



Clean Hydrogen  
Partnership



# NET-ZÉRO : LE PARCOURS

Synthèse

Étude sur le déploiement stratégique des infrastructures nécessaires aux véhicules électriques à batterie et aux véhicules électriques à pile à combustible

Août 2022

Clean Hydrogen Partnership  
📍 Avenue de la Toison d'Or 56-60  
BE 1060 Brussels  
[www.clean-hydrogen.europa.eu](http://www.clean-hydrogen.europa.eu)

PARTENARIAT EUROPÉEN



Cofinancé par  
l'Union européenne



Ce rapport a été établi pour l'entreprise commune « Hydrogène propre ». Ce document est disponible au téléchargement à l'adresse <https://www.clean-hydrogen.europa.eu>.

Les informations et les perspectives présentées dans ce document ne reflètent pas nécessairement la position officielle de l'entreprise commune Hydrogène propre. L'entreprise commune Hydrogène propre ne garantit en aucune façon l'exactitude des données contenues dans cette étude. Ni l'entreprise commune Hydrogène propre ni aucune personne agissant au nom de l'entreprise commune Hydrogène propre ne pourront être tenues pour responsables de l'utilisation qui pourra être faite des informations contenues dans ce document.

Dans le cadre de cette étude, le cabinet McKinsey & Company a apporté un soutien analytique.

Les analyses présentées dans ce rapport comprennent à la fois des données issues de sources publiques et des données exclusives de l'entreprise commune Hydrogène propre et de McKinsey & Company. Le contenu du rapport a été élaboré en collaboration avec notre conseil consultatif composé de représentants d'associations sectorielles, d'agences gouvernementales, de sociétés privées et de centres universitaires et de recherche. A cet égard, nous tenons à remercier :

BP, ancien directeur général de ChargePoint et ancien président de ChargeUp Europe, H2 MOBILITY, Hydrogen Europe, membre du SRG de Clean Hydrogen Partnership (TUKE, FMMR), RWE, Toyota Motor Europe, et Volvo Energy.

Pour toute utilisation ou reproduction d'éléments n'appartenant pas au partenariat pour l'hydrogène propre, il peut être nécessaire de demander l'autorisation directement auprès des ayants droit concernés.

Le partenariat pour l'hydrogène propre ne détient pas les droits d'auteur pour les éléments suivants :

Couverture - photo : audioundwerbung, source : iStock / Getty Images Plus

# Net-zéro : le parcours

## Synthèse

La pleine réalisation de l'ambition du Pacte vert pour l'Europe nécessite un effort concerté, transverse à tous les secteurs, et en particulier aux secteurs de l'économie qui contribuent le plus aux émissions de gaz à effet de serre (GES), dont le transport routier. Le transport routier représente environ 20 % de l'ensemble des émissions de l'Union européenne (UE), lesquelles proviennent principalement des voitures particulières (VP), des véhicules utilitaires légers (VUL, tels que les fourgonnettes), des camions et des autobus.<sup>1</sup>

Les technologies qui seront nécessaires pour réussir la décarbonation du secteur du transport routier sont multiples. Le présent rapport porte sur l'étude de deux technologies prometteuses : les véhicules électriques à batterie ou « BEV » (*battery-electric vehicles*) et les véhicules électriques à pile à combustible ou « FCEV » (*fuel cell-electric vehicles*). Il reste par ailleurs nécessaire de déterminer ce que pourrait être un avenir dans lequel ces deux technologies coexisteraient dans le cadre d'un écosystème complémentaire. Cette étude représente le premier travail d'analyse approfondie réalisé sur un potentiel écosystème combiné d'infrastructures pour BEV et FCEV à travers l'Europe.

### Les technologies BEV et FCEV de pointe

Les technologies BEV et FCEV progressent rapidement et, comparativement à la technologie des véhicules à moteur à combustion interne, leur compétitivité en matière de coûts est accessible. Les technologies BEV et FCEV se situent néanmoins à des stades de développement différents, ce qui se répercute dans leurs coûts et leurs taux d'adoption actuels respectifs.

La part de marché globale et le mix de BEV et de FCEV en circulation devraient à la fois progresser rapidement et connaître une évolution parallèle à celle des technologies correspondantes et suivant les décisions prises par les utilisateurs en fonction de leurs besoins et des réalités énergétiques de leur lieu de résidence. La part de marché actuelle varie déjà nettement entre les différents segments de véhicules, c'est-à-dire entre les véhicules légers, qui incluent les VP et les VUL, et les véhicules lourds, qui incluent les camions et les autobus. La pénétration des ventes de groupes motopropulseurs électriques (xEV) dans les segments de véhicules légers a avoisiné en 2021 pas moins de 30 à 60 % dans les pays nordiques, mais seulement 2 à 3 % dans de nombreux pays d'Europe de l'est.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Net-zero Europe: Decarbonization pathways and socioeconomic implications, McKinsey, 11 novembre 2020.

<sup>2</sup> Pour plus d'informations, veuillez consulter le McKinsey Center for Future Mobility.

La pénétration des xEV dans les segments des véhicules lourds reste en moyenne plus faible, avec environ 10% des autobus mais moins de 1% des camions en 2021. La plupart des ventes de xEV dans les différents segments ont porté sur des modèles de BEV (y compris des hybrides rechargeables), tandis que les FCEV ont représenté moins de 1% des ventes réalisées sur l'ensemble des segments en 2021.<sup>3</sup>

## Réglementations impactant l'adoption des xEV et le déploiement des infrastructures correspondantes

Les efforts visant à décarboner rapidement le secteur du transport ont été intensifiés afin de favoriser la réalisation des objectifs du Pacte vert pour l'Europe (y compris le net-zéro à l'horizon 2050). Au cours des cinq dernières années, l'UE a en effet accentué ses efforts pour réglementer les émissions du secteur du transport. Les premières réglementations ont été mises en œuvre en 2017 (contrôle et déclaration des émissions de CO<sub>2</sub> générées par la consommation de carburant des véhicules légers et des véhicules lourds). Ce premier paquet de réglementations a depuis été mis à jour et renforcé à travers :

- Des paquets de réglementations ambitieux couvrant l'ensemble de l'UE (tels que le Pacte vert pour l'Europe et l'Ajustement à l'objectif 55)
- Des objectifs clairs et progressifs avec des jalons à court et long terme (dont 2025, 2030 et 2050), en particulier pour le développement des infrastructures au niveau des pays

<sup>3</sup> Pour plus d'informations, veuillez consulter le McKinsey Center for Future Mobility.

Figure F1

### Soutien de la réglementation aux BEV au niveau des pays européens pour chaque étape de la chaîne de valeur

Niveau de soutien : ■ Faible ■ Moyen ■ Elevé

Taux de pénétration des VE dans le pays	Offre					Demande			
	Electricité		BEV		Recharge	Particuliers		Entreprises	
	Production	Distribution	Production	Commercialisation	Infra-structures	Acquisition	Util.	Acquisition	Util.
<b>Elevé</b>	<i>Non pris en compte</i>		■	■	■	■	■	■	■
<b>Moyen</b>	<i>Non pris en compte</i>		■	■	■	■	■	■	■
<b>Faible</b>	<i>Non pris en compte</i>		■	■	■	■	■	■	■

Source : réglementations de l'UE, recueil des directives et des notes de synthèse, réglementations des Etats membres, recherches dans la presse



- De nouvelles réglementations sur la décarbonation axées sur le transport routier, tant pour les véhicules légers que pour les véhicules lourds, et qui favorisent l'utilisation de technologies propres (telles que celles des véhicules électriques à pile à combustible et des véhicules électriques à batterie et les carburants de synthèse)

Au niveau des pays, un régime réglementaire robuste favorise l'adoption des xEV (y compris à travers l'octroi de subventions aux entreprises et aux particuliers pour l'achat de xEV), la production d'énergie (ex: subventions pour le développement des technologies de l'hydrogène), le développement des infrastructures nécessaires aux BEV (ex: objectifs concernant les bornes de recharge pour BEV), et il existe une opportunité de soutenir à l'avenir le développement des infrastructures nécessaires aux FCEV. Cinq des dix plus grandes villes de l'UE se sont fixées pour 2023 des objectifs clairs concernant les bornes de recharge. Néanmoins, aucune ne s'est fixée des objectifs concrets pour le développement de stations de ravitaillement en hydrogène (SRH) (Figure F1, Figure F2).

## Recherche avancée sur les xEV et leurs infrastructures

Les technologies des BEV et des FCEV étant considérées comme des technologies importantes pour la décarbonation du transport routier de l'UE, leur développement a fait l'objet de nombreuses études. Afin de dresser un tableau plus détaillé de l'état de la recherche dans ces domaines, nous avons examiné une trentaine de ces études en vue de déterminer dans quelle mesure elles couvrent les cinq segments clés de notre analyse: scénarios de pénétration des xEV, sélection des États membres, coût et développement des infrastructures nécessaires aux BEV et aux FCEV, et mix optimal des deux types d'infrastructures.

