



Enjeux du développement des véhicules électriques

27 septembre 2019

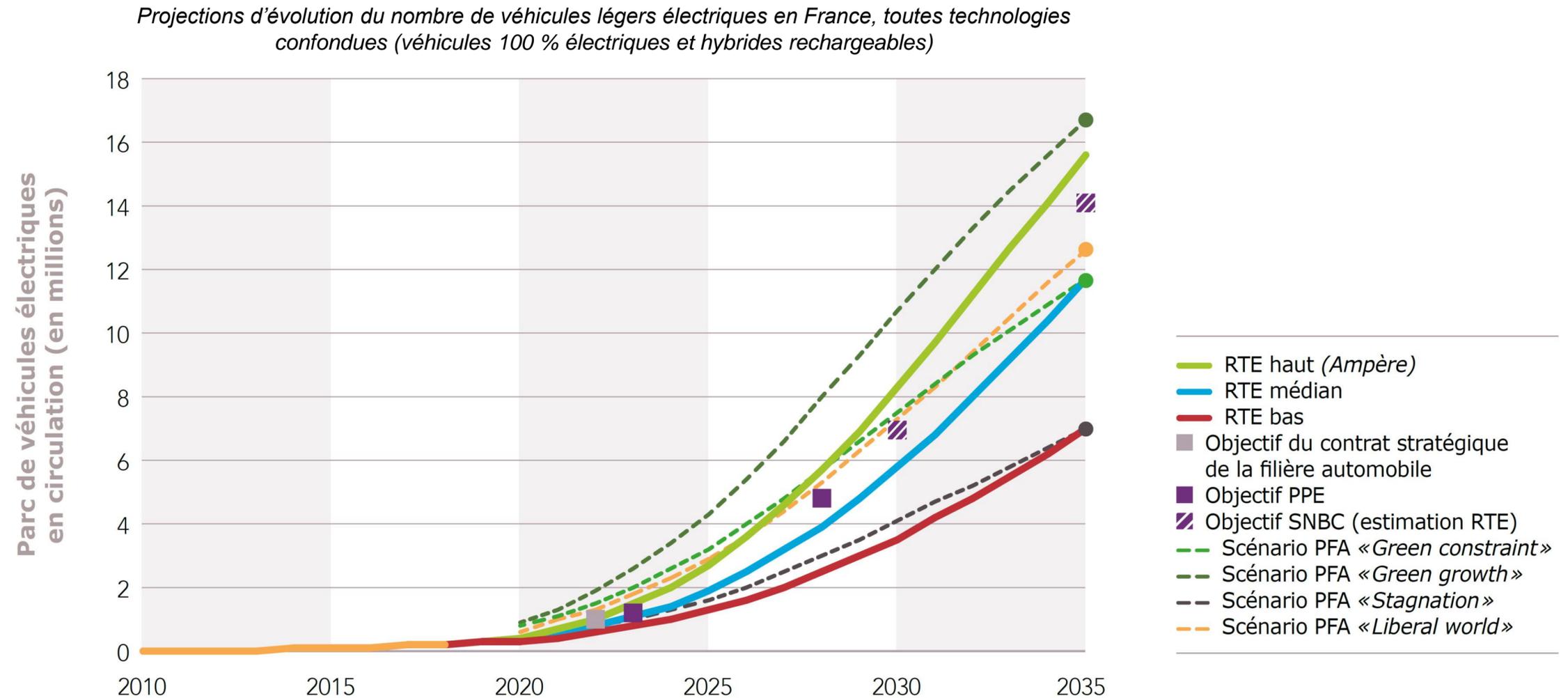


1

Cadre de l'étude

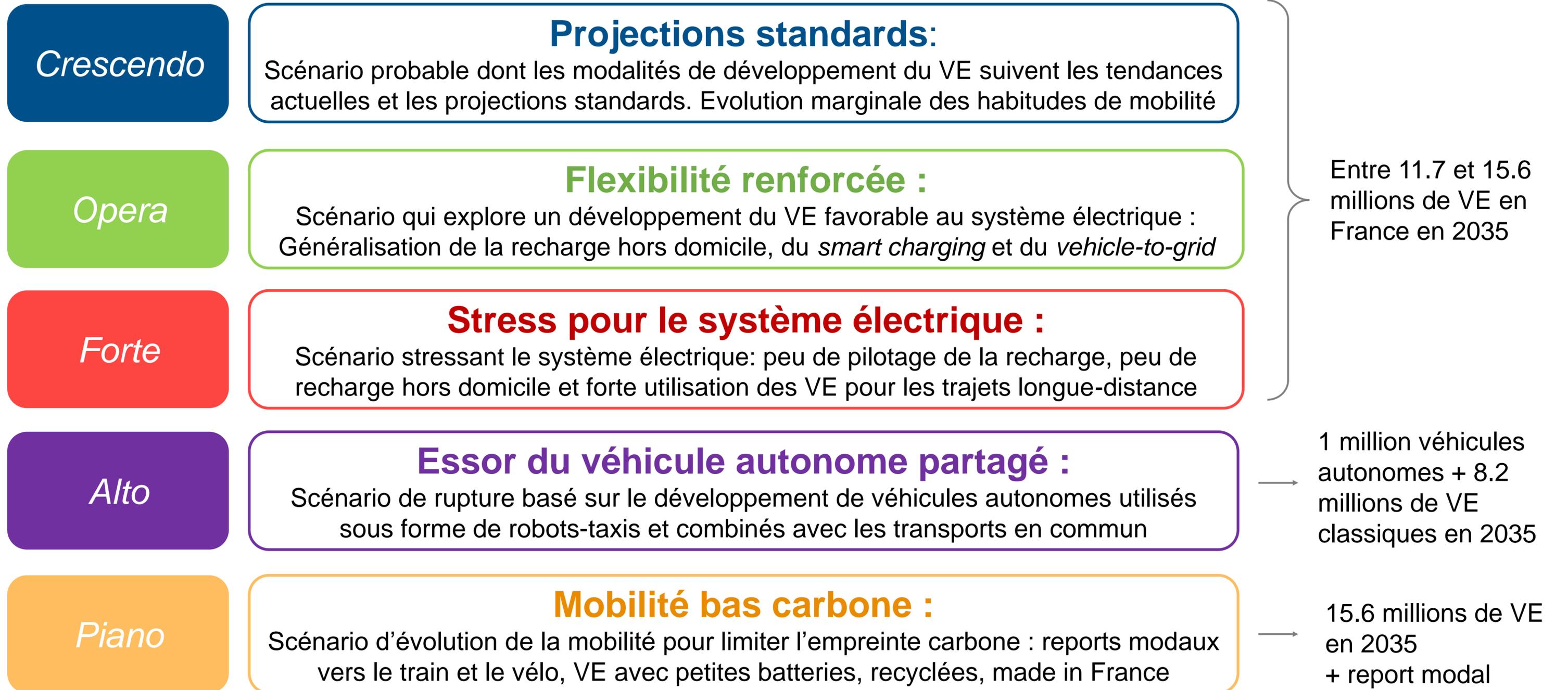
L'essor de la mobilité électrique est désormais une certitude

- **Constructeurs: 11,7 millions de VE** à l'horizon 2035
- **Pouvoirs publics: 15,6 millions de VE** à l'horizon 2035





Cinq scénarios contrastés pour évaluer les impacts du développement de la mobilité électrique





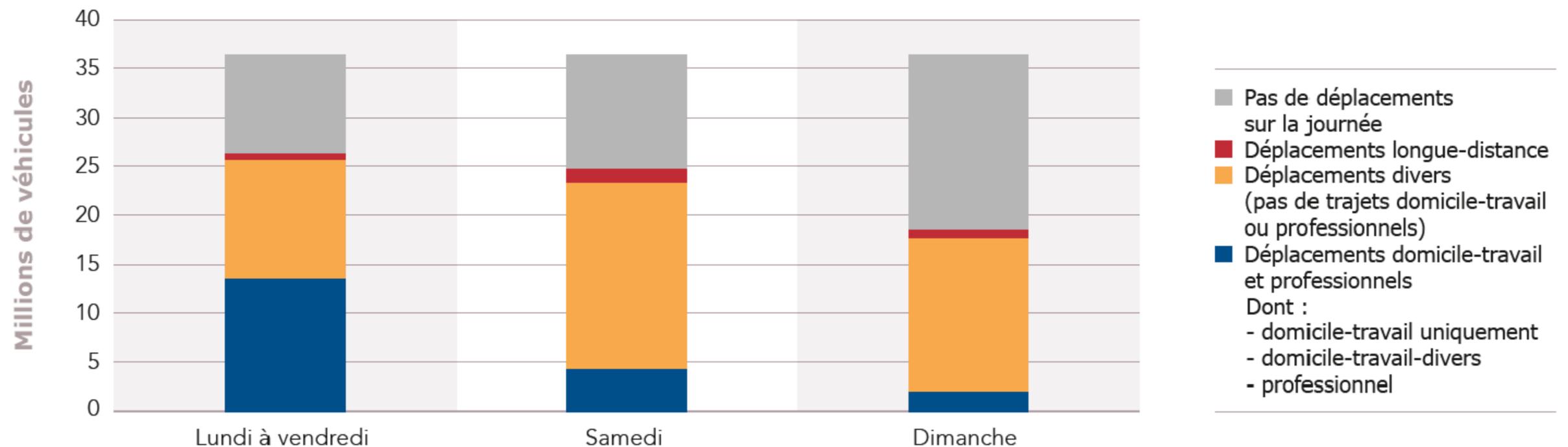
Des hypothèses différenciées sur les paramètres clés de la mobilité électrique pour représenter les incertitudes

Vehicle fleet	Electromob. adoption dynamics	Heavy duty vehicle fleet	Rate of PHEV	Battery capacity	Charging station accessibility	Charging station power	Mobility need	Connection behaviour	Charging management
<p>Low trajectory</p> <p> 7M units</p> <p>Medium trajectory</p> <p> 11.7 M units</p> <p>High trajectory</p> <p> 15.6M units</p> <p>Including autonomous vehicles</p> <p> 8.4M + 1M units</p>	<p>Homogenous development</p> <p></p> <p>Early adoption working population</p> <p></p>	<p>Low trajectory</p> <p> ~50 000 en 2035</p> <p>Median trajectory</p> <p> ~110 000 en 2035</p> <p>High trajectory</p> <p> ~150 000 en 2035</p>	<p>Low PHEV</p> <p>22% PHEV</p> <p></p> <p>Average PHEV</p> <p>38% PHEV</p> <p></p> <p>High PHEV</p> <p>46% PHEV</p> <p></p>	<p>Low capacity</p> <p>56kWh - 330 km</p> <p></p> <p>Average capacity</p> <p>73kWh - 440km</p> <p></p> <p>High capacity</p> <p>89kWh - 530km</p> <p></p>	<p>Low access</p> <p></p> <p>Average access</p> <p></p> <p>High access</p> <p></p>	<p>Low power for charging station</p> <p> Average power at home: 5.2kW</p> <p>Average power</p> <p> Average power at home : 6.7kW</p> <p>High power</p> <p> Average power at home : 7.3 kW</p>	<p>Average without long distance</p> <p> km</p> <p>1 1 5 0 0</p> <p>Average with long distance</p> <p> km</p> <p>1 2 5 0 0</p> <p>High without long distance</p> <p> km</p> <p>1 4 0 0 0</p> <p>High with long distance</p> <p> km</p> <p>1 5 3 0 0</p>	<p>Low frequency</p> <p>45 % ASAP</p> <p>Average frequency</p> <p>65 % ASAP</p> <p>High frequency</p> <p>85 % ASAP</p>	<p>No management</p> <p> Low Management</p> <p>40% 0% V2G</p> <p>Average management</p> <p> 60% 3% V2G</p> <p>High management</p> <p> 80% 20% V2G</p>



