'électricité au km parcouru est nettement inférieur à celui du diesel – de l'ordre de deux à trois fois moins cher pour les bornes de recharge lente, de même que les coûts de maintenance.

Le travail sur les TCO qui a été conduit dans les autres groupes de travail de la feuille de route, n'a malheureusement pas pu être conduit sur le VUL. Cependant il est particulièrement intéressant de présenter ici les résultats de TCO pour les véhicules de 3,5t qui représentent la limite haute du travail du groupe.

Le coût total de possession sur sa durée de vie d'un VUL électrique de 3,5 tonnes, est encore supérieur à son homologue thermique de 5% environ en 2023 et atteint l'équivalence en 2025. Au-delà de 2025, il devient sensiblement inférieur, sous l'effet de la baisse du prix des batteries.

	2023	2025	2030	2035
<b>TCO VUL électrique</b>	73k€	70k€	63k€	60k€
<b>TCO VUL diesel</b>	69k€	70k€	71k€	72k€
<b>Différence</b>	5%	0%	-12%	-20%

Les VUL électriques bénéficient d'aides à l'acquisition pour réduire les surcoûts à l'achat : le bonus écologique, jusqu'à 5000€, et la prime à la conversion si les véhicules sont supérieurs au crit'air 3<sup>15</sup>, jusqu'à 9000€ - avec une prime automatique de 1000€ supplémentaire en ZFE et jusqu'à 3000€ de surprime si une aide locale est octroyée. En outre, un prêt à taux zéro est expérimenté depuis 2023 dans plusieurs ZFE (Paris, Lyon, Marseille, Rouen). Enfin, les entreprises qui réalisent des bénéfices peuvent bénéficier d'un suramortissement de 20% pour l'achat d'un véhicule à faible émission dont le PTAC est situé entre 2,6 et 3,5t.

Ainsi, les dispositifs publics d'aides couvrent déjà davantage que l'écart de TCO entre les VUL électriques et les VUL diesel, rendant le choix d'un VUL électrique plus avantageux sur le plan économique qu'un VUL diesel pour les usages de courte distance. Cependant, le surcoût à l'achat malgré un gain à long terme peut représenter une contrainte non négligeable pour les entreprises fortement endettées ou qui disposeraient de peu de trésorerie. En outre, La visibilité de ces aides auprès du public éligible pourrait être améliorée, par exemple via la création d'une carte interactive permettant de visualiser les différentes aides en fonction de la situation personnelle du détenteur. La faible acquisition de VUL électrique malgré le niveau d'aide, traduit également l'inquiétude des professionnels quant à la faisabilité de recharge de leur véhicule : très onéreuse en recharge rapide, et sans possibilité de recharge lente pendant la journée de travail ou à domicile (cf. infra).

<sup>15</sup> Ce dernier dispositif est plus difficilement utilisable pour des professionnels qui changent régulièrement de véhicule et ne disposent que rarement d'un véhicule supérieur au crit'air 3.

Le surcoût à l'achat des véhicules utilitaires légers à hydrogène s'élève quant à lui à plus de 230% pour un Peugeot Expert (34 000€ HT pour le modèle thermique, 112 000€ pour le modèle hydrogène).

Le TCO d'un VUL au GNV, avec une part croissante de bioGNV, est quant à lui supérieur d'environ 20% à un VUL diesel, un écart qui se resserre à horizon 2030 sans pour atteindre la parité.

	2023	2025	2030	2035
<b>TCO VUL GNV</b>	83k€	82k€	80k€	81k€
<b>TCO VUL diesel</b>	69k€	70k€	71k€	72k€
<b>Différence</b>	20%	18%	14%	12%

Enfin, le TCO d'un véhicule hydrogène est aujourd'hui très largement supérieur au TCO d'un véhicule diesel (+340%) et devrait le rester à moyen terme selon les calculs du groupe de travail sur le transport de marchandises. Néanmoins, les perspectives de baisse du coût des véhicules à hydrogène seront approfondies avec la filière hydrogène dans la continuité des travaux de la feuille de route.

	2023	2025	2030	2035
<b>TCO VUL hydrogène</b>	306k€	284k€	228k€	215k€
<b>TCO VUL diesel</b>	69k€	70k€	71k€	72k€
<b>Différence</b>	340%	300%	220%	200%

#### b) Potentiel du retrofit pour accélérer la décarbonation du parc de VUL

Le retrofit apparaît comme une solution de transition de court terme pertinente pour accélérer le renouvellement de la flotte de VUL par des motorisations alternatives.

Le retrofit peut d'abord s'avérer intéressant pour décarboner un véhicule qui dispose encore d'une durée de vie importante, en permettant tout à la fois de remplacer la motorisation thermique par une énergie décarbonée et d'éviter les émissions liées à la production du véhicule. Selon l'Ademe, le retrofit à mi-vie (10 ans) d'un VUL permettrait de réduire ses émissions de GES en analyse en cycle de vie de 61% par rapport au maintien du véhicule diesel, et de 56% par rapport à l'achat d'un véhicule électrique neuf. Sur les 4,8 millions de camionnettes qui composent le parc français, 2 millions avaient un âge compris entre 5 et 14 ans, ce qui constitue un marché significatif.

Cependant, il convient de prendre en compte l'équation économique. Le coût d'un retrofit avec une batterie de 30kWh est estimé à environ 38 000€ par l'ADEME, tandis que le coût d'un Renault e-Master neuf avec une batterie de 33kWh est d'environ 55 000€. D'autres données transmises par les acteurs du retrofit permettent de conclure que le coût d'un retrofit électrique d'un VUL représente entre 60% à 70% du prix d'un VUL électrique neuf de capacité équivalente. Le retrofit bio-GNV d'un VUL reviendrait quant à lui à 50% du coût du véhicule neuf.

L'utilisation du retrofit est particulièrement intéressante pour les VUL aménagés ou transformés et adaptés à l'activité de certains professionnels (artisans, contrôleurs des transports terrestres...). Certains véhicules sont aménagés et dotés d'équipements complémentaires pour adapter le véhicule aux besoins de l'entreprise sans toucher à sa structure, d'autres sont transformés et voient leur structure modifiée et leur carrosserie est adaptée sur un plancher-cabine ou un châssis-cabine. Ces aménagements ou transformations ont un coût très variable compris entre 5000€ et 50 000€, et qui peut donc dans certains cas constituer un investissement équivalent voire supérieur au prix d'un véhicule neuf. Remplacer le moteur thermique d'un VUL par une batterie par le biais d'un retrofit permet donc de

continuer à exploiter un VUL aménagé ou transformé au lieu de devoir à la fois racheter un véhicule neuf et d'investir dans son aménagement.