Figure F2

### Soutien de la réglementation aux FCEV au niveau des pays européens pour chaque étape de la chaîne de valeur

Niveau de soutien : ■ Faible ■ Moyen ■ Elevé

Taux de pénétration des VE dans le pays	Offre				Demande				
	Hydrogène		FCEV		Ravitaillement	Particuliers		Entreprises	
	Production	Distribution	Production	Commercialisation	Infra-structures	Acquisition	Util.	Acquisition	Util.
<b>Elevé</b>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Moyen</b>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Faible</b>	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Source : réglementations de l'UE, recueil des directives et des notes de synthèse, réglementations des Etats membres, recherches dans la presse

Parmi les études ainsi examinées, aucune n'a modélisé des États membres représentatifs sélectionnés en tant qu'archétypes pour l'Europe, et très peu ont tenté d'estimer le mix optimal d'infrastructures BEV et FCEV à déployer. Quelques-unes ont cependant étudié la pénétration des FCEV et des BEV du point de vue du coût des infrastructures. L'analyse de la littérature existante a néanmoins fait apparaître certains points forts pour ce qui concerne la méthodologie :

- Des études comprenant une modélisation ascendante de l'infrastructure de recharge des véhicules électriques (IRVE), de l'extension des infrastructures du réseau, des SRH, et du coût des infrastructures de fourniture d'hydrogène ont donné des estimations de coûts plus détaillées
- Des courbes d'apprentissage technologique ont permis de mieux comprendre l'évolution de la structure des coûts dans le temps
- La comparaison du coût total de possession (TCO), en intégrant des décompositions détaillées des dépenses d'investissement dans les véhicules et des dépenses d'exploitation des véhicules, renforce l'analyse du point de vue du consommateur

Il existe pour la présente étude une opportunité unique d'apporter quatre contributions clés à la littérature existante et à la modélisation des infrastructures :

1. Présentation d'un seul et même panorama pour un ensemble complet de segments de véhicules
2. Établissement d'un haut niveau de détail par zone géographique, par type d'utilisateur, par lieu et par technologie
3. Détermination d'une stratégie de déploiement des infrastructures combinée, pour les infrastructures FCEV et BEV
4. Sélection attentive d'un panel de pays devant servir d'archétypes pour l'UE et ses différents États membres

Établir le « mix optimal » d'infrastructures à déployer constitue déjà un défi, et le faire d'une façon qui permette le développement organique des technologies à la fois BEV et FCEV est encore plus complexe. Avec ces objectifs en tête, nous avons commencé par étudier un scénario central d'adoption des xEV jusqu'en 2030 qui suit la trajectoire actuelle de l'adoption des véhicules et du développement des technologies et les objectifs de la réglementation. Jusqu'en 2050, nous projetons l'adoption globale des xEV pour être cohérents avec un parcours de réduction des émissions vers le net-zéro et nous considérons une « plage » pour le mix sous-jacent de BEV par rapport aux FCEV dans chaque segment. Pour modéliser le déploiement des infrastructures voulu, nous nous sommes d'abord interrogés : quel devrait être le déploiement optimal, pour les infrastructures, pour soutenir un parc de véhicules évolutif ? Puis : si le mix de VE en circulation évolue, en quoi cela impacterait-il les principaux indicateurs, tels que le coût, le calendrier, la faisabilité et la réduction des émissions ?

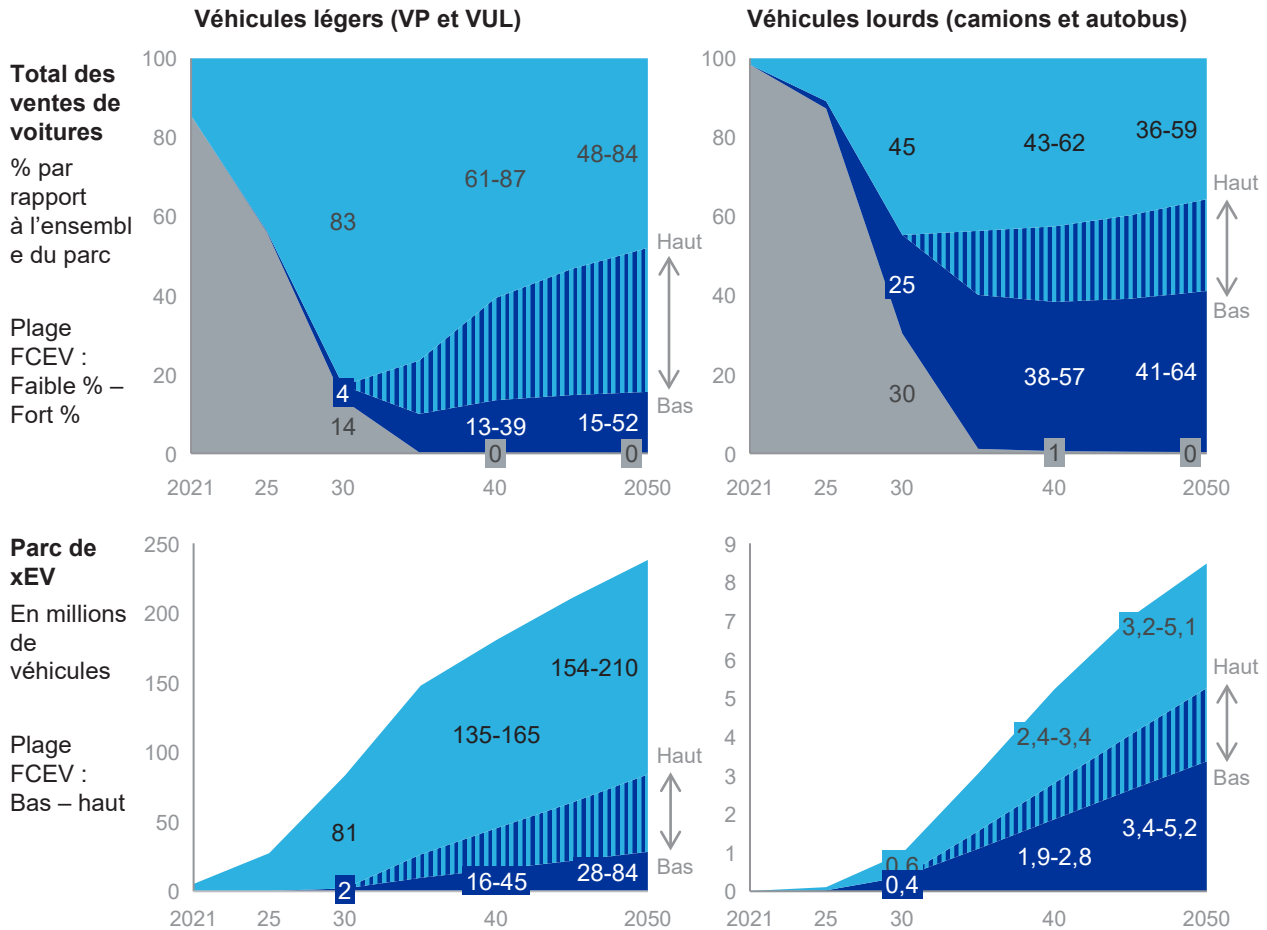
Notre scénario « net-zéro » tient compte de l'ambition « net-zéro » de l'UE, et notamment de l'objectif de réduction des émissions de 90 % pour le transport d'ici 2050 (par rapport aux niveaux de 1990), et des objectifs à court terme, plus ambitieux, fixés dans le cadre du paquet « Ajustement à l'objectif 55 » de l'UE. Ce scénario « net-zéro » a été élaboré sur la base des projections du modèle exclusif de McKinsey intitulé « Mobility Electrification Model », qui est exploité dans le McKinsey Center for Future Mobility. Ce modèle tient compte de cinq facteurs clés : comparaison des coûts totaux de possession, adoption par les consommateurs,

Figure F3

**Au-delà de 2030, le parc automobile est modélisé avec une plage de distributions des BEV et des FCEV pour permettre d'étudier les implications du point de vue du déploiement des infrastructures et des coûts**

UE-27+2

■ BEV ■ FCEV ■ Véhicules à moteur à combustion interne



Source : McKinsey Center for Future Mobility

contraintes liées à la production, objectifs des pays et objectifs régionaux. Au-delà de 2030, nous représentons le mix de groupes motopropulseurs des xEV sous la forme d'une plage de valeurs, afin de tenir compte des incertitudes entourant l'évolution des technologies considérées et de leurs applications.

Dans ce scénario « net-zéro », d'ici 2030 les ventes de xEV atteindraient environ 87 % de l'ensemble des ventes (soit 14 millions de véhicules par an) dans le segment des véhicules légers et 70 % de l'ensemble des ventes (soit 300 000 véhicules par an) dans le segment des véhicules lourds. La part des ventes totales pour les véhicules électriques augmenterait, pour atteindre environ 100 % à la fois dans le segment des véhicules légers et dans le segment des véhicules lourds (soit près de respectivement 17 millions et 500 000 véhicules par an). La pénétration des ventes devrait varier par sous-segment de véhicule et par cas d'usage, en raison des différences qui existent du point de vue des coûts d'achat, des coûts de l'énergie et des exigences des utilisateurs (Figure F3).