Le point de départ de l'analyse : les habitudes de mobilité des français

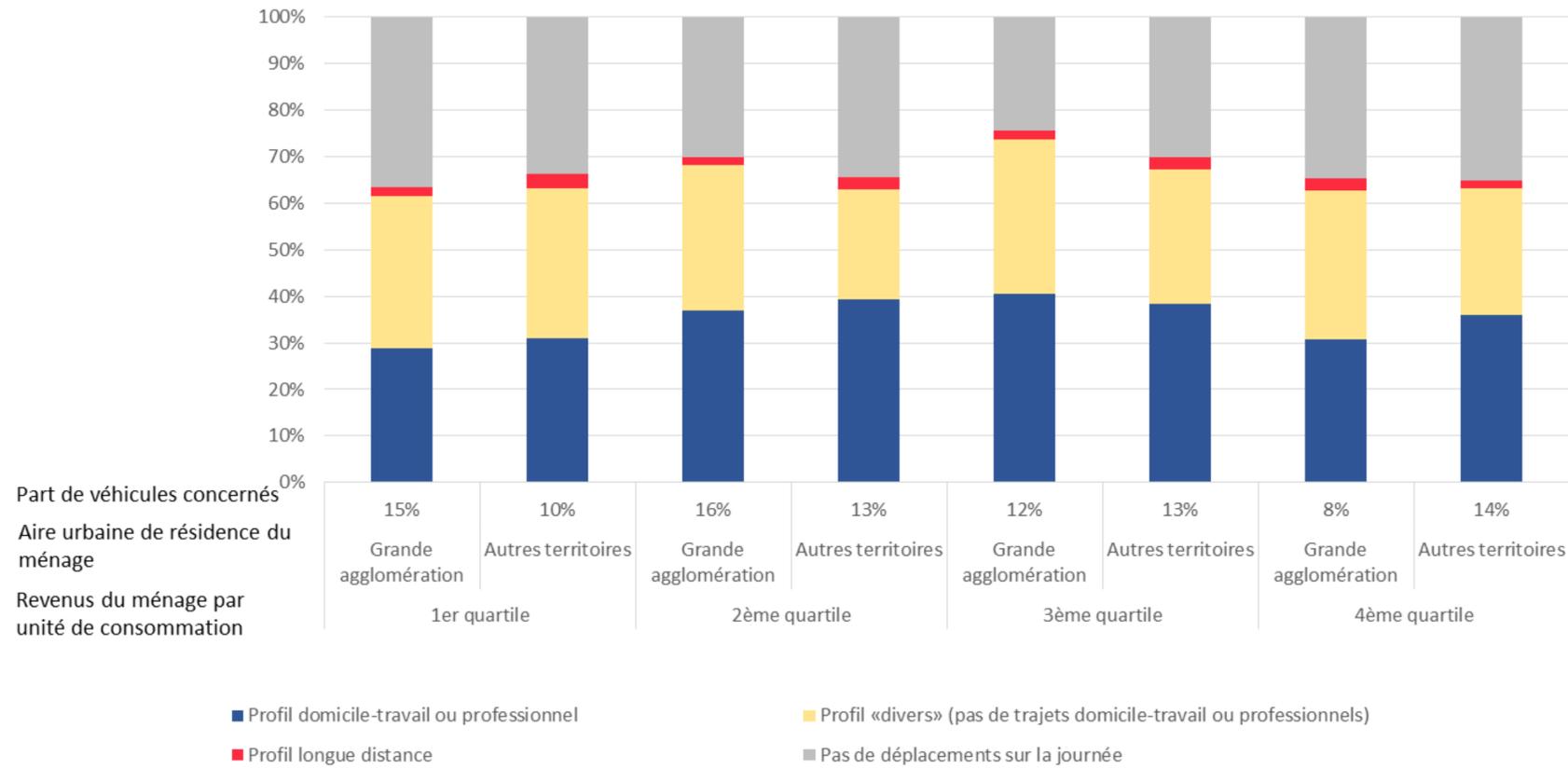
- La représentation détaillée des **habitudes de mobilité** est essentielle pour évaluer les impacts du véhicule électrique sur le système électrique : énergie consommée, périodes de branchement, etc.
- Quelques **enseignements de l'enquête transports-déplacements** :
 - Les déplacements longue-distance ne représentent que 20% des distances annuelles parcourues
 - Chaque jour ouvré, 1/3 des véhicules ne sont pas utilisés, 1/3 sont utilisés pour se rendre sur le lieu de travail et 1/3 sont utilisés uniquement pour des motifs non professionnels



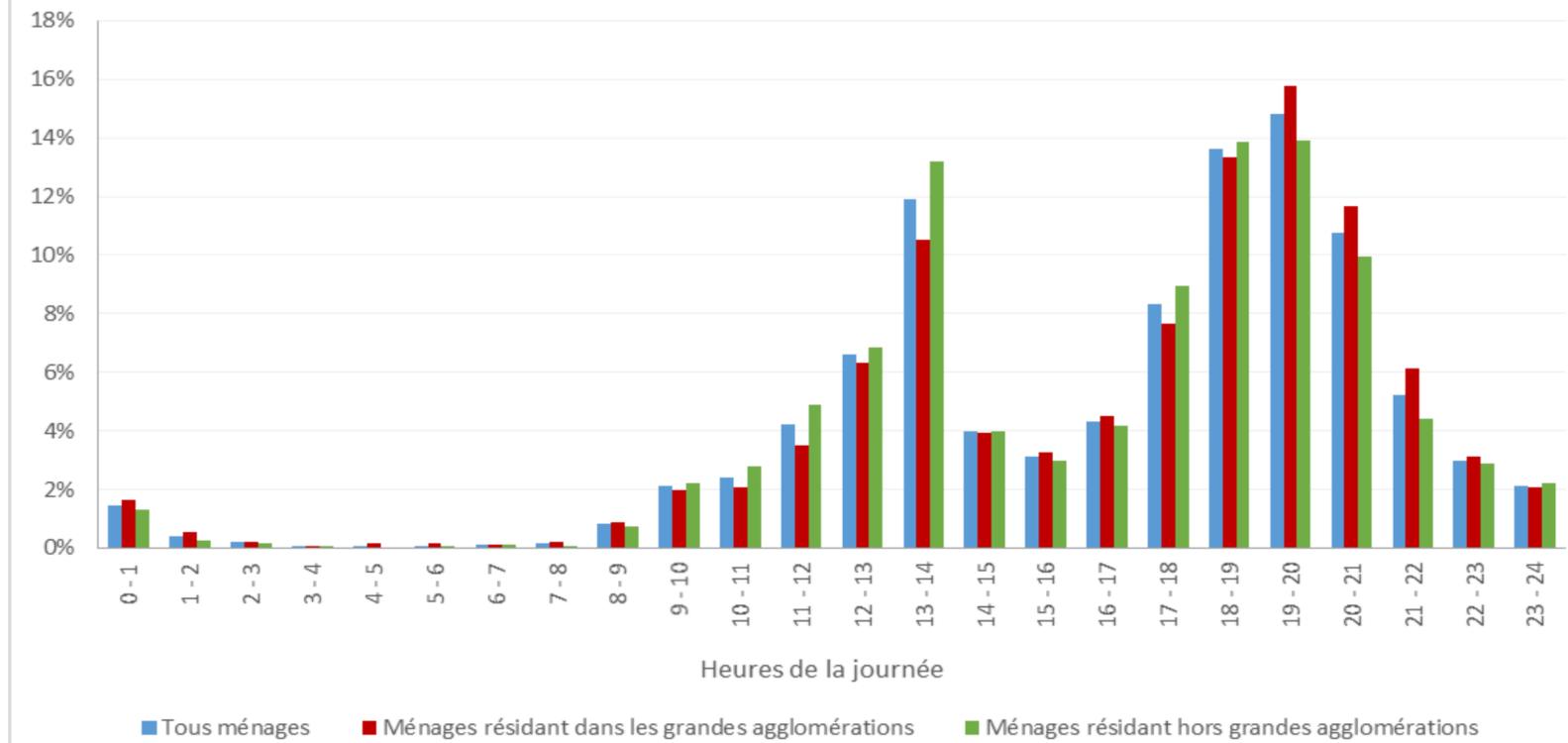


Le point de départ de l'analyse : les habitudes de mobilité des français

Profil de mobilité moyen des véhicules légers en France, selon le niveau de vie du ménage et la zone de résidence



Répartition des heures de retour au domicile un jour du lundi au vendredi, selon la taille de l'aire urbaine