Le nombre de VUL transformés représenterait environ 10% du parc, tandis que les VUL aménagés représenteraient quant à eux 25% du parc<sup>16</sup>, bien qu'il n'existe pas de statistiques précises à ce jour. Le nombre de camionnettes aménagés ou transformées avec un âge situé entre 5 et 14 ans s'élèverait dès lors autour de 600 000 véhicules.

Une seule société a obtenu l'homologation nécessaires au rétrofit (pour le Renault Master) et a procédé en 2022 au rétrofit électrique de quelques dizaines de véhicules. Plusieurs autres sociétés pourraient obtenir leur homologation en 2023, avec des perspectives de capacité de traitement de plusieurs centaines de véhicules en 2023 et de plusieurs milliers au-delà. Le rétrofit électrique et hydrogène est par ailleurs éligible à la prime à la conversion, mais pas au bonus écologique ni au suramortissement.

Toutefois, le développement du rétrofit nécessite de lever plusieurs freins :

- Les premiers sont règlementaires. Le règlement européen R115 n'intègre pas les VUL diesel (<3,5t) dans les véhicules pouvant être transformés sans autorisation du constructeur. En outre, l'arrêté du 13 mars 2020 facilite le rétrofit en motorisation électrique à batterie et électrique à pile à combustible mais pas le rétrofit bioGNV. Par ailleurs, les démarches d'homologation sont longues et coûteuses alors qu'elles ne s'appliquent qu'au seul modèle transformé. Ainsi, le rétrofit ne peut être réalisé que sur des modèles très répandus pour amortir les coûts d'études et d'homologation.
- Il existe aussi des freins opérationnels et industriels au développement de la filière. Le changement de motorisation par l'ajout des batteries, pile à combustible réservoir gaz ou hydrogène dans un véhicule qui n'a pas été conçu à cette fin peut impacter négativement le volume et la charge utile. Les coûts du rétrofit sont encore élevés, ce qui nécessite l'implication des constructeurs pour aider cette filière et ainsi bénéficier d'économies liées à l'industrialisation.

#### **Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

**Constructeurs :** autoriser le développement du rétrofit pour chaque marque et investir dans la filière ;

#### **Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Maintenir une visibilité sur les aides aux VUL électriques et mettre en place une carte interactive permettant de visualiser les différentes aides en fonction de la situation personnelle du détenteur

Adapter le règlement UNECE R115 aux VUL diesel pour permettre le rétrofit sans passer par une autorisation du constructeur ;

Mettre en place une aide stable pendant 10 ans sur les véhicules rétrofités (bonus écologique), étendre la prime au rétrofit aux véhicules rétrofités bioGNV ;

Ouvrir le suramortissement aux VUL rétrofités.

---

<sup>16</sup> <https://kilometresentreprise.com/amenagement-equipement-des-vul-les-pme-encore-sous-equipees/>



Adapter les appels d'offre marché public au retrofit, notamment en spécifiant explicitement la possibilité pour les répondants d'y faire appel et en intégrant un critère sur l'analyse en cycle de vie des véhicules ;

Permettre la détare des équipements liés au retrofit (jusqu'à 1 tonne) sur la carte grise pour augmenter la charge utile des VUL.

Etendre l'arrêté du 13 mars 2020 au retrofit bioGNV ;

#### **4. Enjeux autour de la disponibilité de l'énergie et d'un réseau d'avitaillement**

##### *a) Pour la recharge des véhicules électriques*

Compte tenu du nombre élevé de VUL utilisés pour des usages professionnels, le développement d'un réseau de stations de recharge est indispensable pour éviter tout risque sur la continuité des activités des entreprises.

Plusieurs freins sont constatés aujourd'hui.

Le premier concerne le coût des recharges. Le coût aux 100km du VUL électrique devient supérieur aux autres motorisations, quand le coût d'une recharge revient au-dessus de 0,5€/Kwh, un chiffre qui varie cependant en fonction des usages. Si le prix de l'électricité dans les bornes de recharge lente est aujourd'hui nettement inférieur à ce niveau, il le dépasse pour les bornes de recharge rapide. In fine, le coût global des recharges dépend du mix des recharges (domicile, dépôt ou itinérance) qui varie en fonction des usages

Le second frein concerne la disponibilité et le maillage des bornes et des stations d'avitaillement. Il existe trois besoins de recharge : en dépôt, à domicile et sur la route. Les besoins, la localisation et la puissance des stations de recharge sont étroitement dépendants des évolutions technologiques sur l'autonomie des batteries et des usages des véhicules. Les besoins de bornes sur les réseaux routiers (en zone urbanisée pour les résidents ne disposant pas de parking ou en dehors des zones habitées) concerneront davantage les VUL exploités par les particuliers (contrainte similaire à la recharge des VL électriques). Inversement, les VUL exploités par les entreprises en compte propre et les entreprises de transport pour compte d'autrui, compte tenu de leur usage majoritairement urbain et interurbain, seront principalement rechargés sur les sites et les dépôts, ou encore au domicile de l'entrepreneur.

La puissance des bornes sur les sites dépendra des usages des entreprises entre celles qui auront besoin d'une seule charge quotidienne et celles qui auront besoin de recharger en cours de journée (ex des VUL opérant une tournée quotidienne et ceux en faisant deux). Les VUL des entreprises utilisés pour les usages interrégionaux, nationaux et internationaux s'avitailleront sur les bornes des véhicules particuliers implantées sur les réseaux routiers.

En outre, des sujets d'accessibilité aux bornes de recharge peuvent se poser en fonction des gabarits des VUL, les données d'accessibilité sont disponibles dans les déclarations en opendata sur les caractéristiques des stations de recharge.

Enfin, les aides à l'installation de bornes lentes en entreprises ont été supprimées, ce qui peut freiner le déploiement de l'électromobilité pour ces dernières.