*Les véhicules légers et les véhicules lourds sont définis dans la partie 2.B.1 du rapport.*


## Notre méthodologie pour définir les besoins en infrastructures pour les xEV





A partir de notre scénario d'adoption « à plage », nous projetons les besoins agrégés en infrastructures pour le périmètre UE-27 plus le Royaume-Uni et la Norvège, qui font partie de cette analyse. Nous projetons d'abord les besoins en infrastructures et les coûts correspondants afin de représenter le niveau de mobilisation et de coordination à court terme qui sera nécessaire dans l'ensemble de l'Europe. A mesure que l'on se rapproche de l'horizon 2050, l'évolution de l'écosystème du transport routier est moins certaine, en particulier du point de vue des rôles que joueront les BEV et les FCEV. Nous représentons une « plage » de futurs possibles, de sensibilités et de pénétrations relatives des BEV et des FCEV sur l'ensemble des segments afin de mettre en lumière l'impact du coût de ces changements sur la montée en puissance globale des xEV.

Nous avons choisi d'axer cette étude sur les dépenses d'investissement des secteurs intermédiaires et de l'aval, y compris celles concernant les SRH et les bornes de recharge, et sur les dépenses d'investissement dans la distribution (hors coût des hydrogénoducs), et en excluant les coûts de production de l'hydrogène ou de l'électricité et l'ensemble des dépenses d'exploitation, telles que la main d'œuvre et la maintenance (Figure F4).

Figure F4

### Estimation des coûts totaux des infrastructures

 Inclus dans les estimations du coût global des infrastructures

	FCEV	BEV
 <b>Aval</b>	Dépenses d'investissement dans les SRH : <b>matériels de l'infrastructure SRH</b> (ex : pompes, compresseurs sur site)	Dépenses d'investissement dans les chargeurs : <b>matériels pour les chargeurs domestiques et infrastructure et matériels pour les chargeurs publics</b>
 <b>Intermédiaire</b>	Dépenses d'investissement dans les camions : <b>camions nécessaires au transport de l'hydrogène</b>  Dépenses d'investissement dans la compression : <b>infrastructure et matériels nécessaires pour comprimer l'hydrogène</b> avant de le transporter	Dépenses d'investissement dans les réseaux : <b>coûts de la modernisation des réseaux</b> impliqués par le secteur du transport routier
 <b>Amont</b>	Tous les <b>coûts de production</b> de l'hydrogène	Tous les <b>coûts de production</b> de l'électricité
 <b>Autre</b>	Ensemble des <b>dépenses d'exploitation</b> (ex : opérateurs de SRH, chauffeurs routiers et électricité nécessaire aux stations)	Ensemble des <b>dépenses d'exploitation</b> (ex : maintenance, logiciels et frais liés à la distribution de l'électricité)



Nous prenons en considération quatre facteurs, comme principes directeurs pour déterminer le mix d'infrastructures qui est nécessaire pour atteindre la mobilité zéro émission :

- **Coût des infrastructures.** Les dépenses d'investissement nécessaires pour déployer les infrastructures de soutien aux BEV et aux FCEV dans le cadre du futur parc de véhicules. L'accent est mis plus particulièrement sur ce facteur.
- **Calendrier et rapidité du déploiement.** La vitesse à laquelle les infrastructures peuvent être lancées pour soutenir et stimuler l'adoption des xEV. Ce facteur est également lié à l'impact du point de vue de la durabilité.
- **Faisabilité.** La disponibilité des ressources essentielles (telles que la main d'œuvre et les matières premières approvisionnées de façon durable) et d'un financement adéquat pour déployer les infrastructures.
- **Impact du point de vue de la durabilité.** Toutes choses égales par ailleurs, l'impact des BEV et des FCEV est supposé être équivalent du point de vue de la réduction des émissions. Notre hypothèse ne tient compte ici que des émissions à l'échappement, mais l'impact global du point de vue de la durabilité dépendrait des émissions à travers l'ensemble de la chaîne de valeur, y compris des émissions liées à la production de l'hydrogène et de l'électricité, des émissions liées au transport, et de l'efficacité « sun-to-wheel » (« du soleil à la roue »), aspects qui n'entrent pas dans le périmètre de cette étude.

Nous pouvons aussi considérer le mix d'infrastructures comme étant 1) le mix d'infrastructures déployées pour chaque groupe motopropulseur pour un parc de véhicules existant ou projeté et 2) le ratio infrastructures de recharge des BEV / infrastructures de ravitaillement des FCEV si les choix de déploiement pouvaient être faits indépendamment du parc de véhicules existant ou projeté. Dans ce chapitre, nous étudions les deux.

- Pour la partie 1, nous verrons comment déployer les infrastructures pour notre scénario d'adoption « à plages » de façon à réduire le plus possible les coûts tout en respectant les critères d'optimisation restants.
- Pour la partie 2, nous envisagerons plusieurs sensibilités vis-à-vis de notre scénario « à plages » afin d'illustrer la façon dont les coûts totaux du système pourraient être impactés en raison des évolutions dans l'adoption globale des véhicules ou du mix entre BEV et FCEV en circulation.

# Résultats

## Déploiement des infrastructures pour xEV jusqu'en 2030

L'augmentation du nombre de xEV en circulation nécessiterait que les infrastructures pour BEV et FCEV soient lancées rapidement. Jusqu'en 2030, notre scénario nécessiterait l'installation de pas moins de 52 millions de postes de recharge dans toute l'Europe et d'environ 5 000 SRH, chiffres à comparer à ceux d'aujourd'hui : environ 270 000 chargeurs et environ 200 SRH.<sup>4</sup>

L'investissement cumulé dans les infrastructures de recharge et de ravitaillement combinées de l'Europe atteindrait 220 Md€ d'ici 2030, et atteindrait près de 30 Md€ par an entre 2026 and 2030 par rapport à la moyenne de 2022 à 2025 (environ 18 Md€).

Environ 68 % de l'investissement global dans les infrastructures pour xEV interviendrait après 2025 (Figure F5). Le plus gros de l'investissement (environ 95 %) doit servir à répondre à la demande d'infrastructures de recharge pour les BEV, tandis que le montant des dépenses en SRH favorisera la mise à l'échelle des technologies des piles à combustible dans les segments concernés (ex : camions grands routiers).

## Déploiement des infrastructures pour xEV au-delà de 2030 et sensibilités

Au-delà de 2030, l'UE-27 (plus le Royaume-Uni et la Norvège) devra déployer entre 99 et 134 millions de chargeurs pour les BEV et 20 000 à 34 000 SRH pour les FCEV. Environ 70 % de l'investissement global serait associé au déploiement des chargeurs (pour une dépense globale de 689 à 952 Md€ pour les infrastructures de recharge de 2030 à 2050), y compris à la modernisation des réseaux (7 à 14 Md€ en moyenne et par an de 2030 à 2050) liée à la mobilité électrique. Le reste de l'investissement après 2030 (environ 65 à 117 Md€ au total jusqu'en 2050) serait consacré au lancement des SRH et au réseau de distribution. Ces investissements sont susceptibles de permettre la mise en circulation de jusqu'à 247 millions de xEV d'ici 2050.

Dans le scénario « à plages », le coût total de l'écosystème d'infrastructures pour BEV et FCEV atteindrait la somme de 1 000 à 1 200 Md€. Ce coût représente une partie importante du montant, estimé à 28 000 Md€, qui est nécessaire pour permettre à l'UE de réaliser sa transition vers le net-zéro, dans tous les secteurs, et suivant le même calendrier.<sup>5</sup> Il est important de souligner que tandis que le plus gros de l'investissement (79 à 82 %) serait réalisé après 2030, la nécessité de mobiliser 220 Md€ à court terme et d'y parvenir d'une façon coordonnée entre les États-membres et leurs régions (Figure F6) n'est pas anodine.

Sachant que la connectivité transfrontalière est essentielle pour l'économie de l'Europe, nous étudions aussi les implications du point de vue du déploiement des infrastructures le long des principaux couloirs de transport de l'UE. À cet effet, nous avons étudié les résultats de nos modèles d'infrastructures

<sup>4</sup> Source : AIE, FCH Observatory.