2

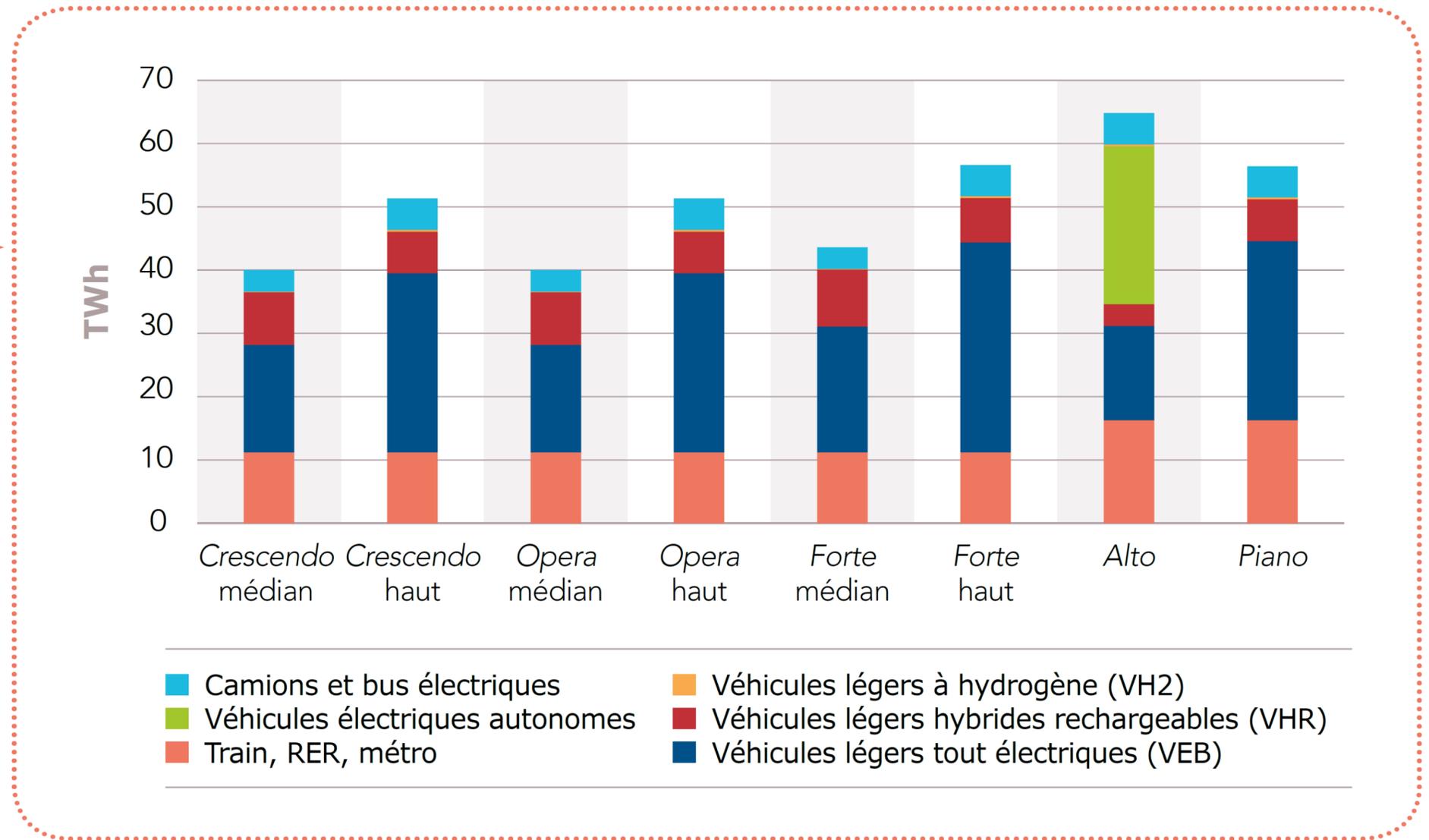
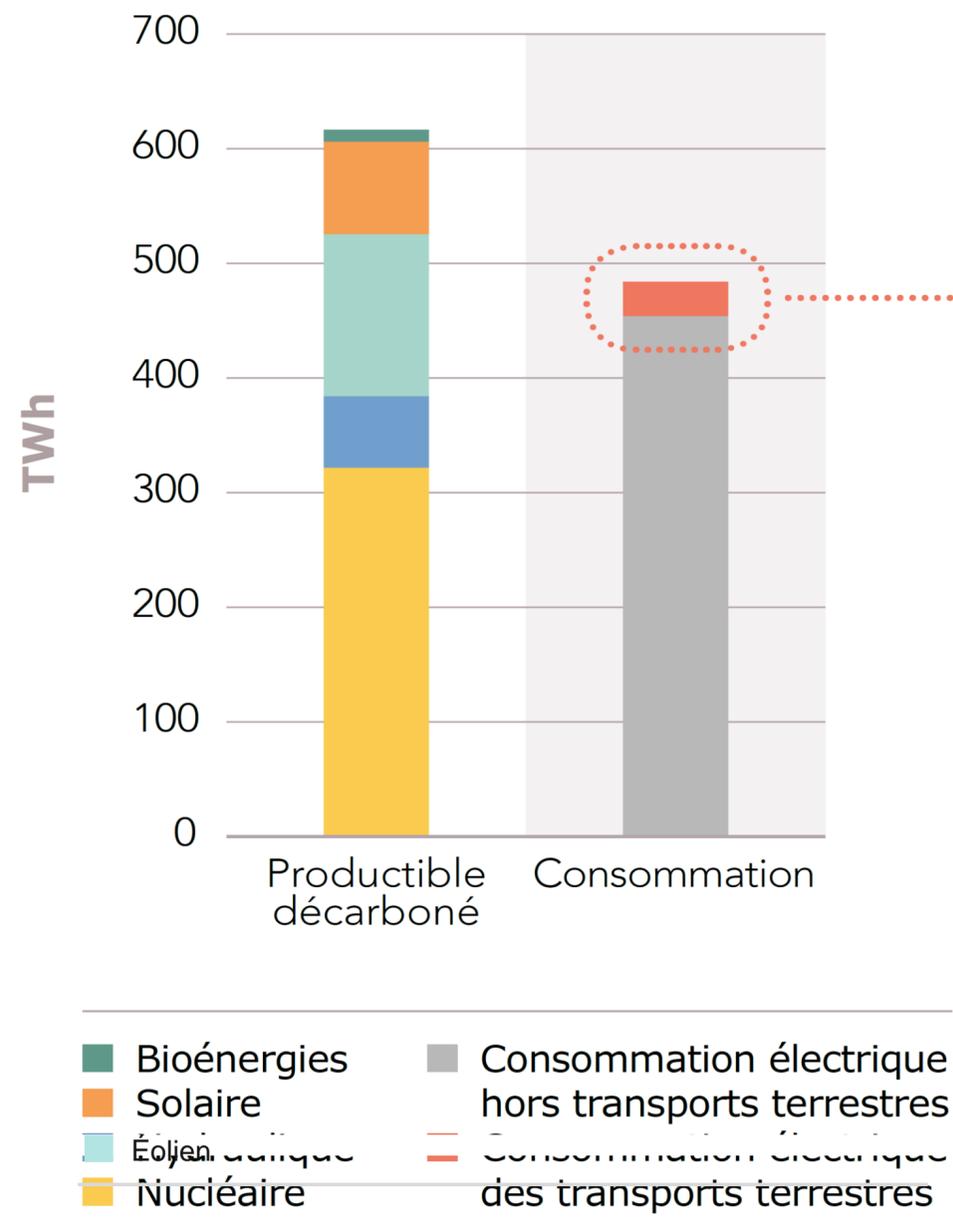
Quels enjeux pour le système électrique?

Techniquement, un système électrique résilient



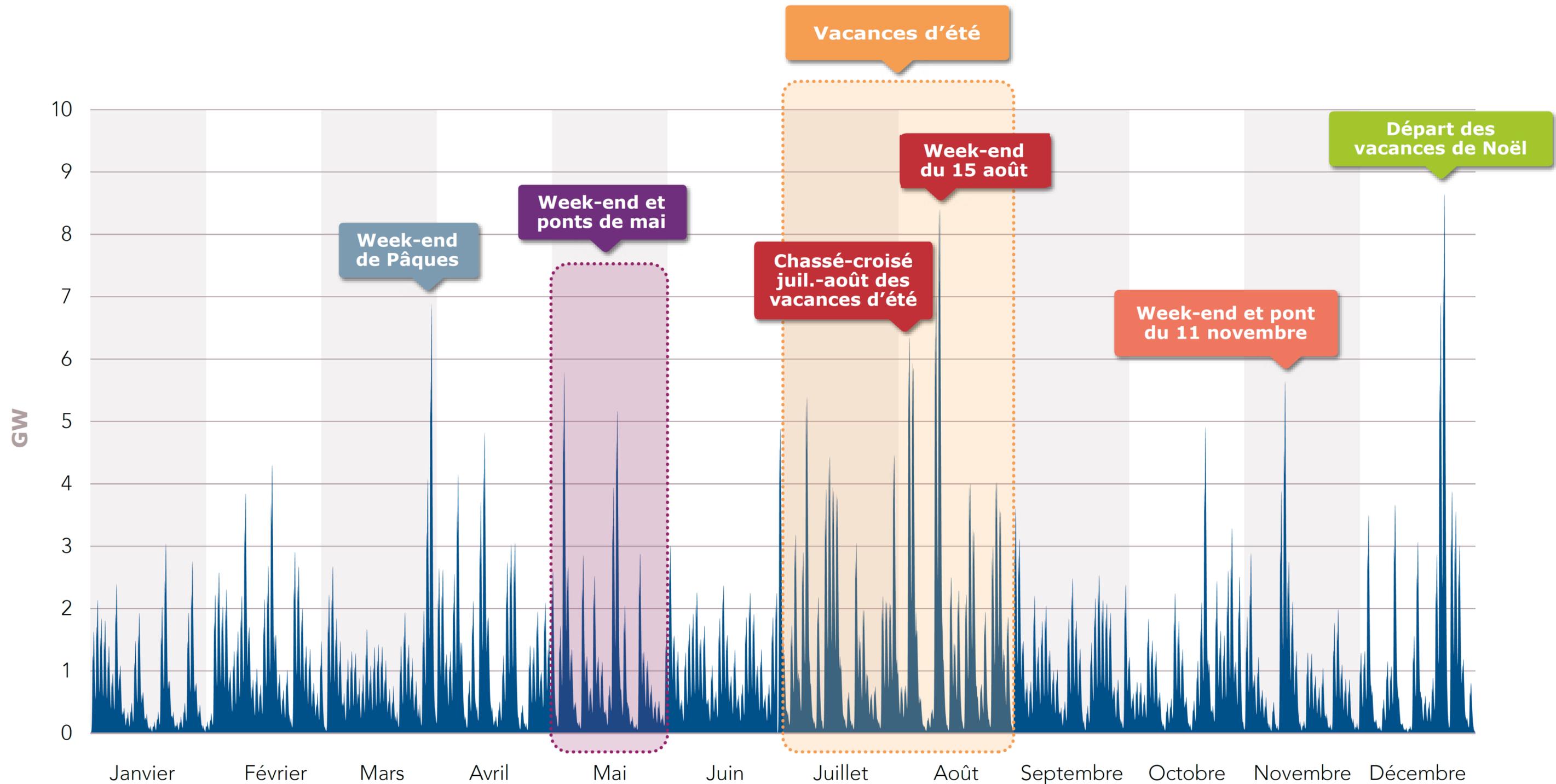
Même dans des scénarios ambitieux, le système électrique peut absorber ce développement grâce à une abondante production bas carbone

Consommation d'électricité annuelle et productible du parc électrique à 2035
PPE – scénarios RTE





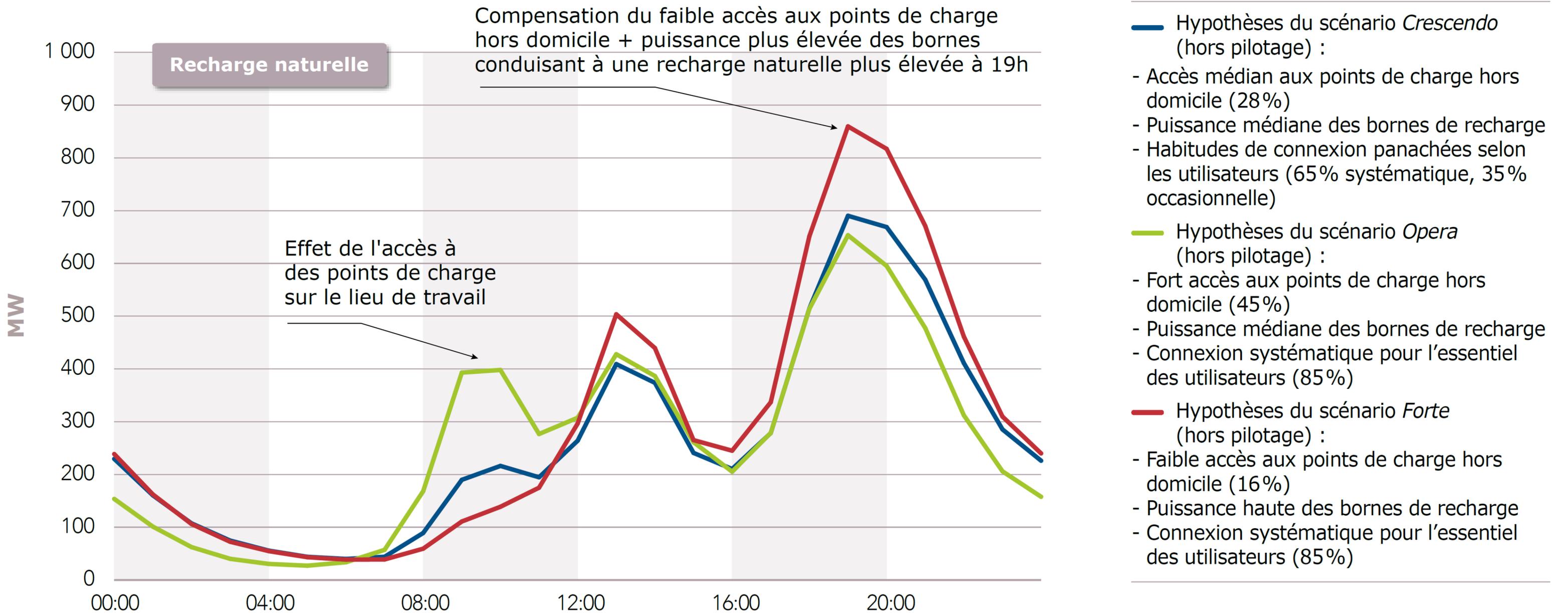
Les appels de puissance lors des périodes de forts déplacements n'engendrent pas d'inquiétude pour la sécurité d'approvisionnement





L'enjeu pour le système électrique porte sur la recharge pour les besoins de mobilité « du quotidien »