Face à ces freins, plusieurs leviers d'actions apparaissent nécessaires :

- Il convient d'abord d'accélérer l'investissement dans l'installation des bornes tant dans les entreprises, que chez les particuliers, en s'assurant du dimensionnement préalable des parkings de charge et de leurs accès (taille des VUL), et en évitant de créer des

inégalités de déploiement des bornes (centres-villes et quartiers favorisés / périphéries et quartiers défavorisés / métropoles et ruralité). Cela nécessite un travail de définition des lieux prioritaires où installer les bornes en dépôt et en itinérance.

- Pour les entreprises, les investissements en groupements d'entreprises pourraient être favorisés pour des parcs de charge lente, et des mini stations rapides. Le développement de la technologie permettant de stocker (piles XXL) sur les sites des entreprises l'énergie électrique produite d'origine solaire plutôt que de la renvoyer dans le réseau constituerait un fort levier d'accélération, et nécessiterait de faire évoluer la réglementation et la technologie dans ce sens.
- Il convient ensuite d'améliorer la lisibilité de la réalité du maillage du réseau public (ou accessible au public) de distribution en charge lente/charge rapide électrique et en fiabiliser la chaîne d'information pour que l'utilisateur puisse connaître les éventuelles contraintes d'accès aux bornes (gabarit etc..).

**Actions des acteurs de la chaîne de valeur :**

**Transporteurs, représentants des utilisateurs de VUL, énergéticiens :** cartographier les différents besoins en bornes de recharge pour définir les priorités d'installation des bornes en dépôt, à domicile et en itinérance.

**Propositions d'évolution des politiques publiques formulées par les acteurs de la chaîne de valeur :**

Favoriser le développement de la technologie permettant d'utiliser directement grâce à son stockage, l'énergie électrique produite par panneaux solaires sur les sites des entreprises pour recharger les VUL

*b) Pour l'avitaillement en hydrogène*

Le développement d'un réseau d'avitaillement en hydrogène suffisamment structuré a été identifié comme un frein à l'utilisation des VUL à hydrogène.

Le sujet pourra être approfondi dans la continuité des travaux de la Feuille de route.

*c) Pour l'avitaillement en GNV*

Les VUL fonctionnant aux GNV sont utilisés majoritairement en zone urbaine, pour des livraisons de proximité par exemple. Sa composante bioGNV lui permet de jouer un rôle dans la transition vers la neutralité carbone.

La disponibilité du produit sur le territoire est relativement bonne avec plus de 280 points d'avitaillement identifiés fin 2022, au-delà des objectifs nationaux. C'est surtout au regard du déploiement du GNV dans l'offre de transport lourd que le réseau des stations se structure. Les VUL pourront cependant bénéficier de ce développement.

## 4.5. Décarbonation des engins de chantier

### a) Une filière qui présente de fortes spécificités

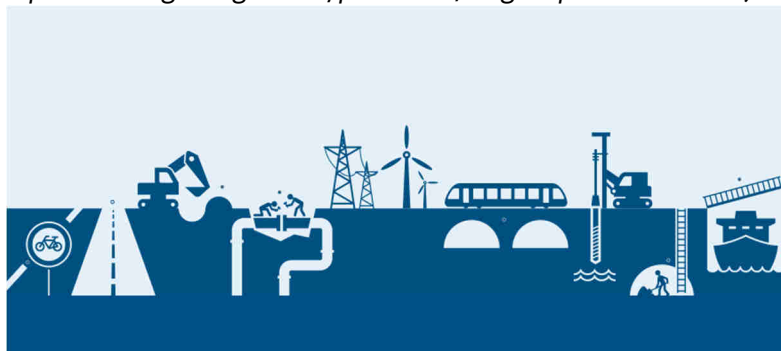
Les « engins mobiles non routiers » comprennent une grande diversité de machines, qu'il s'agisse de matériels lourds de type tombereaux ou pelles sur chenilles, de machines compactes plus légères telles que les mini pelles et les chargeuses compactes, ou encore du petit matériel telles les découpeuses.

Pour analyser l'impact de la transition énergétique sur les matériels, quelques spécificités des chantiers d'infrastructures sont ici à rappeler, ils sont :

- répartis sur tout le territoire, contrairement aux usines qui sont chacune très localisées,
- très majoritairement de courte durée (quelques semaines),
- généralement non raccordés aux utilités (électricité, gaz,...),
- mobilisant une grande diversité de métiers, d'usages et donc de matériels.

Le parc matériel dit Engins Mobiles non Routiers (EMNR *règlement européen 2016/1628, toute machine mobile, tout équipement transportable ou tout véhicule, pourvu ou non d'une carrosserie ou de roues, non destiné au transport routier de passagers ou de marchandises, y compris tout engin installé sur le châssis de véhicules destinés au transport routier de passagers ou de marchandises; ne s'applique pas aux engins agricoles/forestiers, engins fixes et navires*) est

estimé à 275 000 unités pour calculer les scénarii de cette feuille route. Il est constitué d'engins de terrassement (lourds et légers), de matériels de manutention et de levage, de matériels de travaux routiers, de matériels de compactage, de matériels de travaux souterrains, de



matériels de construction des fondations des structures, de matériels de transport, et de mise en place des matériaux... Cette liste étant loin d'être exhaustive, confère illustration.

Pour chaque application, de nombreux types de matériels sont nécessaires. En conséquence, coexistent une très grande variété de matériels de tailles diverses et variées, produits en faibles quantités par un grand nombre de constructeurs, qui conçoivent et fabriquent ces matériels pour un marché mondial, rendant très exceptionnelles les possibilités d'adaptation à un marché local.

### b) Des émissions autour de 3,3 Mt de CO<sub>2</sub> eq

. La consommation totale de gazole non routier pour les chantiers du BTP est estimée à environ 1Mtep par le SDES<sup>17</sup>, soit autour de 3,3Mt CO<sub>2</sub>.. Le Citepa estime quant à lui les émissions des engins mobiles non routier du secteur de la construction, de l'industrie manufacturière et du résidentiel à 3,3Mt CO<sub>2</sub> en 2019 et à 3,2Mt en 2020.