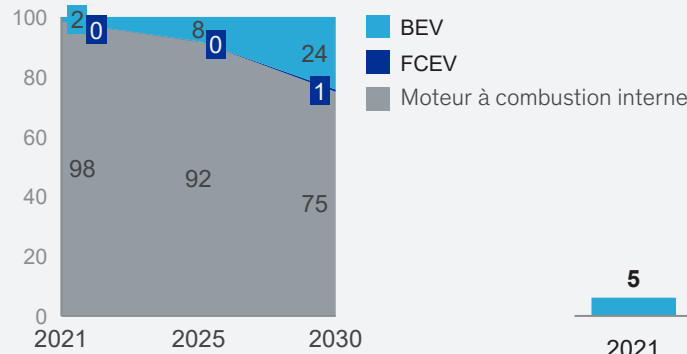
<sup>5</sup> Net-zero Europe: Decarbonization pathways and socioeconomic implications, McKinsey, 11 novembre 2020.

Figure F5

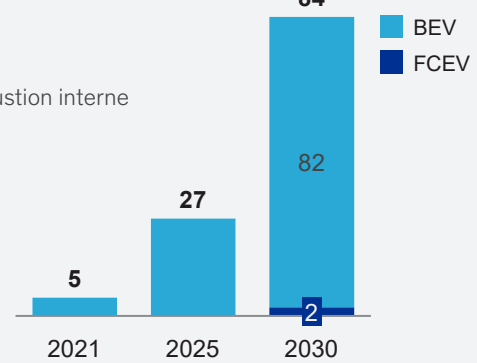
D'ici la fin 2030, le parc automobile de l'UE devrait comprendre environ 25 % de xEV - principalement des BEV - ce qui représente un besoin d'investissement de 220 Md€

Parc de xEV

Composition du parc automobile, % par groupe motopulseur

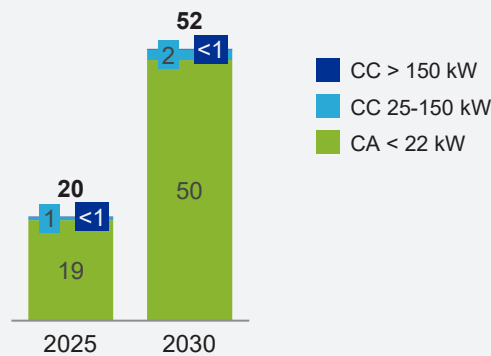


Parc de xEV, en millions de véhicules

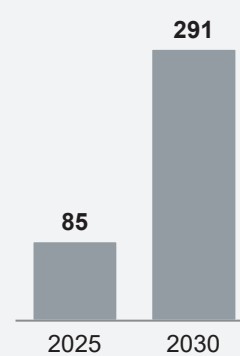


Infrastructures pour BEV

Nombre de postes de charge, en millions par type

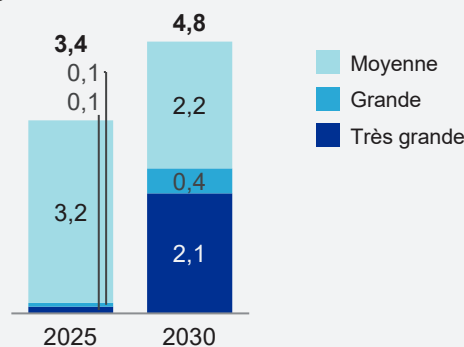


Consommation d'électricité, TWh

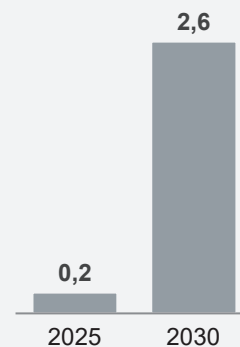


Infrastructures pour FCEV

Nombre de SRH, en milliers par taille<sup>1</sup>

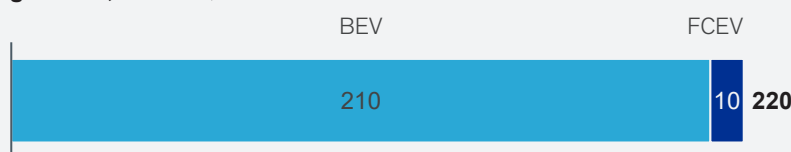


Consommation d'hydrogène, Mt



Coût des infrastructures

Dépenses d'investissement globales, 2022-30, Md€



<sup>1</sup> Station moyenne = capacité de 480 kg/jour, grande station = capacité de 1 000 kg/jour, très grande station = capacité de 4 000 kg/jour.

Source : McKinsey Center for Future Mobility

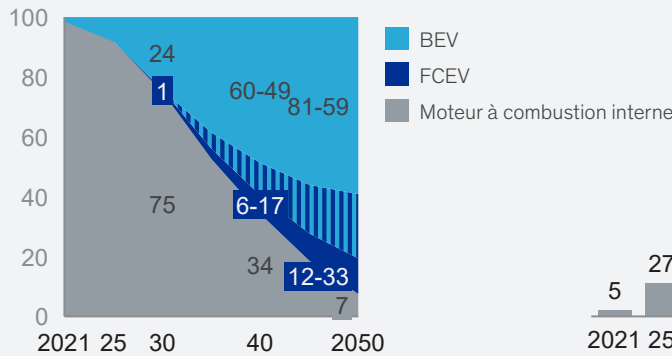
Figure F6

Entre 2030 et 2050, le parc automobile de l'UE devrait passer de 25 à 93 % de xEV, ce qui déclenchera un investissement important dans les infrastructures

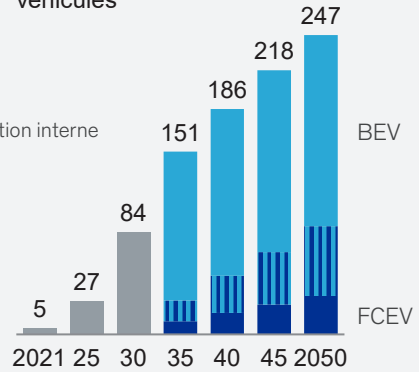
UE-27+2

Parc de xEV

Composition du parc automobile, % par groupe motopropulseur



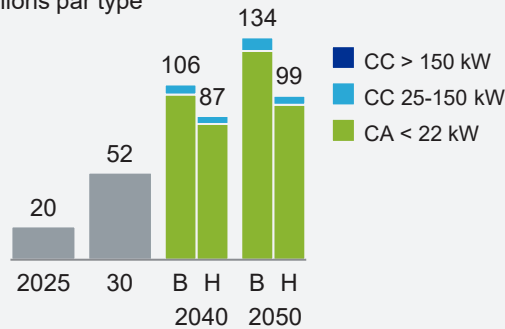
Parc de xEV, en millions de véhicules



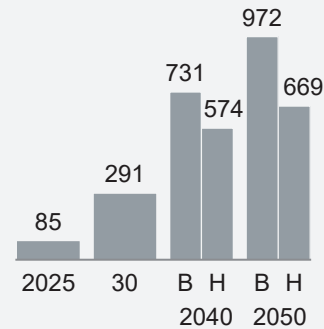
Infrastructures pour BEV

Plage FCEV :  
B Basse  
H Haute

Nombre de postes de charge, en millions par type



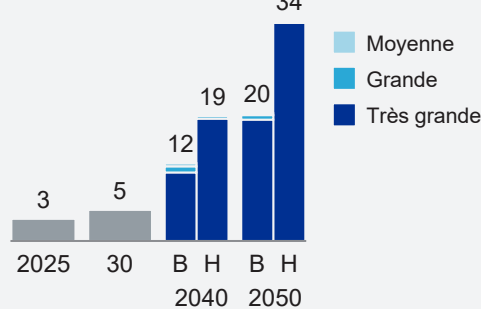
Consommation d'électricité, TWh



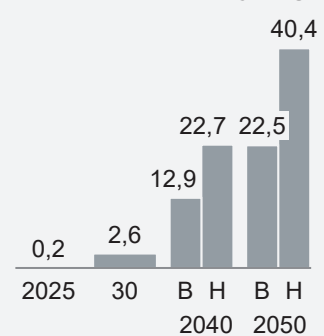
Infrastructures pour FCEV

Plage FCEV :  
B Basse  
H Haute

Nombre de SRH, en milliers par taille<sup>1</sup>

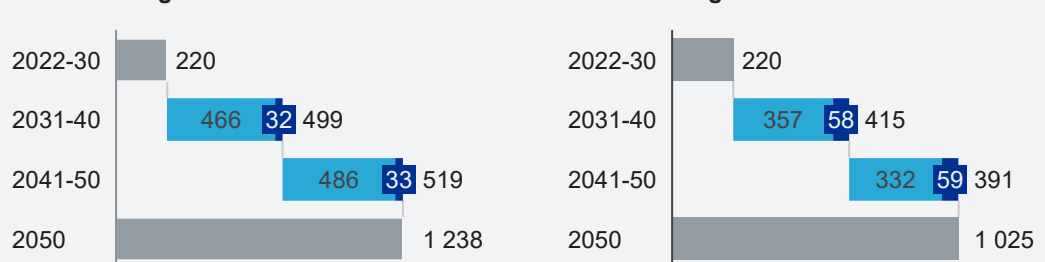


Consommation d'hydrogène, Mt



Coût des infrastructures

Dépenses d'investissement globales pour la construction des infrastructures, Md€



<sup>1</sup> Station moyenne = capacité de 480 kg/jour, grande station = capacité de 1 000 kg/jour, très grande station = capacité de 4 000 kg/jour.

et les implications dans le contexte des couloirs du RTE-T de l'Europe.<sup>6</sup> Suivant la limite haute ou basse du scénario « à plages », entre 27 000 et 32 000 chargeurs rapides publics pour véhicules légers et entre 5 500 et 8 200 chargeurs rapides publics pour véhicules lourds seraient installés le long des couloirs du RTE-T d'ici 2050.