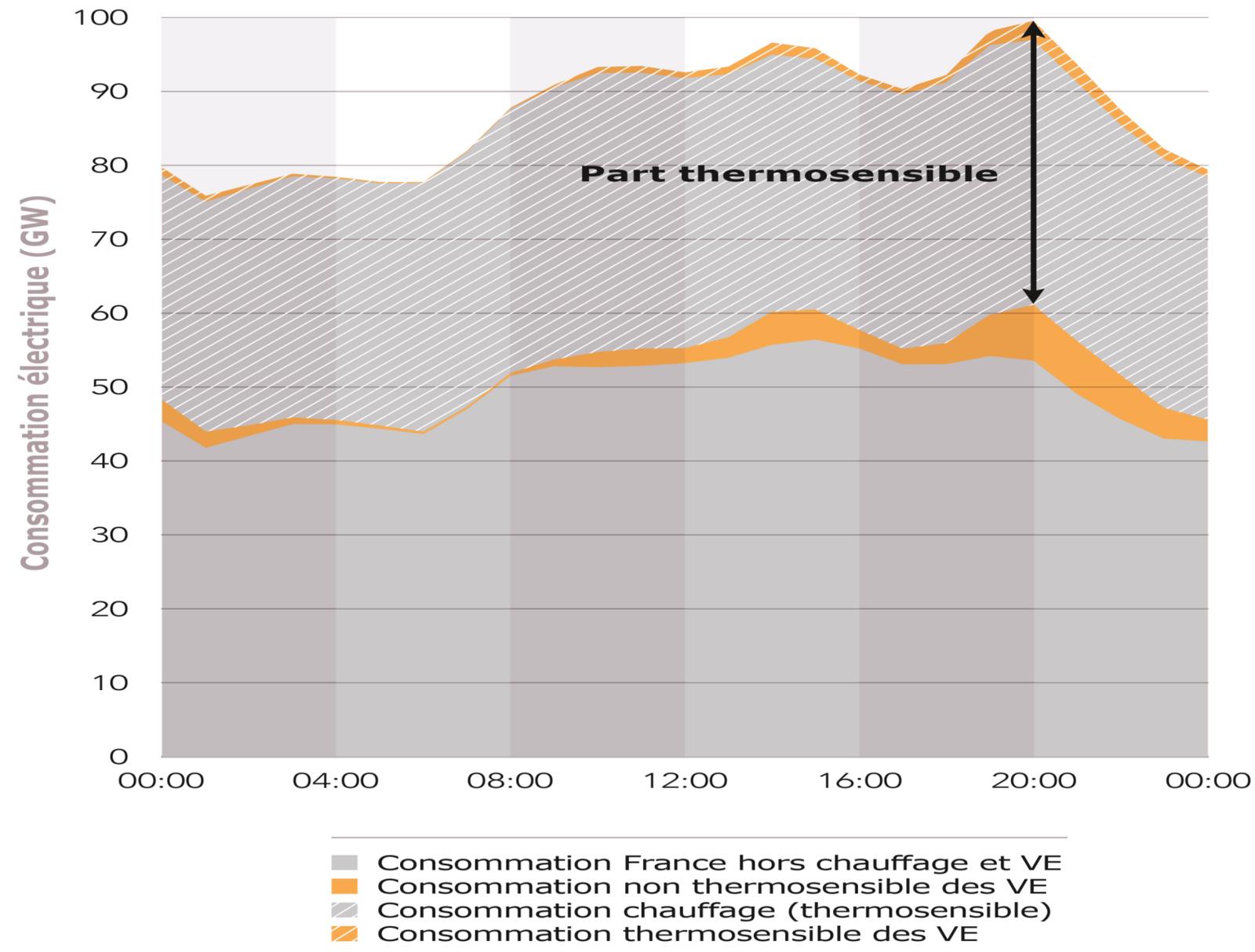
Courbe de charge naturelle (sans pilotage) pour un million de VE
Jour ouvré moyen





L'enjeu pour le système électrique porte sur la recharge pour les besoins de mobilité « du quotidien »

Figure 4.7 Consommation électrique en France un jour ouvré d'hiver, en cas de vague de froid, à l'horizon 2035



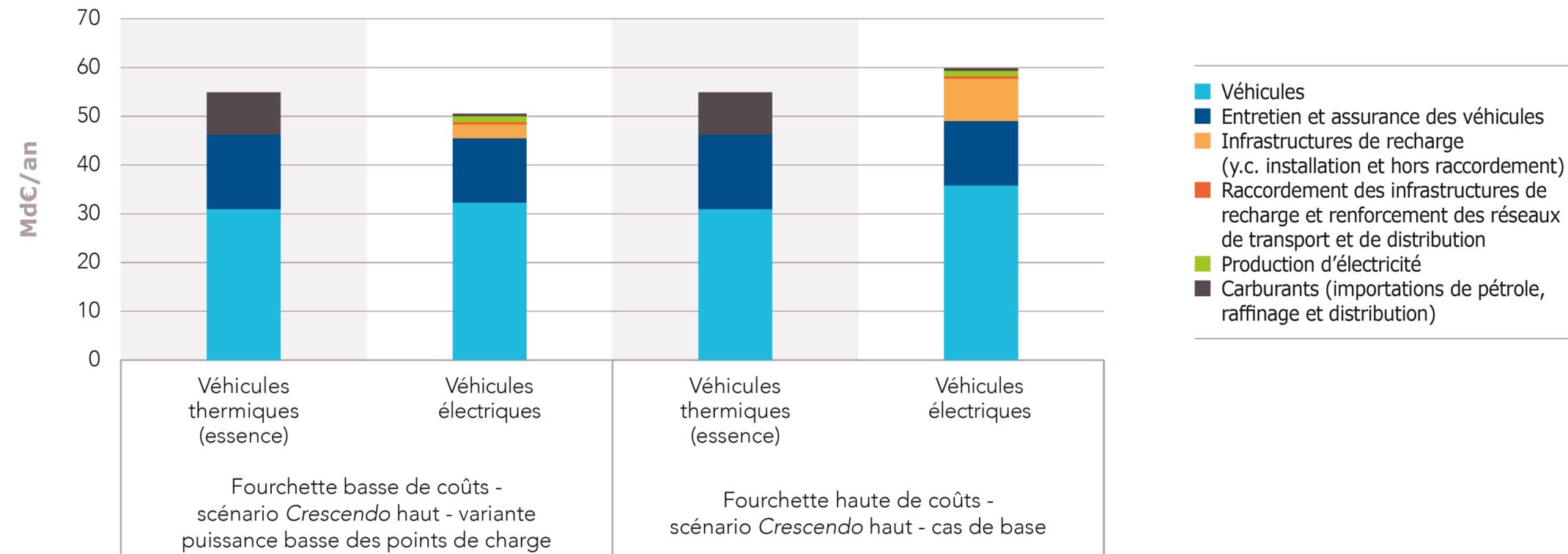


La production d'électricité pour la recharge des véhicules électriques représente une faible part du coût de la mobilité ... et une faible part des coûts totaux de production électrique

Une double comparaison qui permet de relativiser l'ampleur des coûts induits par le développement de la mobilité électrique pour le système électrique :

- L'essentiel des coûts de la mobilité électrique correspond à l'achat des véhicules, leur entretien et l'installation des bornes de recharge : le coût de l'électricité représente une faible part du coût de la mobilité électrique (< 5%)
- Les coûts de production d'électricité pour la recharge des véhicules ne représentent qu'une part relativement modeste des coûts totaux de production d'électricité (~5%)
- Cependant, les coûts de production d'électricité associés à la recharge des véhicules électriques représentent entre 1 et 2 Md€/an : il existe un véritable enjeu à optimiser ces coûts

Figure 14. Coûts totaux annualisés pour 15,6 millions de véhicules à l'horizon 2035 selon leur motorisation





3

Quels enjeux pour le système électrique?

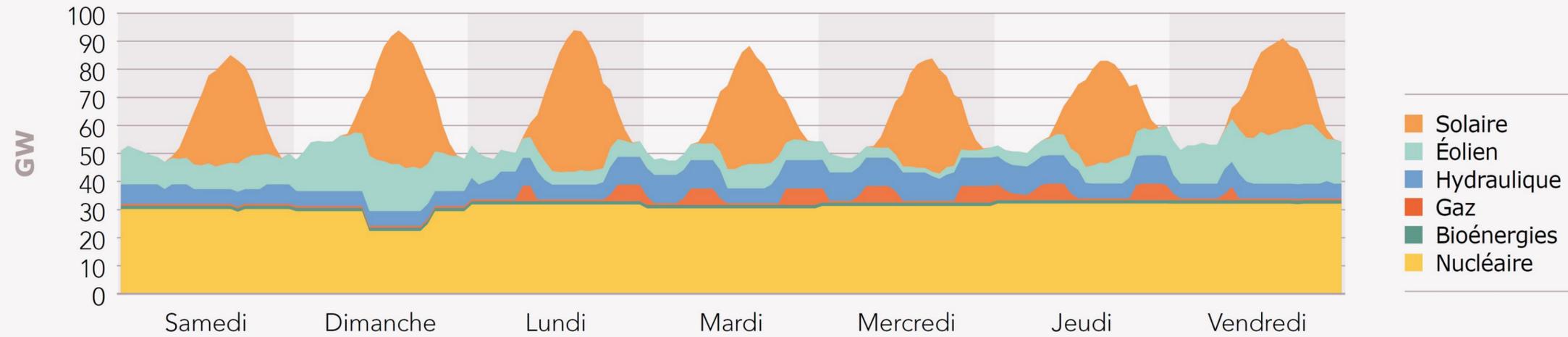
Le pilotage, une opportunité pour le système électrique



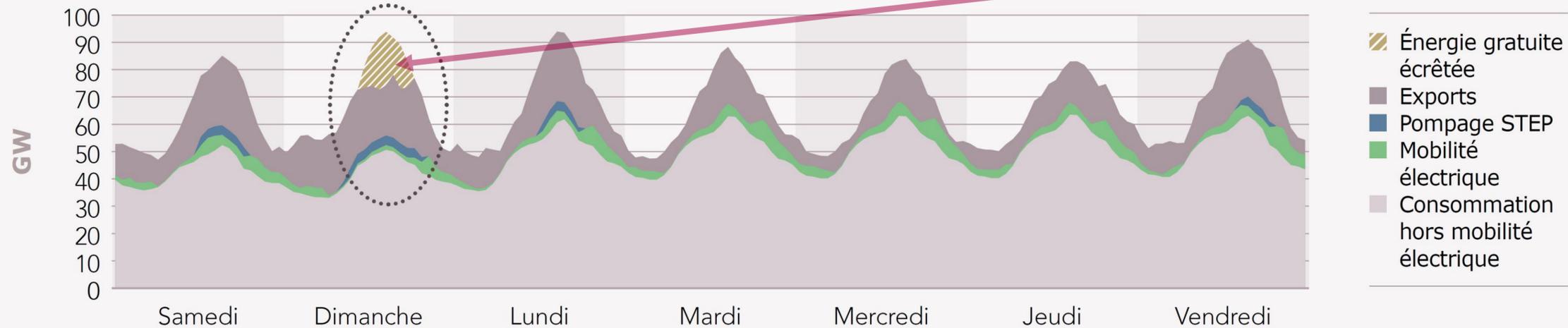
Le pilotage de la recharge permet d'optimiser l'utilisation de la production d'électricité décarbonée (1/3)