---

<sup>17</sup> <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/datalab-essentiel-116-produits-petroliers-b-fevrier2018.pdf>

**Tableau (1) – présentation des différents types d'engins et de leur nombre (2021)**

Type d'engin	Nombre d'engins dans le parc (2021)
Matériel lourd (tracteurs, pelles, tombereaux, niveleuses..)	61000
Machines compactes (chargeuses pelleteuses, minipelles, chargeuses compactes	68300
Chariots télescopiques	60000
Rouleaux, pilonneuses	81700
Nacelles (thermiques)	4000
<b>Total</b>	<b>275000</b>

Source : tableau GT5 trajectoire matériels

**c) Des leviers de décarbonation qui varieront en fonction du type d'engin de travaux publics**

La décarbonation des engins de travaux publics repose sur trois facteurs : l'évolution de la demande de travaux publics, l'efficacité énergétique des engins et enfin la baisse de l'intensité carbone de l'énergie utilisée par ces derniers.

L'évolution de la demande de travaux publics résultant de l'évolution plus globale de l'économie (nombre de constructions neuves, niveau d'investissement dans les infrastructures...) sur laquelle les acteurs de la filière des travaux publics ne disposent pas de leviers d'action, les travaux de la feuille de route se sont centrés sur les deux derniers leviers.

Les leviers de décarbonation du secteur dépendront fortement du type d'engin. A date, les matériels sont quasiment exclusivement à énergie thermique, diesel en grande majorité et essence pour les plus petits. Des propositions avec d'autres énergies apparaissent, mais sont limitées par le coût unitaire, couramment deux fois plus élevé.

En outre, la question de l'alimentation en énergie des chantiers est l'une des spécificités des engins de chantier qui rend difficile leur décarbonation. Les matériels ne peuvent s'approvisionner en énergie en dehors du chantier : puisqu'ils sont non routiers, l'énergie, doit leur être apportée sur site. **C'est une contrainte majeure** qu'il est indispensable de prendre en considération pour appréhender la transition.

Pour les petits engins et machines compactes, une offre se développe sur des motorisations électriques sur batteries. Cette solution pourra réduire l'empreinte carbone de la filière, sous réserve d'approvisionnement des chantiers en solutions de recharge, et de la mise en place de mécanismes de soutien afin de combler l'écart de prix à l'usage entre les solutions thermiques et électriques.

En revanche, le potentiel de l'électrification semble à ce stade plus limité pour le matériel lourd compte tenu des contraintes en termes de puissance et de la taille des batteries, qui réduit les capacités de charge utile, même si quelques constructeurs commencent à développer une offre électrique pour des engins lourds. Il sera nécessaire de créer des dispositifs d'accompagnement pour qu'ils puissent jouer un rôle significatif dans la diminution des

émissions de CO<sub>2</sub> du secteur. A court terme, la décarbonation des matériels lourds ne pourra donc s'appuyer que sur le remplacement des matériels les plus anciens (dont la longévité dépasse souvent 10 ans, puisqu'ils sont peu utilisés) par des engins équipés de motorisations de dernière génération, les normes phase V, qui permettent jusque 25% d'économie d'énergie en comparaison de matériels plus anciens.

A moyen terme, sauf progrès significatif des batteries, la piste la plus probable de décarbonation passera par l'ajout progressif dans ces motorisations de biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération puis de e-fuels et par le développement d'engins fonctionnant à hydrogène – ce dernier vecteur étant néanmoins peu adapté aux contraintes des chantiers. Ces solutions de décarbonation supposent, compte tenu de la concurrence d'usage entre les différents secteurs de l'économie pour l'accès aux ressources rares qui permettent leur production – hydrogène, biomasse –, que les engins de travaux publics bénéficient d'une priorisation.

Pour optimiser la décarbonation de ces nouvelles motorisations, il est donc primordial de pouvoir les alimenter avec des biocarburants de synthèse de type HVO/XTL et à terme en e-fuel. Le gain en émissions de GES du combiné moteur Phase V et HVO est supérieur à 90% comparé à un moteur d'ancienne génération alimenté en gazole fossile. Pour rendre la solution plus aisément adoptable, il sera utile que la fiscalité soit adaptée pour obtenir un coût similaire au carburant fossile.

Pour les matériels de plus grande taille, le développement du retrofit pourra en outre être envisagé, sous réserve de clarifications détaillées ci-après.

Enfin, la commande publique, qui représente 70% du chiffre d'affaires de la filière, peut constituer un levier transversal pour favoriser les engins de chantier qui utilisent des énergies alternatives.

d) **Trajectoire de décarbonation proposée par la filière dans le cadre de la présente feuille de route**

La trajectoire de décarbonation de la filière concernant le matériel lourd, principale catégorie en termes d'émission de GES, prévoit une baisse de la part des engins à motorisation diesel au sein des ventes annuelles d'engins neufs de 100% en 2021 à 88% en 2030 et à 60% en 2040, une part du HVO de 2% en 2021 à 10% en 2030 et 20% en 2040 et une part de l'hydrogène de 5% en 2030. Le cumul de ces leviers permet une baisse des émissions de 14% entre 2021 et 2030.

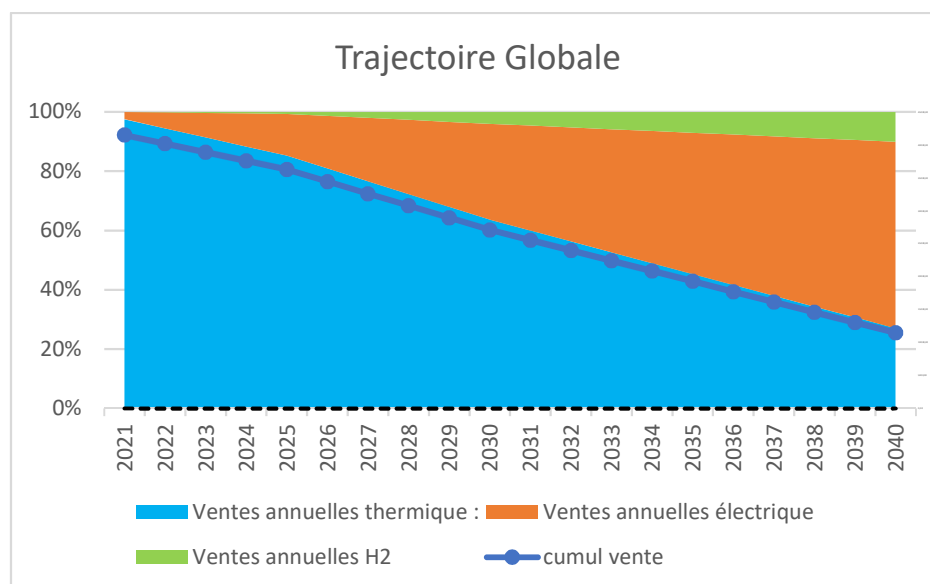
Cette trajectoire est néanmoins soumise aux incertitudes évoquées précédemment concernant les éventuels progrès des batteries et la disponibilité de la ressource en biomasse et en hydrogène.