En envisageant l'avenir lointain sous différentes formes possibles, nous avons modélisé deux sensibilités extrêmes à notre scénario « à plages » afin de démontrer l'impact sur le coût des infrastructures dans le cas où le mix de groupes motopropulseurs évoluerait dans un sens ou dans un autre. Ces sensibilités ne prétendent pas être des prévisions, ni des prédictions, mais elles apportent un degré théorique d'évolution du point de vue des besoins en systèmes d'infrastructures dans le cas où différents éléments d'entrée évolueraient (par exemple le mix de groupes motopropulseurs).

La Figure F7 montre les besoins en dépenses d'investissement dans les infrastructures pour les deux cas modèles théoriques du 100 % BEV et FCEV, par comparaison avec le scénario « à plages » pour l'ensemble de l'Europe.

- **Le 100 % BEV vs. un scénario « à plages » combiné.** Le scénario théorique selon lequel aucune infrastructure FCEV n'est développée et où il n'y a pas adoption des FCEV aboutit à un coût global des infrastructures plus élevé que dans notre scénario « à plages ». Si l'on compare les deux scénarios jusqu'en 2050, il apparaît que le coût des infrastructures augmenterait pour atteindre un montant cumulé des dépenses d'investissement de 1 500 Md€, par rapport à 1 000 à 1 200 Md€, pour le scénario « à plages », soit une augmentation de 26 à 52 %. Jusqu'en 2030, l'augmentation des dépenses d'investissement cumulées est d'environ 12 %, ou de 247 Md€, en hausse par rapport à 220 Md€, pour le scénario « net-zéro ».

Si l'on considère l'évolution des dépenses d'investissement annuelles moyennes par rapport aux dépenses d'investissement cumulées, on constate que la différence de coût augmente dans le temps, pour passer d'environ 16 % dans la période de 2026 à 2030 à 24 à 49 % dans la période de 2031 à 2040, et à 35 à 79 % dans la période de 2041 à 2050.

- **Le 100 % FCEV vs. un scénario « à plages » combiné.** Le scénario théorique selon lequel aucune infrastructure BEV (supplémentaire) n'est développée et où il n'y a pas adoption (supplémentaire) des BEV aboutit à un coût global des infrastructures moins élevé que dans notre scénario « à plages ». Si l'on compare les deux scénarios jusqu'en 2050, il apparaît que le coût global des infrastructures descendrait à 300 Md€, par rapport à 1 000 à 1 200 Md€, pour le scénario « à plages », soit une diminution de 69 à 75 %. Jusqu'en 2030, la diminution des dépenses d'investissement cumulées est d'environ 59 %, à 90 Md€, par rapport à 220 Md€, pour le scénario « net-zéro ». Si l'on considère l'évolution des dépenses d'investissement annuelles moyennes par rapport aux dépenses d'investissement cumulées, on constate que la différence de coût augmente dans le temps, pour passer de 59 % dans la période de 2026 à 2030 à 70 à 75 % dans la période de 2031 à 2040, et à 75 à 80 % dans la période de 2041 à 2050.

<sup>6</sup> La politique du Réseau transeuropéen de transport (RTE-T) porte sur la mise en œuvre et le développement d'un réseau transeuropéen de lignes ferroviaires, de routes, de voies navigables intérieures, de voies de navigation maritime, de ports, d'aéroports et de terminaux ferroviaires. L'objectif ultime est de combler les écarts et de supprimer les goulots d'étranglement et les obstacles techniques, et de renforcer la cohésion sociale, économique et territoriale de l'UE. [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t\\_nl](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_nl)



Figure F7

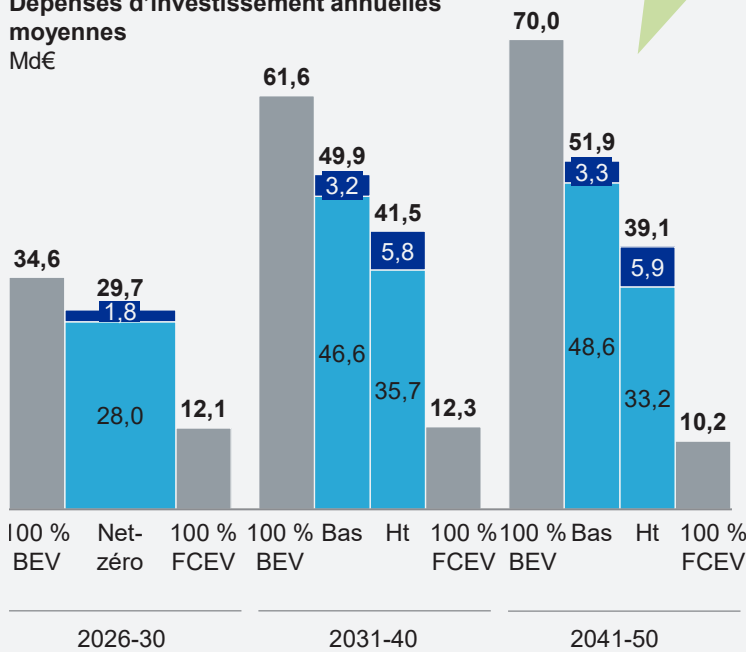
### Comparaison des dépenses d'investissement dans les infrastructures entre les cas extrêmes de répartition des groupes motopropulseurs

■ BEV ■ FCEV ■ Scénarios extrêmes

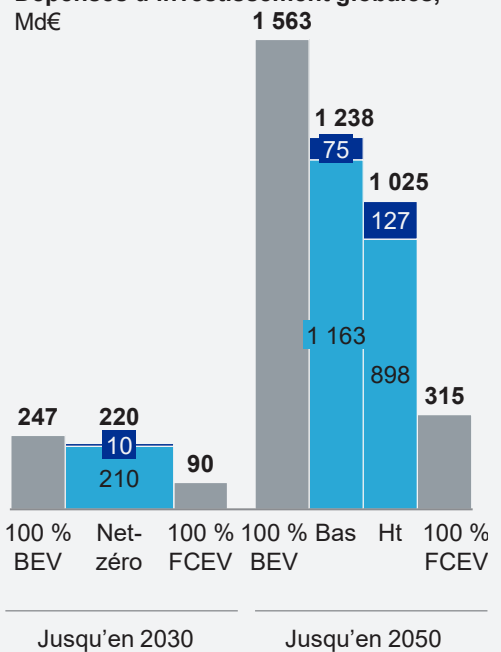


Ce graphique montre les cas modèles **théoriques** du **100 % BEV et FCEV** comparativement au scénario à plages en fonction des dépenses d'investissement dans les infrastructures et n'indique pas le coût total de possession (TCO) associé à ces parcs d'entrée. En tenant compte du TCO, le cas modèle du 100 % FCEV indiquerait un TCO suboptimal pour certains groupes d'utilisateurs et serait donc un moyen onéreux pour décarboner l'ensemble du parc.

#### Dépenses d'investissement annuelles moyennes Md€



#### Dépenses d'investissement globales, Md€



Source : McKinsey Center for Future Mobility, McKinsey Hydrogen Insights – modèle d'infrastructures FCEV, McKinsey Hydrogen Insights – modèle de demande d'hydrogène, McKinsey Global Energy Perspective

## Synergies et limitations à prendre en compte dans le déploiement des infrastructures pour BEV et FCEV

Pour les FCEV, la concurrence qui entoure l'approvisionnement en hydrogène pourrait en réalité être exploitée pour créer des synergies. Les infrastructures amont étant identiques pour la plupart des cas d'usage, il n'est pas nécessaire de développer des capacités exclusivement pour un cas d'usage donné et il est possible au contraire de partager les capacités entre tous les cas d'usage. Cela implique que la demande qui sous-tend le développement d'une offre en hydrogène vert atteindra un niveau critique très tôt et que la demande cumulée couvrant l'ensemble des cas d'usage fera rapidement baisser les coûts grâce aux économies d'échelle.

On peut avancer un argument similaire pour les synergies du secteur intermédiaire. Même si les infrastructures nécessaires à la compression et à la distribution ne sont que partiellement partagées entre le transport routier et le transport non routier ou l'industrie, il pourra toujours y avoir une interopérabilité entre les cas d'usage, ce qui conduira à des bénéfices partagés (tels qu'une plus grande couverture à coût fixe et des économies d'échelle) pour certaines applications.