RECHARGE 100% NATURELLE

Production France sur une semaine de juillet



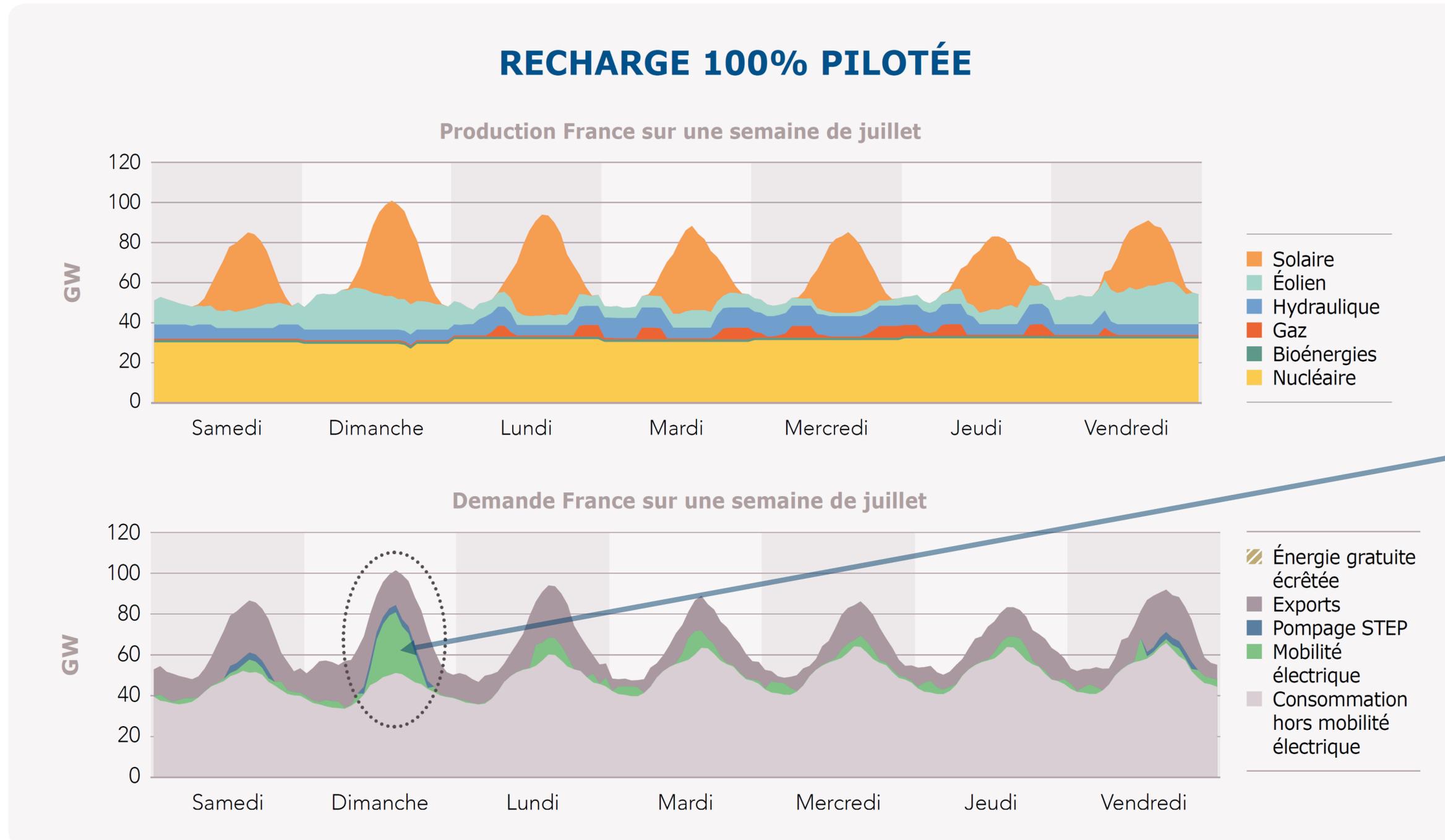
Demande France sur une semaine de juillet



Production renouvelable sans débouchés (= écrêtée)



Le pilotage de la recharge permet d'optimiser l'utilisation de la production d'électricité décarbonée (2/3)

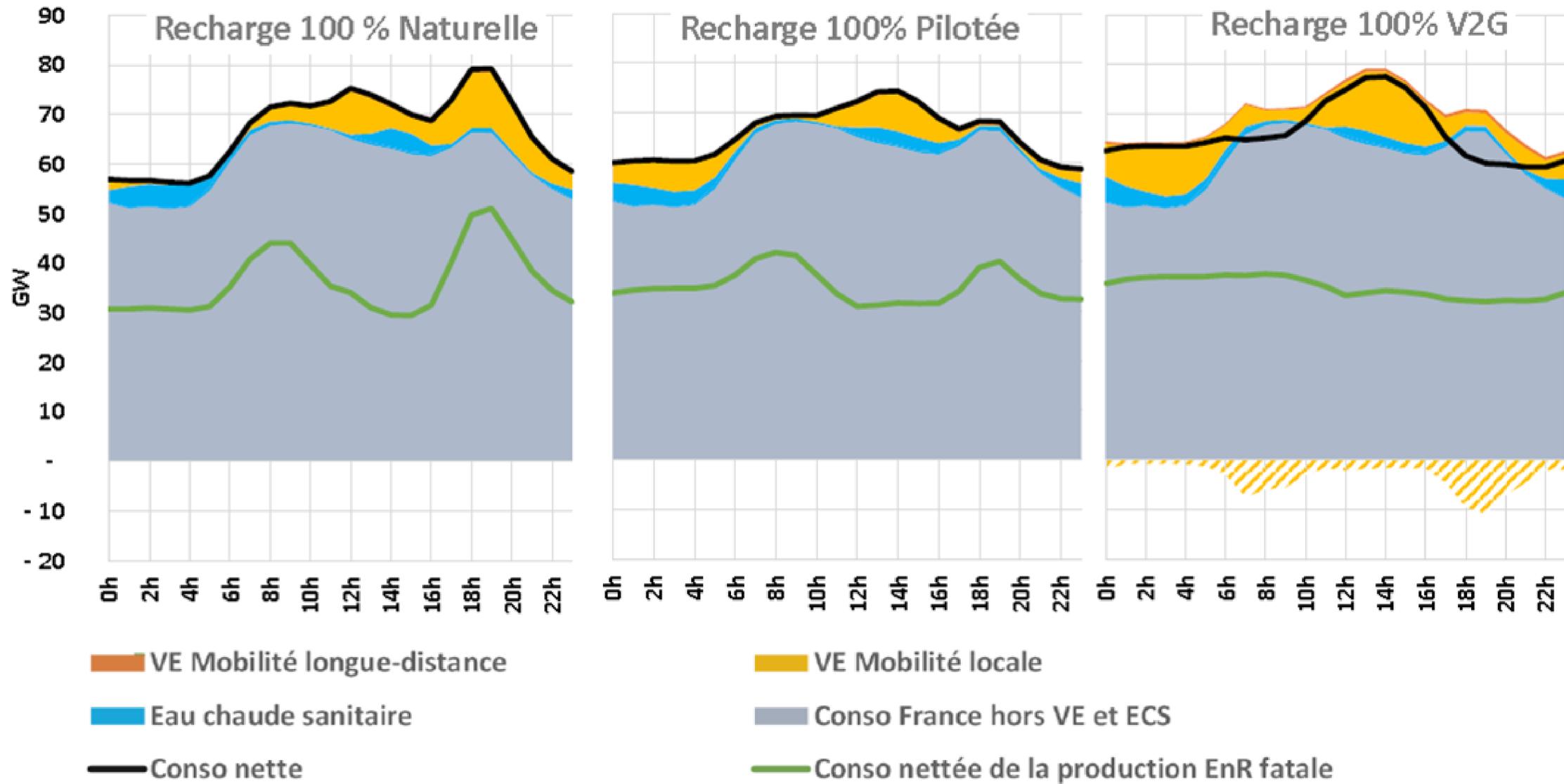


Le placement de certaines recharges le WE permet d'éviter l'écrêtement de production renouvelable et la modulation du parc nucléaire



Le pilotage de la recharge permet d'optimiser l'utilisation de la production d'électricité décarbonée (3/3)

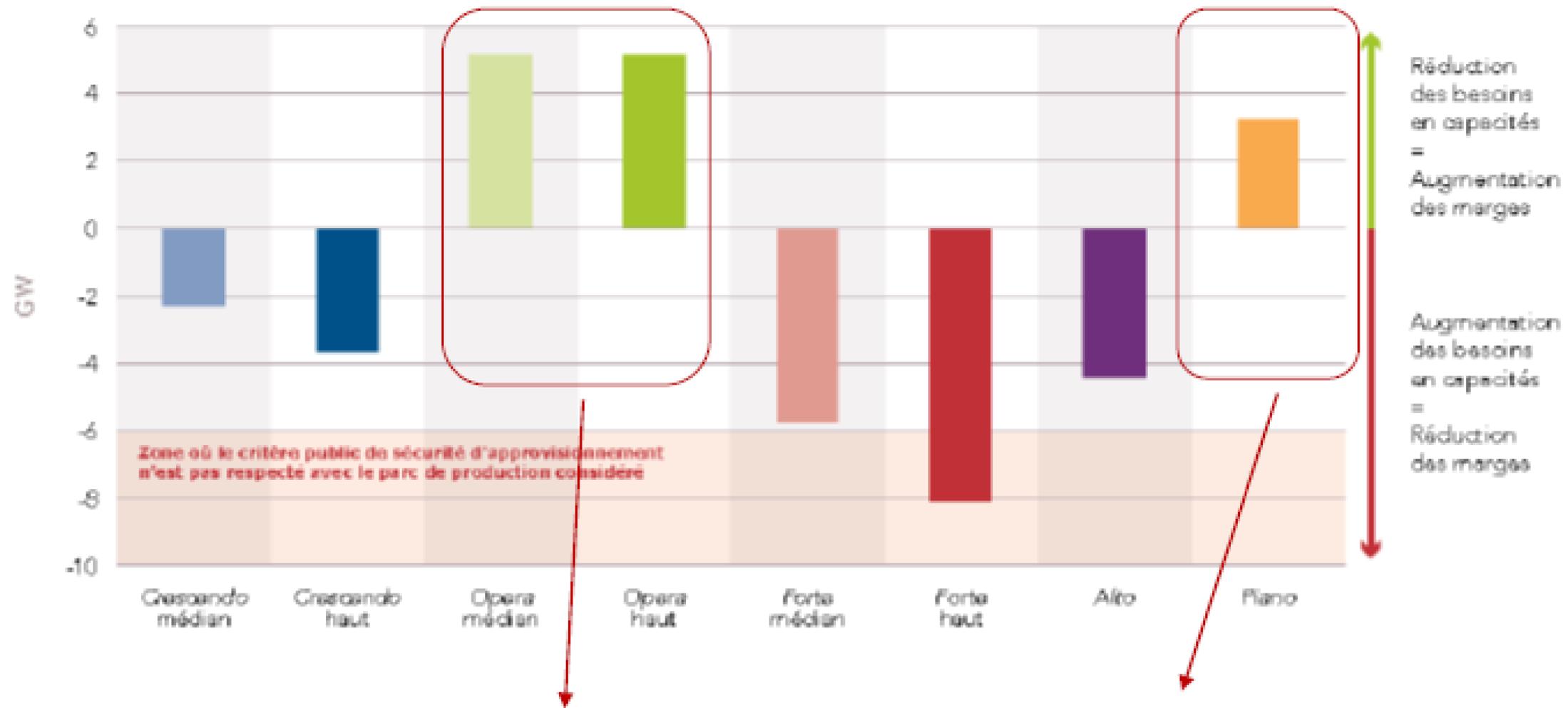
Consommation de la France sur un jour ouvré moyen d'hiver





Le pilotage de la recharge permet de diminuer la pointe de consommation d'électricité par rapport à un scénario sans VE

Marge du système électrique à la pointe en fonction de différents scénarios de pilotage des VE
En comparaison par rapport à un scénario sans VE à 2035 - RTE 2019



➔ Scénarios avec 20% des VE/VHR qui font du V2G (3 millions) et 80% de charge pilotée en 2035 permettent de réduire la pointe de consommation en France par rapport à un scénario sans VE ! Permet le développement d'autres usages électriques pour décarboner par exemple (ex : pompes à chaleur...)