**Tableau (2) – Projection d'évolution des parts de vente des différentes motorisations des matériels lourds**

	2021	2025	2030	2040
<b>Parc de machines lourdes (base 100)</b>	60729	60729	60729	60729
<b>Nouvelles ventes ( base 100)</b>	7052	7052	7052	7052
<b>% nouvelles ventes diesel</b>	100%	96%	88%	60%
<b>    Dont % incorporation HVO dans le diesel</b>	0%	5%	10%	30%
<b>% nouvelles ventes électriques</b>	0%	4%	7%	20%
<b>% nouvelles ventes hydrogène</b>	0%	1%	5%	20%
<b>Emissions de CO2 eq (milliers de tonne)</b>	1700	1600	1480	850
<b>Baisse des émissions (vs 2021)</b>		-5%	-14%	-47%

Source : Calculs du GT5, à partir du tableau GT5 trajectoire matériels

**L'évolution du mix-énergétique sur l'ensemble des catégories de matériels (Lourd-compacts-télescopiques-compactage) prévoit une baisse de la part des engins à motorisation thermique au sein des ventes annuelles d'engins neufs de 97% en 2021 à 64% en 2030 et à 27% en 2040. Le cumul permet une baisse des émissions de -62% entre 2021 et 2040.**



## Axe 1 : décarbonation des motorisations

### Levier 1 : Généraliser de manière transitoire les motorisations thermiques aux normes phase V

Le renouvellement des engins mobiles non routiers - EMNR - par des engins équipés de moteurs respectant les réglementations « phase V » constitue une étape transitoire permettant de commencer la décarbonation du secteur dans l'attente de l'essor des carburations alternatives – biocarburants avancés, électrique, e-fuel, hydrogène. Le passage d'une machine de plus de 5 ans d'un moteur de phase 3A à un moteur phase V permet de réduire les émissions de 22,5 % en moyenne par machine, grâce à une conception des matériels repensée. De plus, ces nouvelles motorisations permettent de réduire de 99,5 % les émissions de particules fines et de NOx.

Malgré ses avantages en termes d'émissions et de pollution de l'air, le moteur phase V reste un moteur thermique. En cela, pour pouvoir le considérer comme une voie de long terme de réduction des émissions de GES envisageable pour les engins de travaux, il devra utiliser des carburant décarbonés. Il peut néanmoins constituer une motorisation de transition jusqu'à la mise à disposition de carburants décarbonés.

Les entreprises de travaux publics manquent actuellement de visibilité sur l'évolution de la réglementation concernant ces motorisations. Les incertitudes sur la réglementation et sur les futures technologies disponibles diminuent la valeur résiduelle des engins, et nuisent aux souhaits d'investissement. Par ailleurs, le dispositif de suramortissement accordé à ces EMNR n'a pas été reconduit en loi de finances pour 2023. Il aurait été souhaitable de reconduire cette mesure, en la simplifiant et en l'étendant aux loueurs d'engins de travaux.

**Actions à mener par la filière :**

Acquérir les motorisations aux réglementations phase V selon le rythme prévu par la présente feuille de route (*entreprises de TP, motoristes, distributeurs de matériels, loueurs*) ;  
Communiquer sur les technologies, énergies, réglementations actuelles pour mieux afficher les gains atteignables à travers des moteurs thermiques plus efficaces et moins émetteurs de GES, ainsi que les autres bénéfices de ces moteurs (sécurité, pollution de l'air...) (*entreprises de TP, motoristes, distributeurs de matériels, loueurs*).

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

Remettre en place une mesure d'accompagnement à l'investissement venant remplacer l'ancien dispositif de suramortissement, en le simplifiant et en l'étendant aux loueurs d'engins de travaux.

**Levier 2 : Déployer les biocarburants de synthèse pour tous les matériels**

L'utilisation des biocarburants de synthèse (HVO/XTL), qui n'entrent pas en concurrence avec la production alimentaire contrairement aux biocarburants de première génération, permet de réduire les émissions de GES du puit à la roue jusqu'à 83 % par engin (ADEME). La filière propose d'utiliser du HVO immédiatement avec une montée progressive en volume suivant disponibilités dans le parc des EMNR diesel. De plus, le HVO est immédiatement utilisable par les motorisations existantes des engins de travaux et peut être incorporé jusqu'à 100%.

Ce déploiement du HVO se heurte néanmoins à plusieurs freins. L'arrêté du 19 janvier 2016 relatif à la liste des carburants autorisés ne permet pas son utilisation. Ensuite, bien que les quantités en jeu restent modestes au regard des autres secteurs du transport (0,1 m<sup>3</sup>/an pour décarboner 10% des EMNR), il convient de prendre en compte les potentiels conflits d'usage de la biomasse avec les autres secteurs – industrie, transport aérien, maritime ou routier, bâtiment. L'emploi de HVO pour le matériel lourd du BTP pourrait être priorisé compte tenu de la difficile électrification des chantiers et de ces derniers. Enfin, l'avitaillement du secteur des travaux publics suppose une logistique particulière liée aux spécificités de cette activité : les engins non-routiers ne peuvent pas s'avitailer en énergie de la même manière que les autres véhicules lourds. Le chantier doit être directement avitaillé en énergie, souvent pour une durée limitée. Par ailleurs, l'arrêté cité précédemment ne permet pas la livraison en « bord à bord » directement dans les engins sur le chantier, ce qui contraint les entreprises de travaux publics à mettre en place une cuve de stockage sur chaque chantier utilisant des biocarburants ce qui favorise le vol de carburant.