Les FCEV et les BEV partagent certaines synergies dans les secteurs amont et intermédiaire. L'introduction à grande échelle de la technologie des xEV va par exemple nécessiter que l'on augmente la production d'énergie renouvelable, ce qui,

considérant l'augmentation de la demande d'énergies renouvelables dans d'autres secteurs, pourrait réduire les coûts grâce à des économies d'échelle. La capacité énergétique globale devra satisfaire la demande même pendant les heures de pointe. Grâce à leur capacité de recharge intelligente en dehors des heures de pointe, les BEV contribueront significativement à optimiser l'utilisation de cette capacité énergétique en lissant le profil de la demande tout au long de la journée.<sup>7</sup> Avec la fonctionnalité de recharge bidirectionnelle (V2G ou « véhicule-to-grid »), les BEV pourraient augmenter encore la stabilité du système et alléger la nécessité de concevoir le système de manière à ce qu'il puisse gérer les pics de demande ou d'offre extrêmes (dus à la volatilité de la production d'énergie renouvelable). Il est également possible de tirer profit des BEV de façon similaire dans la distribution et le transport plus locaux de l'électricité.

S'il existe des synergies à réaliser, il y a aussi de multiples limitations à surmonter du point de vue du déploiement des infrastructures nécessaires aux xEV. Nous entamons notre analyse de ces limitations à partir d'une série de préoccupations clés qui entourent le déploiement des infrastructures pour BEV et FCEV, et nous développons une base factuelle adaptée à chaque préoccupation, pour aboutir à une évaluation, fondée sur les données, des limitations potentielles. Au total, nous répondons à dix questions types soulevées par les experts en xEV qui participent au développement des infrastructures pour BEV et FCEV. Ces questions s'articulent autour des sujets de l'approvisionnement en énergie et des capacités de distribution, de la disponibilité des matières premières, de l'offre de main d'œuvre, du régime réglementaire, de l'attractivité pour les investisseurs privés et des préoccupations entourant l'efficacité et la capacité du point de vue de la distribution, de la régulation et des véhicules (Figure F8).

La disponibilité de l'hydrogène vert (Question 1) est un point particulièrement important, car la demande d'hydrogène pour les FCEV est en concurrence directe avec la demande d'hydrogène des autres secteurs, qu'il s'agisse de l'industrie, des bâtiments ou d'autres secteurs du transport (non routier). L'un des risques potentiels est que l'hydrogène gris continue à constituer une grande partie de l'hydrogène produit, ou que la technologie de capture du CO<sub>2</sub> de l'hydrogène bleu ne soit pas développée, ce qui empêcherait la décarbonation du transport routier. Il existe aussi le risque que l'hydrogène vert produit suivant un processus continu soit en concurrence pour l'utilisation des ressources en énergie renouvelable, lesquelles sont limitées, ce qui nécessiterait de modifier encore le réseau. Il nous semble probable que l'ensemble de l'offre d'hydrogène pourra couvrir la demande de la plupart des cas d'usage final, le but étant que l'hydrogène vert occupe une place croissante dans l'offre d'hydrogène. Néanmoins, pour répondre à la demande, nous continuerons probablement à nous appuyer partiellement sur l'hydrogène bleu.

Autre préoccupation majeure : la disponibilité d'une main d'œuvre compétente (Question 4) pour assurer la transition envisagée pour la mobilité. Nous observons les pénuries de main d'œuvre qui existent dans certains États membres, au vu des taux de vacance dont souffrent trois secteurs clés qui sont nécessaires à la réalisation de la transition de la mobilité (construction, fourniture des services collectifs, et transport et stockage). L'impact des pénuries de main d'œuvre n'est cependant pas limité au secteur de la mobilité, et pour répondre à la demande il pourrait y avoir des opportunités de faire monter en compétence ou de requalifier à grande échelle la main d'œuvre actuelle.

<sup>7</sup> BMW Group Bidirectional Charging Management Consortium, Volkswagen Group We Charge Press Release.

**H2****Hydrogène gris :**

hydrogène produit à partir du gaz naturel. Emet du dioxyde de carbone.

**H2****Hydrogène bleu :**

hydrogène produit à partir du gaz naturel. Le dioxyde de carbone est capturé ou réutilisé et n'est pas émis.

**H2****Hydrogène vert :**

hydrogène produit par électrolyse de l'eau, à partir de sources d'énergie renouvelables. N'émet pas de dioxyde de carbone.

Dans notre analyse, nous avons pris l'hypothèse d'un réseau de distribution d'hydrogène fondé sur le transport de l'hydrogène dans sa forme gazeuse par camions, plutôt que d'un réseau utilisant des hydrogénoducs ou le transport par camions de l'hydrogène liquide (Question 6). Ce choix s'explique par le fait que le transport de l'hydrogène sous forme gazeuse est la solution la plus rentable si l'on considère le coût important de la liquéfaction et l'incertitude qui entoure le futur réseau d'hydrogénoducs. Afin de tenir compte de l'impact qu'aurait dans le futur un certain développement d'hydrogénoducs, nous avons réduit la distance moyenne de transport par camions prévue d'ici 2050. Les coûts des infrastructures de distribution d'hydrogène que nous avançons dans ce rapport constituent donc une estimation prudente; néanmoins, un réseau de distribution plus affiné et plus diversifié, qui jouerait sur les avantages de chaque mode de transport et les combinerait, ouvrirait la voie à des économies opérationnelles potentielles.

## Déploiement des infrastructures pour xEV : comparaison entre États membres

S'agissant des infrastructures pour groupes motopropulseurs alternatives de l'Europe, il existe autant de réalités de terrain qu'il y a de pays. Au niveau d'un État membre, les besoins en infrastructures varieront du point de vue des investissements globaux nécessaires, du calendrier de déploiement, de la répartition des investissements entre les différentes technologies. Au lieu de tenter futillement d'appréhender la question des infrastructures suivant une approche universelle, ou encore de développer 29 modèles séparés, il semble pertinent de développer des archétypes permettant de regrouper plusieurs pays. Nous utilisons ces archétypes d'États membres pour comparer et mettre en perspective le déploiement des infrastructures pour xEV dans l'espoir de mieux comprendre les opportunités et les problématiques qui peuvent exister au niveau de chaque pays pris individuellement.

Après avoir réparti tous les États membres de l'UE et la Norvège et le Royaume-Uni entre les cinq archétypes (leaders avancés, grands leaders sur l'hydrogène et les VE, petits leaders sur les VE et les infrastructures, premiers suiveurs et autres suiveurs), nous avons cherché à mettre l'accent sur un seul État membre par archétype. Nous avons recherché les situations actuelles et les points de départ les plus extrêmes afin que notre sélection couvre un large éventail de différences du point de vue des scénarios calendaires, du trafic transfrontalier et de la participation au RTE-T, sur l'ensemble du groupe réunissant cinq États membres sélectionnés.

Figure F8

## Nous avons cherché à répondre aux dix questions les plus courantes concernant les problématiques qui entourent le déploiement des infrastructures pour xEV

Oui
  Dans certaines circonstances
  Non

Offre d'énergie	1. L'offre d'hydrogène vert sera-t-elle suffisante pour répondre à la demande des FCEV ?	<input type="radio"/>	L'offre d'hydrogène vert sera supérieure à la demande du transport routier
	2. L'offre d'électricité verte sera-t-elle suffisante pour répondre à la demande des BEV ?	<input checked="" type="radio"/>	L'offre d'électricité verte sera supérieure à la demande du transport routier, mais le mix énergétique global comprendra encore d'autres sources (ex : le gaz naturel)
Matières premières	3. Y aura-t-il suffisamment de matières premières disponibles pour permettre la transition vers la mobilité propre ?	<input type="radio"/>	L'offre d'une matière telle que le nickel, par exemple, pourrait être insuffisante, en particulier dans le cas où l'effort de recyclage ne serait pas intensifié. Des recherches importantes sur des métaux alternatifs sont en cours
Main d'œuvre	4. Y aura-t-il une main d'œuvre compétente suffisante pour permettre la transition vers la mobilité propre ?	<input type="radio"/>	Il est nécessaire de faire monter la main d'œuvre en compétence afin de répondre à des besoins spécifiques pour pouvoir satisfaire la demande (ex : métiers de l'électricité et du gaz)
Investissements	5. Les secteurs des FCEV et des BEV peuvent-ils attirer les premiers investisseurs en nombre suffisant sans qu'il faille mettre en place des incitations supplémentaires ?	<input type="radio"/>	Sans incitations d'accompagnement, les investissements directs importants qui sont nécessaires (en particulier pour les infrastructures pour FCEV) peuvent dissuader les premiers investisseurs
Distribution	6. Le transport par camions est-il le moyen de distribution de l'hydrogène le plus efficace ?	<input type="radio"/>	Oui, pour les petites quantités et pour un réseau naissant, mais pour les grandes quantités un hydrogénéoduc est plus efficace
	7. Le réseau électrique est-il suffisamment solide pour permettre la transition énergétique et la pénétration des BEV ?	<input type="radio"/>	Le réseau nécessitera des investissements supplémentaires pour pouvoir permettre la transition énergétique
Infrastructures et véhicules	8. Y a-t-il des réglementations locales qui empêchent le développement des FCEV ?	<input checked="" type="radio"/>	Il existe certaines réglementations locales sur l'environnement qui imposent aux développeurs de SRH de demander des permis spécifiques si leur capacité dépasse un certain seuil
	9. La chaîne de valeur des FCEV est-elle écoénergétique, comparé à celle des BEV ?	<input type="radio"/>	Les FCEV sont moins écoénergétiques que les BEV, en raison des pertes liées à la production et au transport de l'hydrogène, et à sa conversion en électricité <sup>1</sup>
	10. Le choix de modèles de FCEV proposé aux clients est-il suffisant ?	<input type="radio"/>	Les annonces actuelles de modèles font que la disponibilité des modèles de FCEV à court terme est très nettement inférieure à celle des BEV et des véhicules à moteur à combustion interne. Néanmoins, la technologie des FCEV se développe rapidement

<sup>1</sup> L'hydrogène vert peut cependant représenter une énergie renouvelable qui n'est autrement pas capturée lors de l'entrée dans la chaîne de valeur de l'énergie.