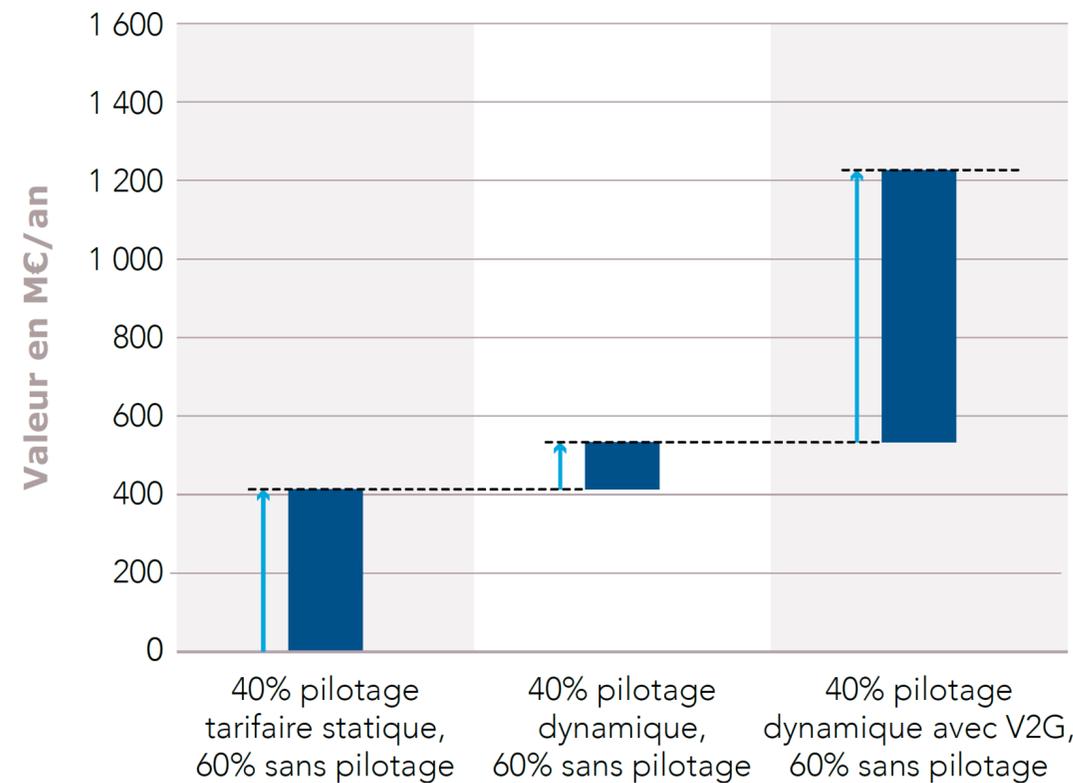


Le développement du pilotage de la recharge, même simple, conduit à des bénéfices importants pour le système électrique (~1 Md€/an)

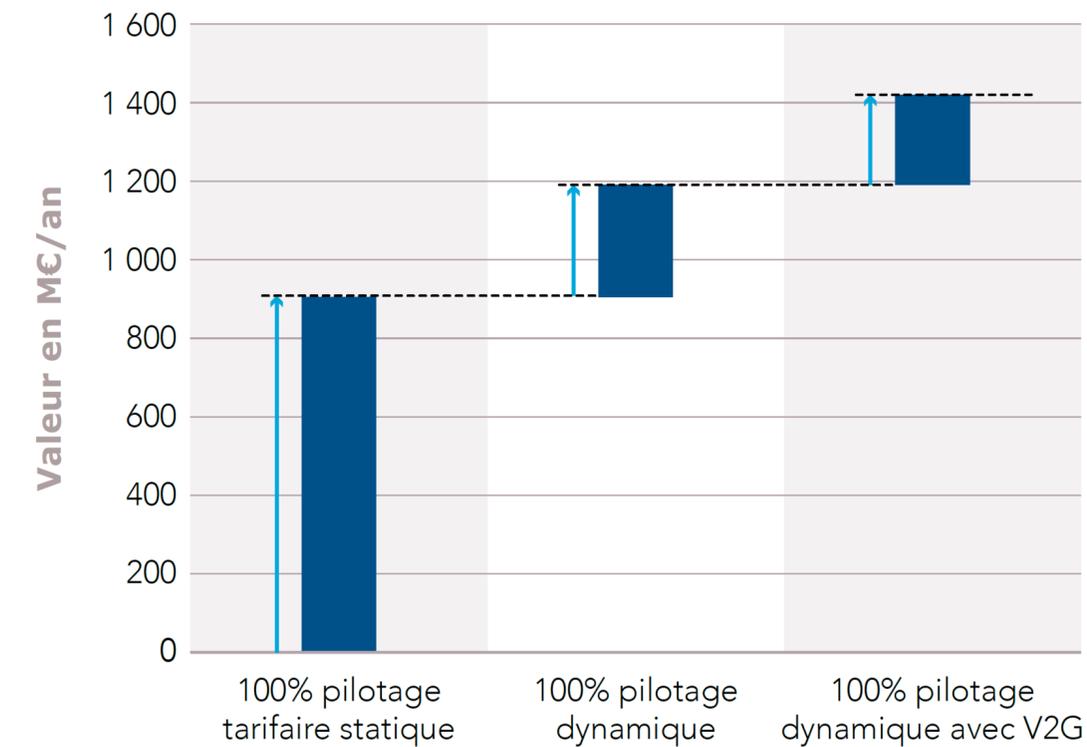
- Le pilotage de la recharge permet d'optimiser l'utilisation des moyens de production à bas coût pour un bénéfice économique pour la collectivité de plus de 1 Md€/an.
- L'essentiel de la valeur peut être apportée par des dispositifs de pilotage simples : asservissement à un signal tarifaire de type « HP/HC », branchement du véhicule le WE, ...

- Les bénéfices supplémentaires apportés par le *vehicle-to-grid* peuvent être importants mais dépendent du niveau de développement du pilotage sur l'ensemble du parc de véhicules

Valeur pour la collectivité associée au pilotage dans le scénario Crescendo haut



Coûts d'équipement et de mise en œuvre croissants



Coûts d'équipement et de mise en œuvre croissants

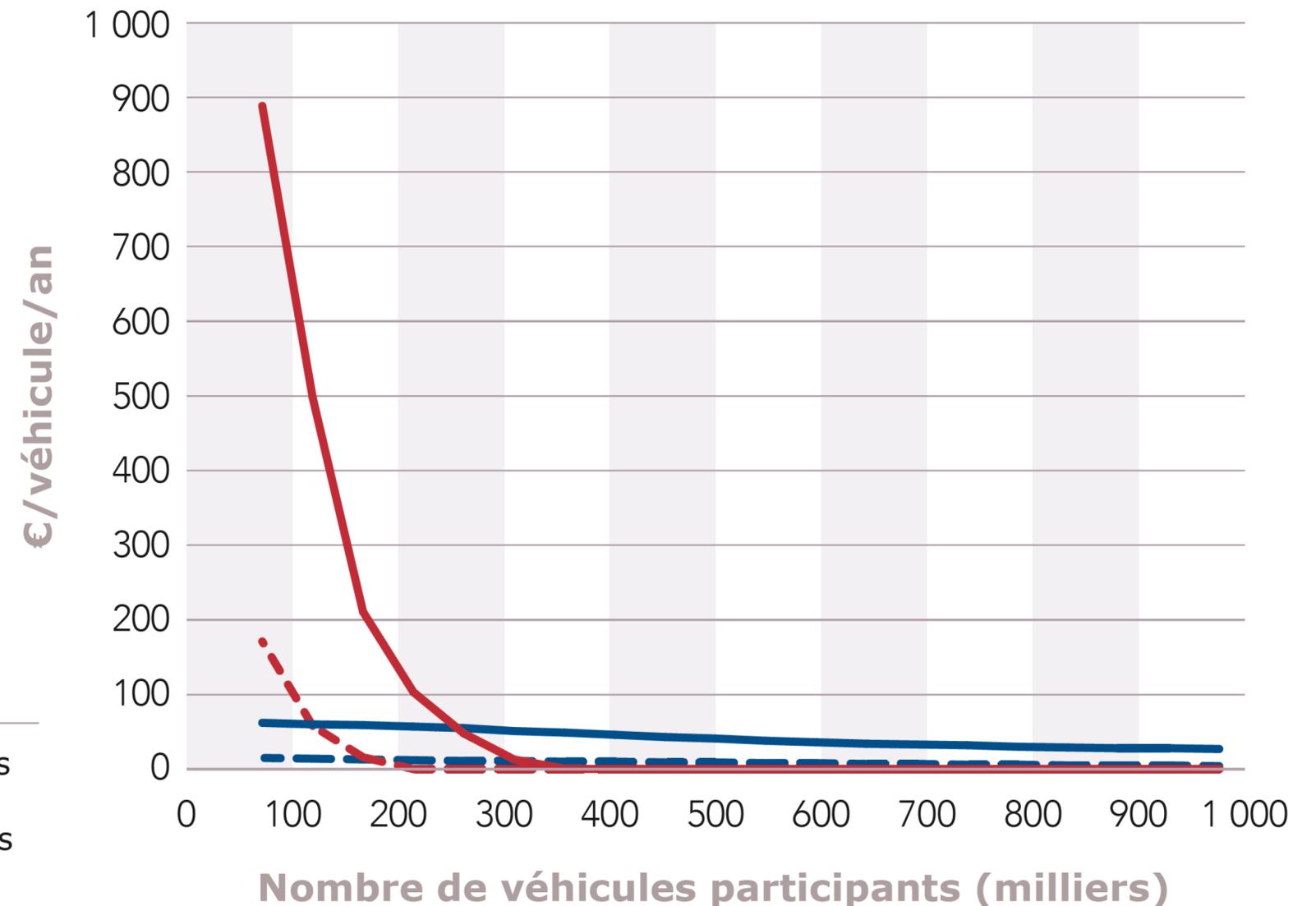


La participation aux réserves pour l'équilibrage : une contribution possible, mais un marché de niche

- Les batteries des véhicules électriques sont capables de fournir des services d'équilibrage du système électrique au plus proche du temps réel (services système)
- La fourniture de services système représente aujourd'hui **une valeur unitaire importante** ...
- ... mais le **gisement limité de valeur pourrait être rapidement saturé** : moins de 500 000 véhicules permettent de fournir l'ensemble des besoins de services système de la France
- Un bénéfice total de l'ordre de 100 M€/an au maximum, mais qui pourrait être plus faible selon le développement de solutions concurrentes (batteries stationnaires, effacements de consommation, etc.)

- Avec V2G, variante avec concurrence de 400 MW de batteries stationnaires
- Avec V2G, sans concurrence de batteries stationnaires
- - Sans V2G, variante avec concurrence de 400 MW de batteries stationnaires
- Sans V2G, sans concurrence de batteries stationnaires

Bénéfice marginal apporté par la participation des VE aux services système à l'horizon 2035 (scénario Crescendo médian)