**Actions à mener par la filière :**

Homologuer l'usage du HVO sur le plus grand nombre de matériels possibles (*motoristes*) ;  
Proposer des solutions d'avitaillement des biocarburants directement sur les chantiers (*participer à l'écriture de la réglementation*).

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

Au travers de la fiscalité, rendre la tarification des biocarburants de synthèse au même niveau que celle du carburant fossile substitué ;  
Autoriser l'utilisation des biocarburants dans les EMNR en modifiant l'arrêté du 19 janvier 2016 relatif à la liste des carburants autorisés ;  
En cas d'arbitrage nécessaire entre secteurs économiques, assurer le fléchage d'une partie de la ressource en biocarburants avancés vers le secteur des travaux publics pour avitailler au minima 10 % du parc à motorisation diesel en 2030 ;

### Levier 3 : Électrifier les machines compactes

En raison des contraintes en termes de puissance et de charge utile ainsi que des contraintes d'alimentation des chantiers, l'électrification du matériel lourd de travaux publics ne sera pas une solution immédiatement disponible. La filière estime que les motorisations électriques ne pourront représenter 7% des nouvelles ventes pour le matériel lourd en 2030, sauf progrès significatif des batteries, sur lequel misent quelques constructeurs seulement à ce stade.

Au contraire, les machines automotrices compactes à conducteurs portés, telles que les engins de terrassement, les chariots télescopiques, les nacelles élévatrices ou les finisseurs, sont susceptibles d'évoluer rapidement vers des motorisations électriques à batterie. La filière estime des ventes annuelles de matériels compacts à hauteur de 48% en 2030 (soit un parc à 38% électrifié) et 75% en 2040 (soit un parc à 68% électrifié).

L'électrification des matériels compacts rencontre toutefois des freins économiques. Les engins de travaux à batterie coûtent entre deux et trois fois plus chers à l'achat que leurs équivalents au GNR. À cet investissement s'ajoute le coût de l'alimentation électrique du chantier. Dans le cas d'un approvisionnement d'électricité par batterie, le coût d'une source d'électricité autonome (*powerbank*) est proche de celui d'une machine. Compte tenu de la faible maturité des batteries et de la diversité des engins de chantier, les coûts totaux de possession (TCO) des matériels compacts électriques par rapport à leurs équivalents diesel n'ont pas pu être calculé dans la présente feuille de route en raison du manque de données disponibles. Néanmoins, certains constructeurs estiment que ces TCO des matériels électriques peuvent se rapprocher de ceux des matériels thermiques. Enfin, les financeurs considèrent que la valeur résiduelle des engins électriques est nulle à l'échéance de l'amortissement, ce qui complexifie le financement des investissements dans les machines électriques.

En second lieu, le cadre réglementaire freine actuellement le développement de ces machines. Les directives encadrant la mise sur le marché d'équipements sûrs à l'échelon européen peuvent s'avérer un frein à l'industrialisation de ces solutions (directive « machines » 2006/42 CE, « compatibilité électromagnétique » 2014/30 CE, « basse-tension » 2014/35 CE, règlement batteries en cours de révision). En outre, la réglementation portant sur les matériels électriques sur l'ensemble de leur cycle de vie pourrait être harmonisée au niveau européen, et ses exigences adaptées.

Ensuite, des freins logistiques et organisationnels demandent à être levés. Les délais d'organisation et d'installation de l'alimentation électrique sur chantier peuvent atteindre plusieurs mois pour les plus grandes puissances. De plus, la multiplicité des technologies et des protocoles de recharge limite l'interopérabilité des matériels et contraint les exploitants à des formations fréquentes.

Enfin les collaborateurs devront acquérir les compétences spécifiques liées aux caractéristiques techniques des machines électriques.

#### **Actions à mener par la filière :**

Proposer des modalités d'alimentation électrique sur chantier plus souples, moins onéreuses, et adaptées aux besoins en puissance des travaux publics, à la manière des « points de livraison mobiles » actuellement testés par ENEDIS en Bourgogne (*énergéticiens*);



Renouveler le parc de petits matériels en remplaçant les machines thermiques par des machines électriques à batterie ou raccordées au réseau, à un rythme permettant d'atteindre les objectifs de la présente feuille de route (entreprises de TP, loueurs) ;  
Créer une filière de recyclage des batteries (*constructeurs et distributeurs*) ;  
Adapter les référentiels de formation des mécaniciens et opérateurs d'atelier, en collaboration avec l'État (*entreprises de TP, constructeurs, distributeurs et loueurs*) ;  
Revoir le guide sur les habilitations électriques en collaboration avec l'État (*entreprises de TP, constructeurs, distributeurs et loueurs*) ;  
Approfondir les TCO des différentes machines électrifiables afin d'objectiver les surcoûts par rapport aux machines compactes diesel.

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

Comblent une partie de l'écart de TCO entre une machine électrique et une machine thermique par des mesures financières incitatives afin d'amorcer le verdissement de cette catégorie de machines ;  
Mobiliser la commande publique, qui représente 70% du chiffre d'affaires du secteur, pour favoriser les chantiers ayant recours aux énergies décarbonées ;  
Agir auprès des opérateurs d'énergie et des gestionnaires du réseau pour réduire les coûts et délais d'autorisation et d'installation des coffrets électriques temporaires de chantier ;  
Agir avec l'ensemble des parties-prenantes (organismes de prévention, représentants de la filière) pour normaliser l'utilisation des engins électriques, par exemple en termes de sécurité et d'interopérabilité.  
Revoir le guide sur les habilitations électriques.  
Adapter les référentiels de formation des mécaniciens et opérateurs d'atelier.

#### **Levier 4 : Électrifier les petits matériels (découpeuses, scies, pilonneuses...)**

Les matériels à conducteurs accompagnants et les matériels portés peuvent également être décarbonés en les équipant de batteries ou en les raccordant au réseau. Sont ici concernées les machines de sciage des sols, les découpeuses, les scies à chaînes diamantées, les robots démolisseurs, les pilonneuses et les plaques vibrantes. Sur ce segment de machines, les motorisations électriques sont plus matures : des retours d'expériences existent sur les matériels filaires, et des matériels à batterie sont en cours de commercialisation.