Sur la base de ces considérations, nous avons sélectionné les États membres de l'UE suivants :

- **Suède.** Parmi les leaders avancés, la Suède présente la pénétration des VE la plus forte, les infrastructures pour VE les plus développées et le plus haut niveau de développement et de pénétration des énergies renouvelables.
- **Allemagne.** Parmi les grands leaders sur les VE, l'Allemagne se classe à part dans l'archétype, en raison de sa taille, de la complexité de son système d'infrastructures routières et de réseaux urbains, et de sa forte exposition aux couloirs du RTE-T.
- **Pays-Bas.** Parmi les petits leaders sur les VE et les infrastructures, les Pays-Bas sont un exemple extrême du fait pour un pays d'être petit en superficie et dense en population.
- **Italie.** Parmi les premiers suiveurs, l'Italie se distingue à la fois par sa capacité à réussir à développer des énergies renouvelables et par ses annonces publiques concernant ses plans de développement de l'hydrogène.
- **Pologne.** Parmi les autres suiveurs, la Pologne a un très haut niveau de trafic transfrontalier.

Si l'on étudie spécifiquement les dépenses d'investissement, on constate de grandes différences, entre les cinq États membres représentatifs, du point de vue de l'investissement global nécessaire. En termes absolus, les pays à la fois vastes et à grande densité de population tels que l'Allemagne dépenseraient cinq à dix fois plus que les pays plus petits comme les Pays-Bas ou la Suède (pour l'Allemagne, le niveau d'investissement absolu est plus élevé, en raison surtout de l'importance de son parc de véhicules (et de sa population) et parce que le pays compte davantage de kilomètres de routes sur lesquelles il faudrait construire un réseau viable). Les pays tels que la Suède dépenseraient le moins, en termes absolus, avant tout parce que leur parc de véhicules est plus petit et leur réseau routier est plus clairsemé, et parce qu'ils ont déjà déployé davantage de chargeurs (Figure F9).

Suivant le PIB, l'investissement dans les infrastructures sera plus élevé pour certains États membres (par exemple la Pologne) que pour d'autres (comme les Pays-Bas) (Figure F10). Même s'il existe une corrélation entre le PIB et l'investissement global nécessaire, les États membres qui sont en retard sur la pénétration des xEV par rapport à la moyenne de l'UE devront dépenser davantage pour rattraper leur retard. De plus, le mix de types de véhicules fait aussi partie des facteurs clés déterminants : la Pologne, par exemple, compte une part de véhicules lourds plus importante que celle des autres pays, et l'investissement comparativement plus important qui est à réaliser pour servir ces segments de véhicules a pour effet d'augmenter l'investissement global qui est nécessaire dans ces pays.

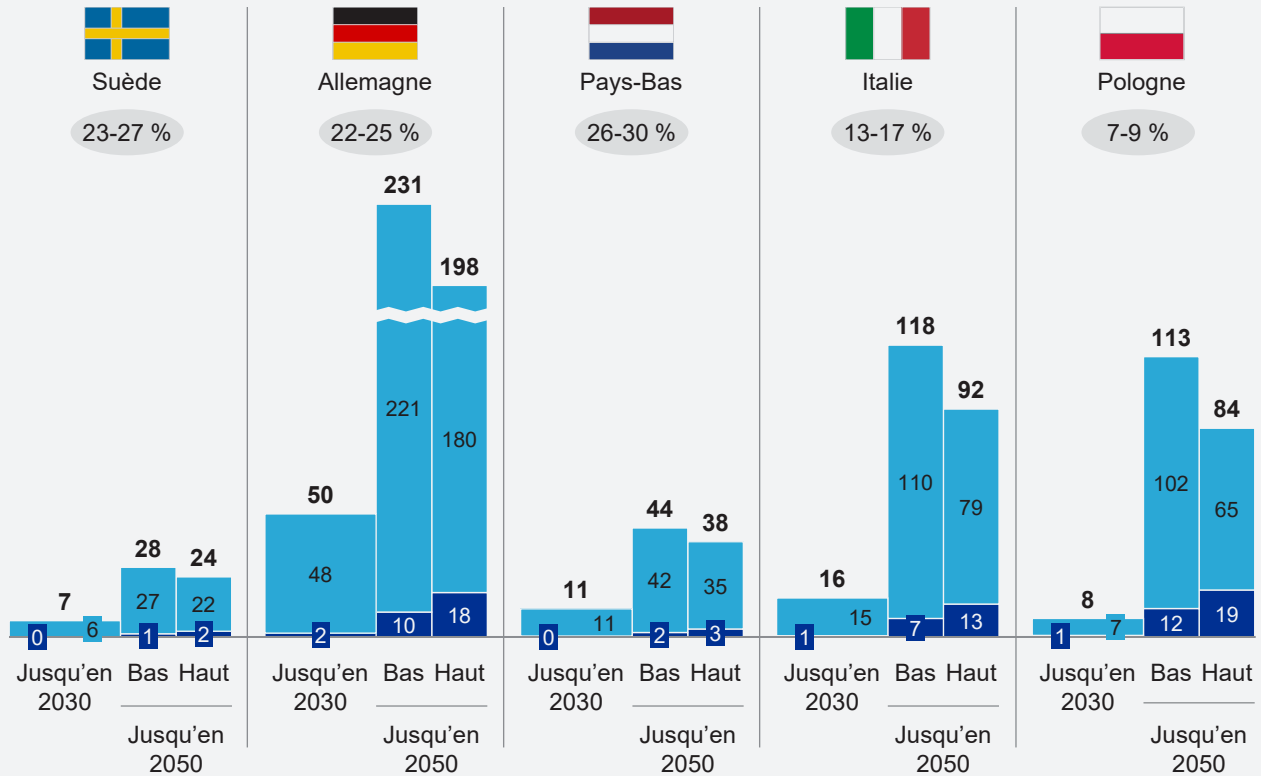


Figure F9

### Le calendrier des investissements globaux dans les infrastructures varie en fonction des spécificités des États membres

■ BEV ■ FCEV % Part des dépenses globales qui est nécessaire avant 2030

Dépenses d'investissement globales par Etat membre sélectionné, Md€



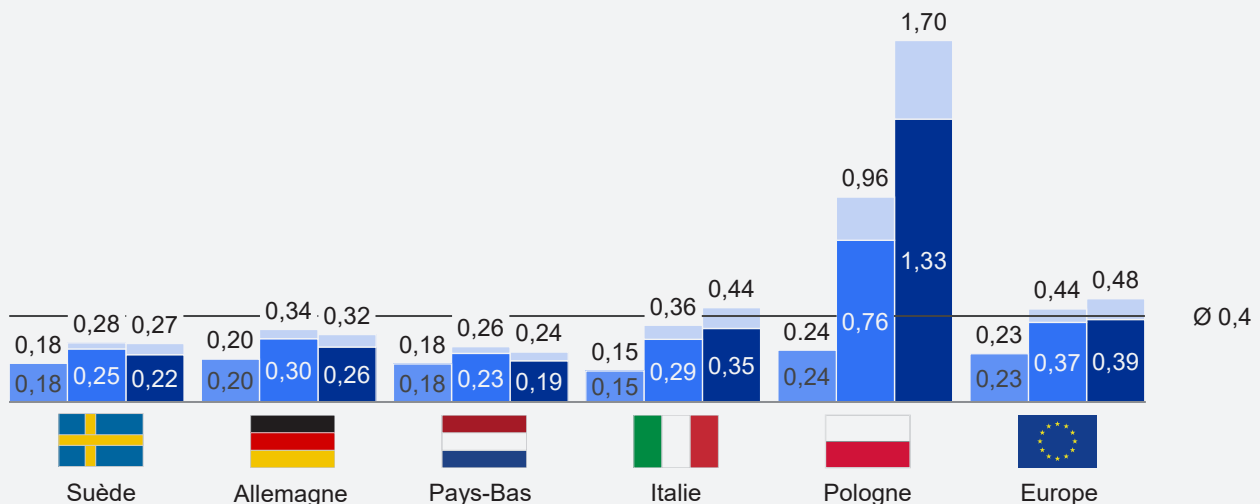
Source : McKinsey Center for Future Mobility, McKinsey Hydrogen Insights – modèle d'infrastructures FCEV, McKinsey Hydrogen Insights – modèle de demande d'hydrogène, McKinsey Global Energy Perspective