4

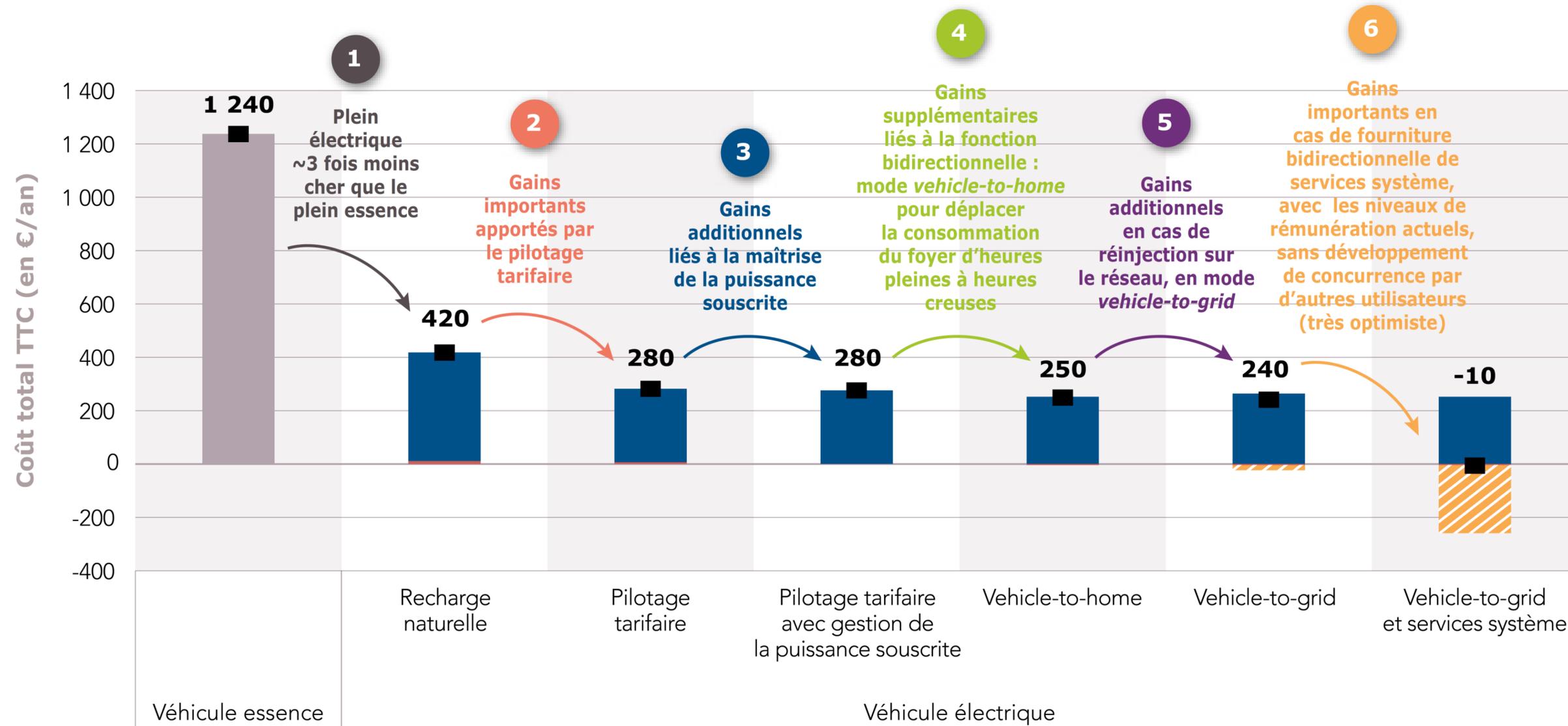
Quels bénéfices pour le consommateur?

Le pilotage, une opportunité pour valoriser la flexibilité de la recharge



Pour l'utilisateur, le pilotage constitue un levier important pour limiter le coût du « plein » d'énergie

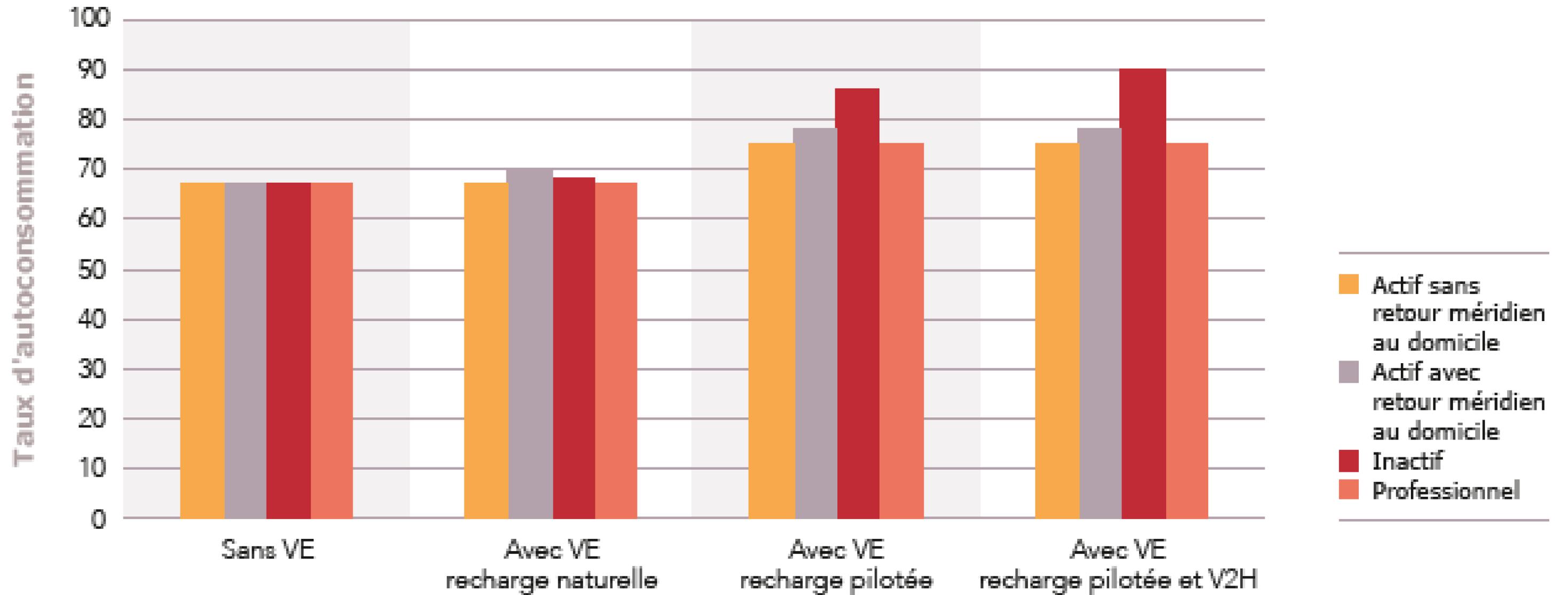
2018 (borne de 3 kW)



■ Dépenses d'essence
■ Facture TTC d'électricité (part puissance)
■ Facture TTC d'électricité (part énergie)
▨ Revenus sur les marchés
■ Coût annuel net de la recharge

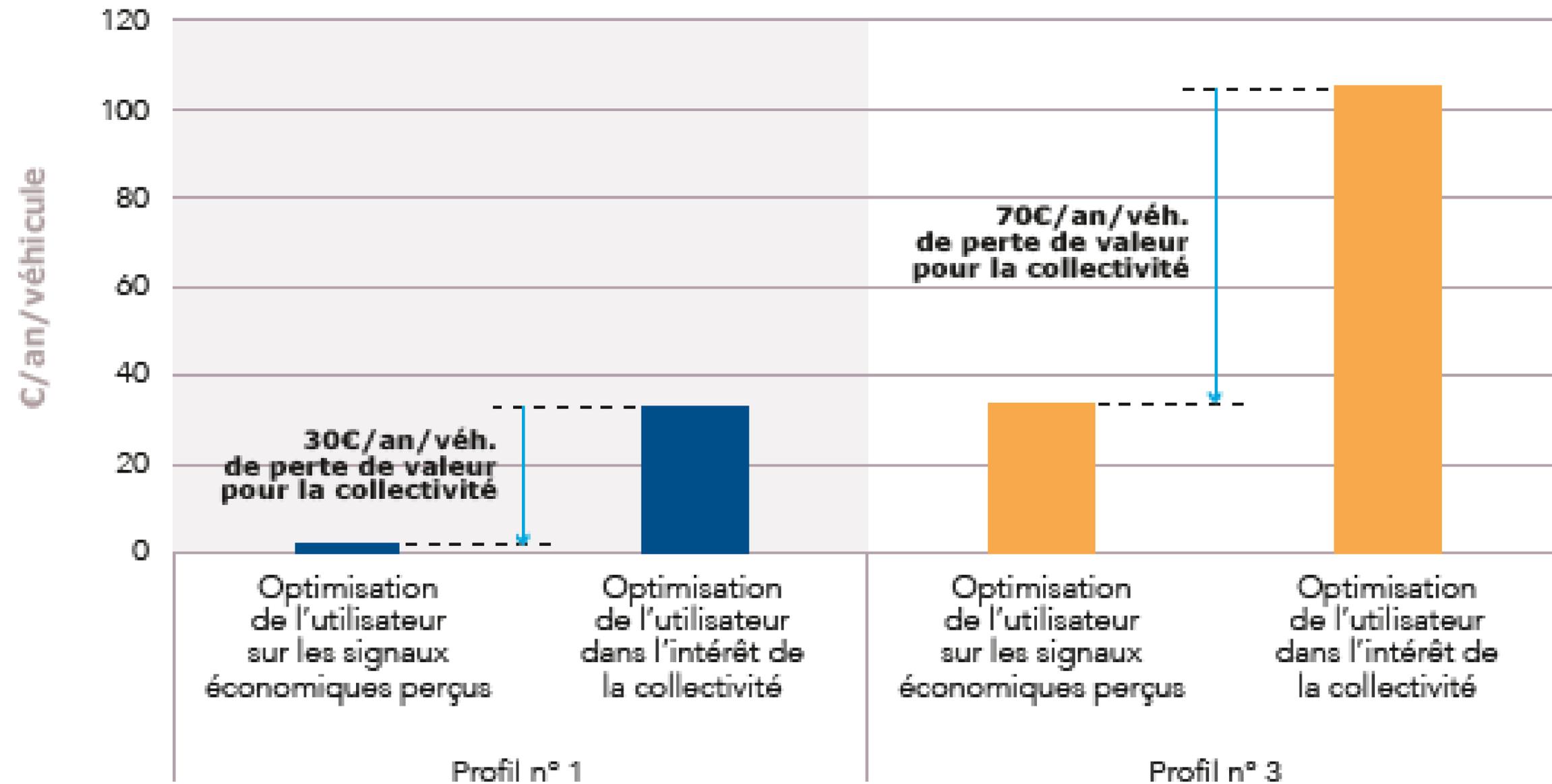


Le véhicule électrique renforce l'attractivité de l'autoconsommation





V2G vs V2H: la structure des tarifs de détail TTC entraine une perte d'opportunité pour la collectivité





5

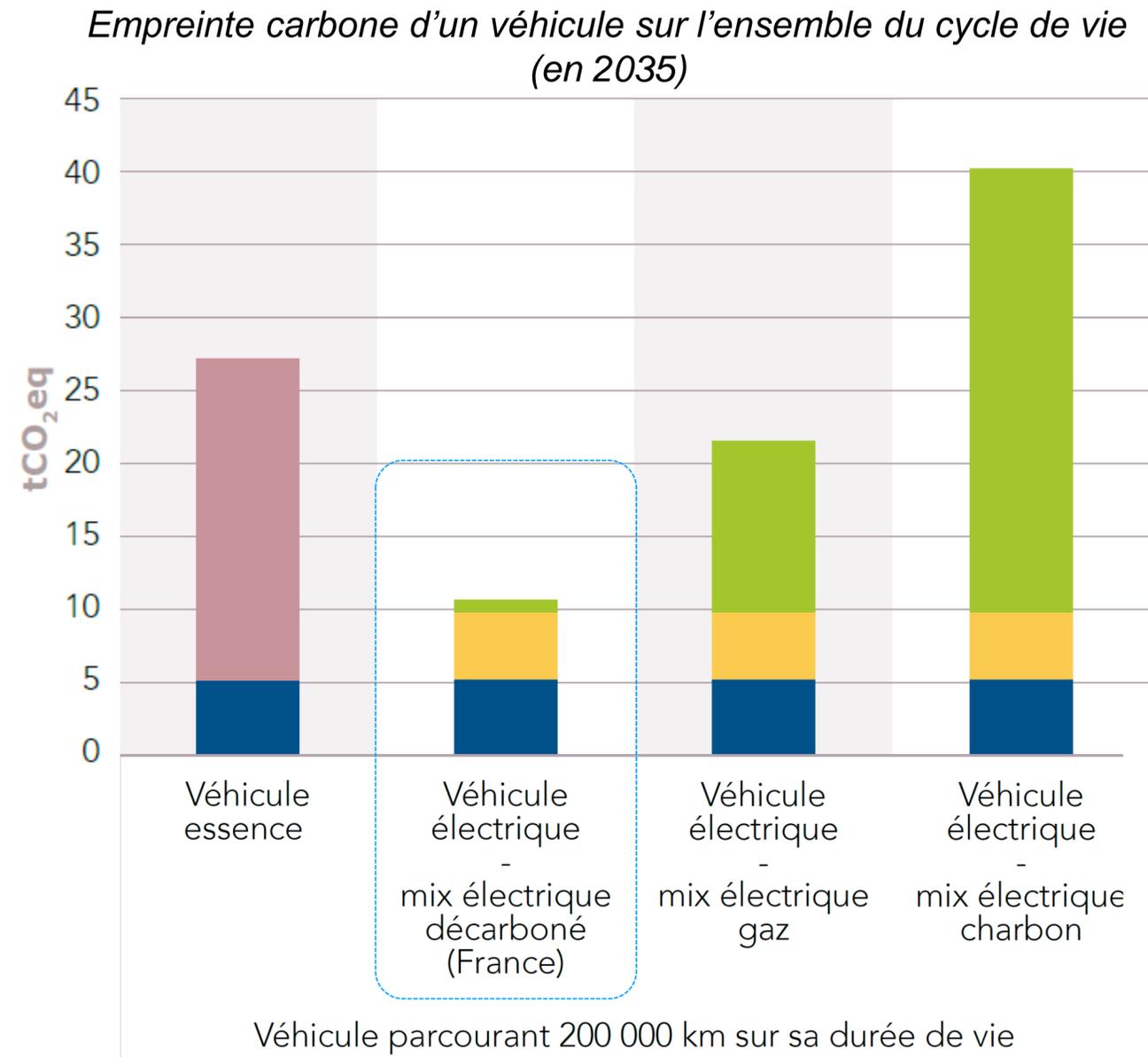
Quels bénéfices pour l'environnement?