Comme les machines électriques à conducteurs portés, ces petits matériels électriques présentent un surcoût à l'achat significatif : le prix de marché pour ces machines représente plus de deux fois celui des machines équivalentes à énergie fossile. Par ailleurs, les entreprises de location ont plus de difficulté à répercuter le surcoût d'achat pour les locations de courte durée sur ce type de machine.

**Actions à mener par la filière :**

Renouveler le parc de petits matériels en remplaçant les machines thermiques par des machines électriques à batterie ou raccordées au réseau, à un rythme permettant d'atteindre les objectifs climatiques des travaux publics (*entreprises de TP, loueurs*).

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

Comblent une partie de l'écart de TCO entre une machine électrique et une machine thermique par des mesures financières incitatives (y compris via la commande publique) afin de permettre la diffusion des machines électriques à l'ensemble du marché, y compris les petites entreprises.

## Levier 5 : Développer le rétrofit

Les solutions de rétrofit à développer dans le domaine des travaux publics incluent le rétrofit des engins non-routiers vers l'énergie électrique, l'hydrogène ou motorisation phase V. Si tous les segments de matériels sont concernés, la solution s'applique en particulier aux matériels à usage urbain et aux matériels lourds. Compte tenu du coût des études et des homologations nécessaires, ce levier n'est viable qu'à condition de mutualiser ces coûts sur un nombre conséquent de matériels d'un même type.

Un frein supplémentaire à l'heure actuelle, est la durée d'immobilisation des engins durant les opérations de rétrofitage (de 12 à 24 mois suivant la technologie).

Par ailleurs, le règlement « machine » à venir, succédant à la directive 2006/42/CE, est imprécise sur le sujet du rétrofit, pouvant pénaliser voire rendre impossibles ces opérations.

### Actions à mener par la filière :

Conclure des partenariats forts et contractualisés entre constructeurs et rétrofiteurs (*constructeurs, rétrofiteurs*) ;  
Organiser la filière de rétrofitage (recenser et industrialiser) afin de réduire les coûts associés et de maintenir les garanties (*constructeurs et rétrofiteurs*);  
Industrialiser les prototypes réalisés, afin de permettre la transformation en série des matériels. L'industrialisation permettra en retour de mettre en évidence les contraintes auxquelles le rétrofit fait face dans le domaine des travaux publics, et ainsi de développer ces solutions (*constructeurs et rétrofiteurs*).

### Proposition d'évolution des politiques publiques :

Ouvrir les dispositifs d'appels à projet au rétrofit ;  
Les machines rétrofitées devront bénéficier des aides financières au même titre que les machines neuves (suramortissement, bonus).  
S'engager à maintenir la doctrine française de modification des machines, et à l'intégrer dans le guide d'interprétation du futur règlement machine succédant à la directive 2006/42/CE.

## Levier 6 : Déployer les engins de travaux à motorisation hydrogène

L'hydrogène renouvelable peut être utilisé dans les engins de travaux sous forme de pile à combustible, ou directement dans un moteur thermique. Si ces solutions sont adaptables à tous types d'engins de travaux, elles conviennent particulièrement aux plus gros engins, par exemple dans le terrassement lourd.

Le déploiement de cette solution de verdissement n'a pas encore débuté ; il débutera dès que l'accès à l'hydrogène décarboné sera garanti.

Comme pour les autres secteurs du transport, la chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène demande à être développée afin de permettre son utilisation. Dans le cas des engins de travaux publics, **le besoin d'avitaillement en énergie sur le chantier** s'ajoute aux problématiques logistiques nationales.

La conception des engins à hydrogène comprend elle-même certaines difficultés. Afin de permettre une autonomie compatible avec les rythmes de travail, les volumes et masses des réservoirs à intégrer sur les engins pourraient être insurmontables. A titre d'exemple, les valeurs

souvent citées sont de volumes de stockage multipliés par 7 à autonomie équivalente, et des masses couramment multipliées par 8 pour les solutions les moins lourdes (réservoirs en résine de synthèse).

Enfin, de nombreux points réglementaires demandent à être fixés pour faciliter l'étude des projets pilotes et accompagner au mieux la R&D.

Compte tenu de ces diverses contraintes, la filière ambitionne une part de l'hydrogène de seulement 5% des ventes en 2030 pour un parc d'environ 1192 engins (cf. tableau GT5 trajectoire matériels), avec une hausse progressive jusqu'en 2040.

**Tableau (3) – Projections de déploiement des machines lourdes à hydrogène**

	2021	2025	2030	2035	2040
<b>Part des nouvelles machines lourdes à hydrogène</b>	0%	1%	5%	13%	20%
<b>Nombre de nouvelles machines lourdes à hydrogène</b>	0	35	353	882	1410
<b>Parc</b>	0	64	1192	4542	10536
<b>Part du parc</b>	0%	0.1%	2%	8%	15%

Source : Calculs du GT, à partir des retours constructeurs (tableau GT5 trajectoire matériels).

**Actions à mener par la filière :**

Assurer la disponibilité de l'hydrogène décarboné nécessaire à la décarbonation des machines lourdes au rythme projeté par les membres du groupe de travail (*énergéticiens*) ;  
 Proposer des solutions d'avitaillement sur chantier adaptées aux usages des entreprises de travaux publics (*énergéticiens*) ;  
 Former les personnels et communiquer au sein de la filière sur les possibilités permises par l'hydrogène, afin de permettre le déploiement de cette solution dans les entreprises de travaux publics à moyen terme (*entreprises de TP, distributeurs, loueurs et constructeurs*) ;  
 Contribuer à la normalisation et à la réglementation de l'usage de l'hydrogène sur les chantiers, en coordination avec les pouvoirs publics (systèmes de recharge, réservoirs, modes de transport...) (*entreprises de TP, distributeurs, loueurs et constructeurs*).

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

En cas d'arbitrage nécessaire entre secteurs économiques, assurer le fléchage d'une partie de la ressource en hydrogène vers le secteur des travaux publics ;  
 Normaliser et réglementer l'utilisation de l'hydrogène dans les engins de travaux afin de permettre le développement des projets pilotes ;  
 Fiscalité (rendre le prix au kg rendu au chantier compétitif).