Figure F10

### La part des investissements dans les infrastructures varie entre les pays en fonction du PIB

Part des dépenses d'investissement annuelles moyennes par rapport au PIB de 2020

FCEV - plage haute (ou l'équivalent du scénario « net-zéro » jusqu'en 2030) : ■ 2025-30 ■ 2030-40 ■ 2040-50 ■ FCEV plage basse



Source : McKinsey Center for Future Mobility, McKinsey Hydrogen Insights – modèle d'infrastructures pour FCEV, McKinsey Hydrogen Insights – modèle de demande d'hydrogène, McKinsey Global Energy Perspective, FMI : base de donnée WEO (World Economic Outlook) – octobre 2021

# Éclairages et recommandations clés pour les décideurs

La transition vers un système de mobilité décarboné est un levier essentiel pour réaliser l'ambition « net-zéro » de l'UE. L'évolution vers les xEV dans le transport routier sera déterminante pour la réalisation de cet objectif. Néanmoins, au fur et à mesure que le parc routier européen s'écartera des véhicules à moteur à combustion interne, les infrastructures liées aux véhicules devront aussi évoluer dans ce sens. Notre étude des besoins en infrastructures pour xEV nous a permis d'aboutir à deux éclairages clés :

1. **Deux infrastructures valent mieux qu'une.** Un futur mix d'infrastructures optimal comprendrait à la fois un système d'infrastructures pour BEV et un système d'infrastructures pour FCEV. Décarboner le parc routier de l'UE à travers le déploiement des deux technologies peut permettre de réduire le risque et devrait coûter moins cher, du point de vue des infrastructures, que si seule l'infrastructure BEV devait être déployée. Notre analyse a montré qu'un écosystème 100 % BEV pourrait coûter 3 000 à 5 000 Md€ de plus d'ici 2050 du point de vue des infrastructures qu'un écosystème combiné. Le développement de multiples technologies peut aussi permettre de réduire le risque d'épuisement des ressources et d'alléger d'autres goulots d'étranglement du déploiement qui pourraient apparaître si l'on ne devait suivre qu'une seule orientation technologique. Enfin, la disponibilité des deux technologies pourrait accélérer l'adoption des xEV, car les utilisateurs apprendront à choisir entre les différents groupes motopropulseurs en fonction de leurs besoins.

Le fait d'investir dans les deux technologies procure des avantages du point de vue des infrastructures et du coût total de possession (TCO), par opposition à un investissement dans une seule. Pour autant, cette transition a un coût : une partie de la demande de xEV est stimulée par l'attractivité croissante du TCO, mais l'adoption de masse ne deviendra une réalité que lorsque chaque propriétaire d'un xEV aura accès à un réseau de recharge et de ravitaillement fiable et déployé stratégiquement. Pour déployer les 99 à 134 millions de chargeurs et les 20 000 à 34 000 SRH qui seront nécessaires au futur parc routier européen, un investissement global dans les infrastructures d'environ 1 000 à 1 200 Md€ sera nécessaire d'ici 2050 – investissement dont la plus grande part sera réalisée après 2030 (avant 2030, l'investissement effectif ne s'élèvera qu'à 220 Md€).

2. **Les incertitudes entourant l'adoption des FCEV représentent à court terme un risque limité pour l'investissement.** Les incertitudes qui entourent la pénétration des FCEV auront un impact limité sur le nombre de stations de ravitaillement déployées et sur le coût global de l'investissement jusqu'en 2030, car dans tous les cas il est nécessaire de développer un réseau minimum – quel que soit le taux de pénétration des FCEV – pour pouvoir soutenir le développement de la technologie. L'investissement global nécessaire pour financer le développement des infrastructures FCEV à court terme est lui aussi très faible en termes relatifs. Jusqu'en 2030, l'investissement dans les infrastructures FCEV s'élèverait en effet à environ 10 Md€ (soit environ 5 % de l'investissement global jusqu'en 2030).

Nos observations sur le déploiement optimal des infrastructures BEV et FCEV nous ont permis de formuler un certain nombre de recommandations porteuses d'éclairages pour les décideurs :

**Mettre en œuvre des politiques de soutien au développement des technologies à la fois des BEV et des FCEV.** Parvenir à l'adoption des deux technologies et au renforcement des infrastructures nécessaires nécessite un environnement réglementaire favorable. Il faudra des politiques « technologiquement neutres » (c'est-à-dire des politiques qui évitent de favoriser pas une technologie en particulier par rapport à l'autre) pour soutenir le développement organique dans les zones géographiques et les cas d'usage où les technologies seront les plus attractives pour les utilisateurs.

**Apporter un soutien financier pour réussir le développement des infrastructures à l'échelle.** Répondre aux besoins minimum de réseaux et apporter un soutien pour le trafic transfrontalier sera essentiel lors des premières phases d'adoption des xEV. Le lancement d'un réseau minimum pour la recharge est bien avancé, mais le déploiement d'un réseau minimum de SRH équivalent est encore embryonnaire. Sachant que l'utilisation initiale d'un réseau destiné à servir les FCEV est faible, une intervention des responsables politiques serait nécessaire. Elle devrait viser les stations qui ont « l'effet réseau » le plus fort, en déclenchant des investissements privés supplémentaires dans les infrastructures pour FCEV. Pour les BEV, il est nécessaire de déployer les infrastructures de recharge même dans les endroits où le business case n'est pas convaincant à court terme. Dans ces endroits, tels que les zones rurales, où les modernisations peuvent être onéreuses ou relativement inhabituelles, un soutien pourrait être bénéfique pour le lancement des infrastructures de recharge et pour les modernisations du réseau qui seront nécessaires.

**Planifier les infrastructures d'une manière à ce qu'elles puissent absorber l'accélération de l'adoption des xEV.** Les infrastructures devraient présenter une « compatibilité ascendante », avec des technologies standardisées et une interopérabilité. Pour ce qui concerne la planification des réseaux, y compris du réseau électrique, il faudrait tenir compte du scénario à l'échelle, et la technologie doit être modernisable pour permettre d'atteindre des rendements de recharge et de ravitaillement plus élevés (et potentiellement d'utiliser des technologies de recharge différentes, telles que la recharge inductive). Il faut aussi développer des infrastructures de recharge rapide et des SRH qui seront extensibles dans le temps.

**Équilibrer la coordination au niveau de l'UE avec l'aide personnalisée des États membres.** La collaboration entre les États membres est essentielle pour aboutir à des infrastructures hautement efficaces pour les deux technologies. Les États membres devraient aussi adopter des politiques différentes qui soient de nature à leur permettre de créer le mix d'infrastructures « optimal » qui leur conviendra. L'état actuel du développement des infrastructures, la pénétration des xEV existante et les habitudes de recharge et de ravitaillement varient en fonction des États membres, ce qui aura un impact du point de vue des perspectives des infrastructures, du calendrier de déploiement et des besoins d'investissement globaux.

**Traiter certains obstacles précis pour accélérer l'adoption des xEV et le développement des infrastructures.** En plus de la nécessité d'apporter un soutien ciblé pour permettre le déploiement des infrastructures pour xEV, d'autres obstacles clés doivent être traités, dont la modernisation du réseau électrique de l'UE, qui est complexe, afin de faciliter le transport routier électrifié. Notre analyse suggère que jusqu'en 2050 il faudrait investir entre 200 et 260 Md€ dans la modernisation du réseau pour les besoins de la recharge des BEV. Des modèles de FCEV supplémentaires devraient aussi être lancés pour répondre aux besoins des utilisateurs.

**Réaliser des synergies d'écosystème à travers le déploiement des infrastructures pour xEV.** Le développement des technologies des BEV et des FCEV présente des synergies avec d'autres utilisations finales. Il existe en particulier des synergies potentielles dans les parties amont et intermédiaire des chaînes de valeur respectives des deux technologies (notamment à travers l'interopérabilité des infrastructures et la capacité supplémentaire développée). Enfin, il est important de souligner que le développement d'un écosystème de production et de distribution de l'hydrogène peut faciliter la décarbonation dans d'autres secteurs, et que les améliorations du réseau électrique qui sont nécessaires pour servir les BEV faciliteraient aussi une plus grande électrification dans l'ensemble de l'économie européenne.







Office des publications  
de l'Union européenne