Le pilotage, une opportunité pour réduire significativement l'empreinte carbone des transports



Le véhicule électrique permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, même en intégrant l'ensemble du cycle de vie

- Dans un mix électrique peu carboné et pour une utilisation « moyenne » (~200 000 km sur sa durée de vie), les émissions de GES liées à la fabrication de la batterie sont largement compensées par la réduction des émissions à l'usage. L'empreinte carbone est réduite d'un facteur 2 à 4 par rapport à un véhicule thermique (selon l'horizon considéré, la taille des batteries, etc.)
- A l'horizon 2035, dans les scénarios de développement « haut » avec près de 16 millions de VE, l'empreinte carbone des transports est réduite de l'ordre de 20 à 25 MtCO₂_{eq}/an
- Différents leviers permettent d'optimiser l'empreinte carbone des transports, pour un enjeu de ~ 15 MtCO₂_{eq}/an :
 - Leviers sur les batteries : taille, « made in France » et recyclage
 - Leviers sur les émissions du système électrique européen, via le développement du pilotage de la recharge
 - Report modal vers les transports en commun et mobilité douces



■ Émissions liées au cycle de vie des véhicules
■ Émissions liées au cycle de vie des batteries (en tenant compte d'un taux de recyclage de 50%)
■ Émissions liées au cycle de vie de la production d'électricité
■ Émissions liées au cycle de vie du carburant pétrolier

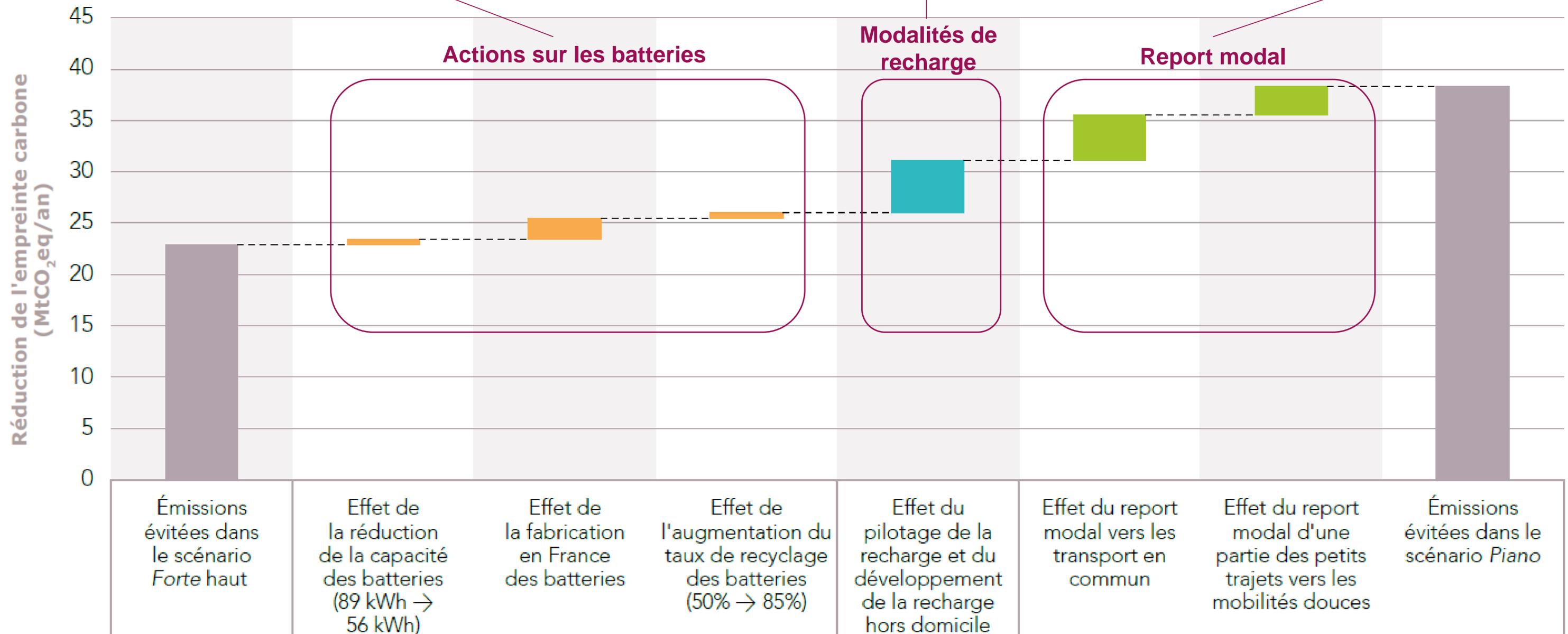


Des leviers de réduction de l'empreinte carbone des transports existents

Si les **batteries** sont **fabriqués en France** plutôt que dans des pays ayant des mix de production d'électricité carbonés, les émissions peuvent être réduites de 2 à 3 MtCO_{2eq}/an

La **recharge pilotée** et l'accès aux stations de recharge sur le lieu de travail éviteraient jusqu'à ~5 MtCO_{2eq}/an

Le **report modal** vers les transports en commun pourrait réduire les émissions des scénarios de mobilité électrique de ~6 MtCO_{2eq}/an additionnelles



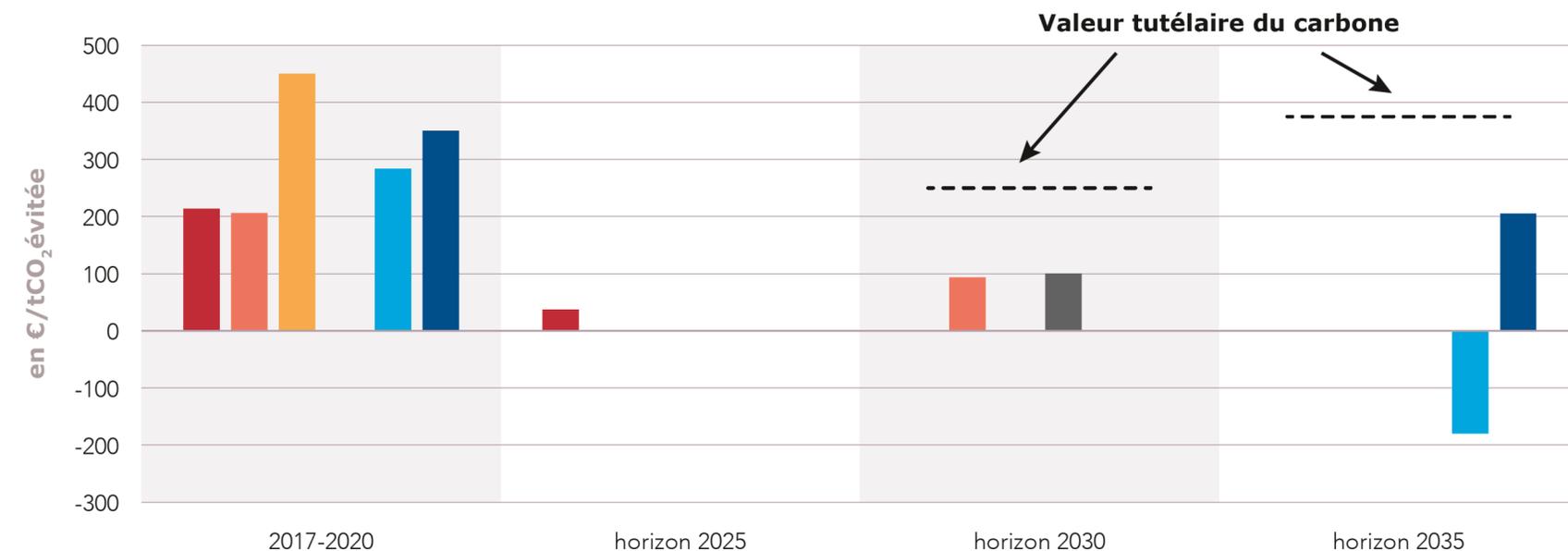


Le coût de la décarbonation via le développement de la mobilité électrique, initialement important, devrait à terme être faible

- Différentes études convergent pour conclure que le coût total pour le consommateur (le « TCO ») du véhicule électrique est proche voire inférieur à celui du véhicule thermique
- La compétitivité du véhicule électrique pour le consommateur résulte de l'existence de soutiens publics explicites (bonus, etc.) ou implicites (moindre fiscalité sur l'électricité que sur les carburants)
- Pour la collectivité, le surcoût actuel du véhicule électrique est de l'ordre de 300 €/tCO₂ évitée
- A l'horizon 10-15 ans, avec la baisse des coûts des batteries et des véhicules, le surcoût pour la collectivité serait inférieur à 200 €/tCO₂ évitée, voire négatif.

⇒ La comparaison avec la valeur tutélaire du carbone (250-500 €/tCO₂ à cet horizon) permet de conclure sur l'intérêt économique du développement de la mobilité électrique comme vecteur de décarbonation

Figure 39. Estimations du coût pour la collectivité de réduction des émissions de gaz à effet de serre via l'électrification des transports



- Carbone 4 - baromètre de la décarbonation (novembre 2018) - voiture électrique vs essence
- CGDD - analyses coûts bénéfiques des véhicules électriques - 2017 - véhicule en zone dense [calculs RTE]
- CGDD - contribution pour l'estimation de la valeur tutélaire du carbone - véhicule en zone dense
- McKinsey - Swiss GHG abattement cost curve 2018
- RTE (Scénario Crescendo haut - hypothèses favorables)
- RTE (Scénario Crescendo haut - hypothèses défavorables)



6

Conclusions



Conclusions et prochaines étapes

- Le système électrique français est prêt pour un développement massif de la mobilité électrique, sans exiger un pilotage généralisé de la recharge (décalage simple en HC suffit).
- Le pilotage de la recharge (même simple) et le *vehicle-to-grid* constituent une opportunité économique pour le système électrique et permet aux utilisateurs de réduire significativement le coût du plein électrique
- Le pilotage de la recharge est le principal levier pour diminuer fortement le coût d'intégration du VE dans le système électrique
- Le VE est une opportunité pour intégrer plus d'ENR et augmenter les marges du système électrique
- Grâce au mix électrique faiblement carboné, le développement des véhicules électriques en France permet de réduire fortement l'empreinte carbone des transports. Les choix sur les modalités du développement de la mobilité électrique et l'évolution des modes d'utilisation constituent des leviers importants pour maximiser le bénéfice environnemental
- Les modalités techniques du pilotage doivent être testées à grande échelle pour orienter les choix industriels et les modes d'organisation du pilotage :
 - Test de différents modes de pilotage, y compris *vehicle-to-grid*
 - Evaluation de l'appétence sociétale et acceptabilité du pilotage (notamment *vehicle-to-grid*)
 - Test et adaptation du cadre réglementaire pour assurer le développement des solutions créant de la valeur pour la collectivité

QUESTIONS ?