**Levier 7 : Développer l'usage des e-fuels dans les travaux publics**

Les e-fuels constituent une solution de verdissement attractive des engins de travaux, permettant de décarboner le parc d'engins existants à moteurs thermiques avec des investissements relativement faibles pour les constructeurs et motoristes. Lorsque leur production est réalisée à partir de dispositifs de capture et stockage du carbone (CCS) en sortie d'activités industrielles émissives, leur utilisation est neutre en émissions de GES.

Si cette solution présente plusieurs atouts, la production de e-fuel reste une technologie émergente, au coût élevé et au rendement particulièrement faible. Des investissements en R&D sont nécessaires pour aboutir à une solution utilisable dans les engins de travaux à horizon 2030-2050.

**Actions à mener par la filière :**

Assurer la disponibilité des quantités de e-fuels nécessaires pour contribuer à la décarbonation des travaux publics (*énergéticiens*) ;

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

Élaborer un plan e-fuel au niveau national comparable au plan Hydrogène, permettant d'amorcer le développement de la chaîne d'approvisionnement en e-fuels ;  
Développer la réglementation afin de permettre l'utilisation des e-fuels dans les engins de travaux publics ;

## Axe 2 : amélioration de l'efficacité énergétique des engins de travaux publics

### Levier 8 : généraliser les mesures d'efficacité énergétique

Ce levier recouvre cinq mesures permettant d'améliorer l'efficacité énergétique des opérations de travaux publics : l'éco-conduite, le contrôle dynamique de la pression des pneus, les dispositifs de *start & stop*, le suivi dynamique de la consommation, et le guidage des engins. Si le guidage des engins est encore en développement, les autres mesures permettent de réduire les émissions de GES à court terme, tout en nécessitant des investissements limités.

Chacune de ces mesures rencontre des freins spécifiques :

- Les formations dédiées à l'éco-conduite demandent à être généralisées, ce qui suppose la disponibilité de formateurs suffisamment nombreux pour assurer une formation au moins tous les 3 ans ;
- Les dispositifs de stop/start ne peuvent être installés que sur des engins neufs. Bien que ces dispositifs soient éligibles aux certificats d'économie d'énergie, ceux-ci sont encore trop méconnus pour jouer un rôle significatif pour inciter à la mise en place de tels systèmes ;
- Le suivi dynamique de la consommation et l'optimisation de la pression des pneus rencontrent des problèmes de coûts et d'interopérabilité ;
- Enfin, les équipements de guidage des engins constituent une solution à court et moyen terme et pourraient être rendu plus efficaces par l'utilisation des jumeaux numériques (*Building Information Modeling* (BIM) qui eux sont encore peu matures.

**Actions à mener par la filière :**

Éco-conduite : généraliser la formation à tous les utilisateurs d'engins, à échéances régulières (*entreprises de TP*).

**Proposition d'évolution des politiques publiques :**

Éco-conduite : faciliter l'habilitation des démonstrateurs pour qu'une partie des formations à l'éco-conduite qu'ils dispensent puissent être pris en charge au titre de la formation professionnelle ;  
Stop/Start : améliorer les incitations générées par les certificats d'économie d'énergie en diffusant leur connaissance auprès des acteurs du secteur ;  
Suivi des consommations et de la pression des pneus : normaliser les outils numériques au niveau européen afin d'assurer leur interopérabilité. Promouvoir d'autres solutions technologiques permettant de donner accès aux CEE.  
Financement des équipements de guidage en neuf ou seconde monte

## Conclusion

Les spécificités des chantiers de travaux publics, et des engins qui permettent de les réaliser, montrent bien que la question centrale est celle de l'approvisionnement en énergies de ces chantiers.

Les énergies promues pour l'ensemble des véhicules traditionnels, électricité, gaz/biogaz et hydrogène, occasionnent des difficultés opérationnelles majeures pour ces chantiers, par le fait que les volumes à transporter sont beaucoup plus importants que pour les carburants liquides, qu'ils soient biocarburants, e-fuel ou carburants fossiles.

Comme l'a montré l'étude Carbone 4, l'utilisation des infrastructures est un axe majeur de décarbonation de la France, puisqu'elle représente 50% des émissions de GES totales. Les chantiers de travaux publics seront donc nombreux dans les années à venir.

Les conclusions de ce chapitre sont bien que, pour les matériels compacts, les solutions électriques pourront se développer, sous réserve d'un financement de la transformation, ainsi que la mise en œuvre par les pouvoirs publics de solutions d'alimentation de ces matériels compacts.

En revanche, pour les matériels de taille plus importante représentant un peu plus de 48% des émissions de CO<sub>2</sub>, et sauf progrès technologique fort des batteries électriques, seules deux solutions peuvent permettre d'atteindre de bons résultats, pour continuer à réaliser ces chantiers. La première concerne l'utilisation de motorisations phase V en remplacement de motorisations anciennes générations. La seconde consiste en l'utilisation de biocarburants de synthèse (HVO/XTL) ou e-fuel à terme.

La première solution nécessitera de prévoir des mesures d'accompagnement à l'investissement.

La seconde solution nécessitera de sanctuariser les volumes requis de biocarburants de synthèse pour les engins de travaux publics ainsi que de rendre la tarification des biocarburants de synthèse au même niveau que celle du carburant fossile substitué au travers de la fiscalité sur les carburants.

Il est donc indispensable de procéder à un développement majeur de ces énergies, ainsi que la sanctuarisation des volumes nécessaires pour les engins des travaux publics. Sans ces solutions vertueuses, les chantiers des travaux publics seront confrontés à des contraintes logistiques majeures, augmentant très nettement les délais de réalisation et les coûts.

La filière a montré à plusieurs reprises sa capacité à s'adapter à des changements profonds sur la réduction des pollutions, mais cela n'a été possible qu'avec une planification compatible avec la longue durée de vie des engins ainsi que les capacités de développement des constructeurs au niveau mondial.

A défaut de cette programmation et planification pour l'approvisionnement chantiers, avec les nouvelles énergies, le coût des travaux sera inmanquablement lourdement renchéri, et les délais rallongés par la complexification des opérations.

Il sera nécessaire enfin de garantir aux entreprises que leurs investissements dans des matériels utilisant de nouvelles énergies, dans les prochaines années, soient utilisables sur toute leur durée d'amortissement, afin d'éviter les investissements dits échoués, qui seraient provoqués par la disparition ou l'appauvrissement de l'approvisionnement avec ces nouvelles énergies.