

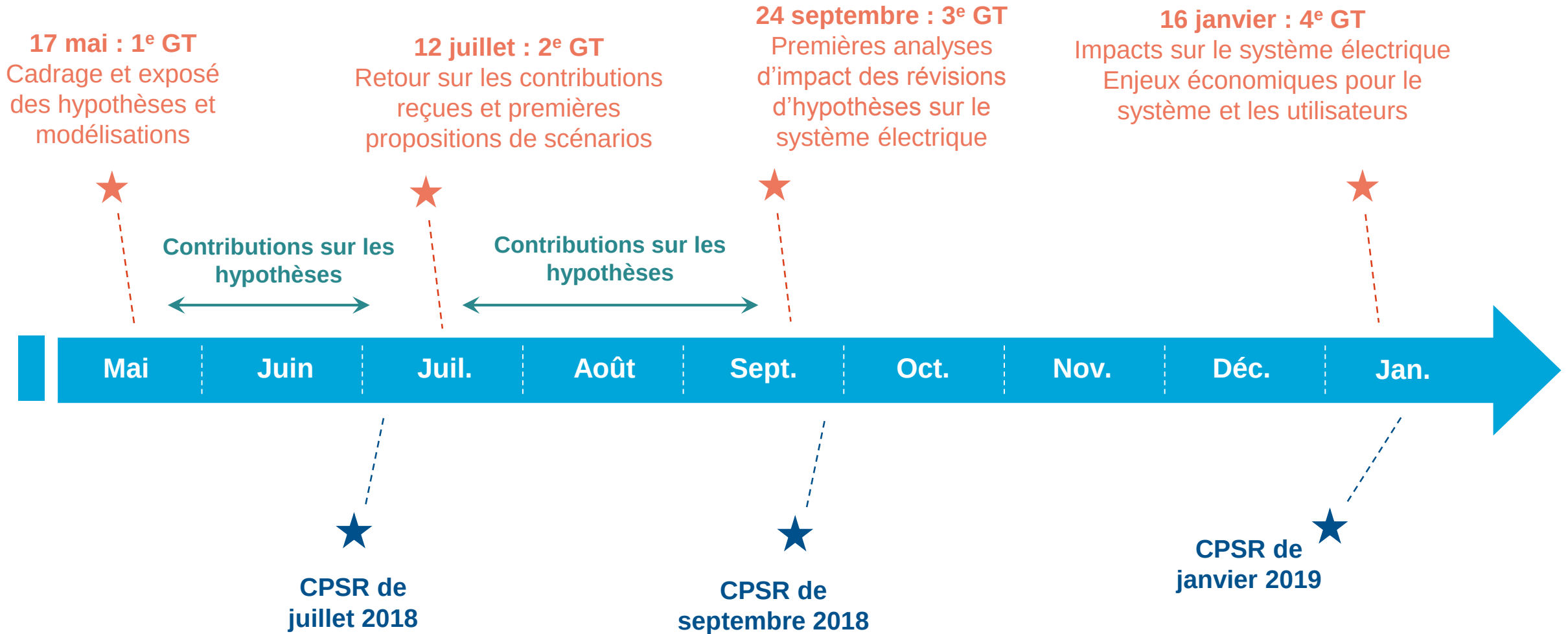


16/01/2018

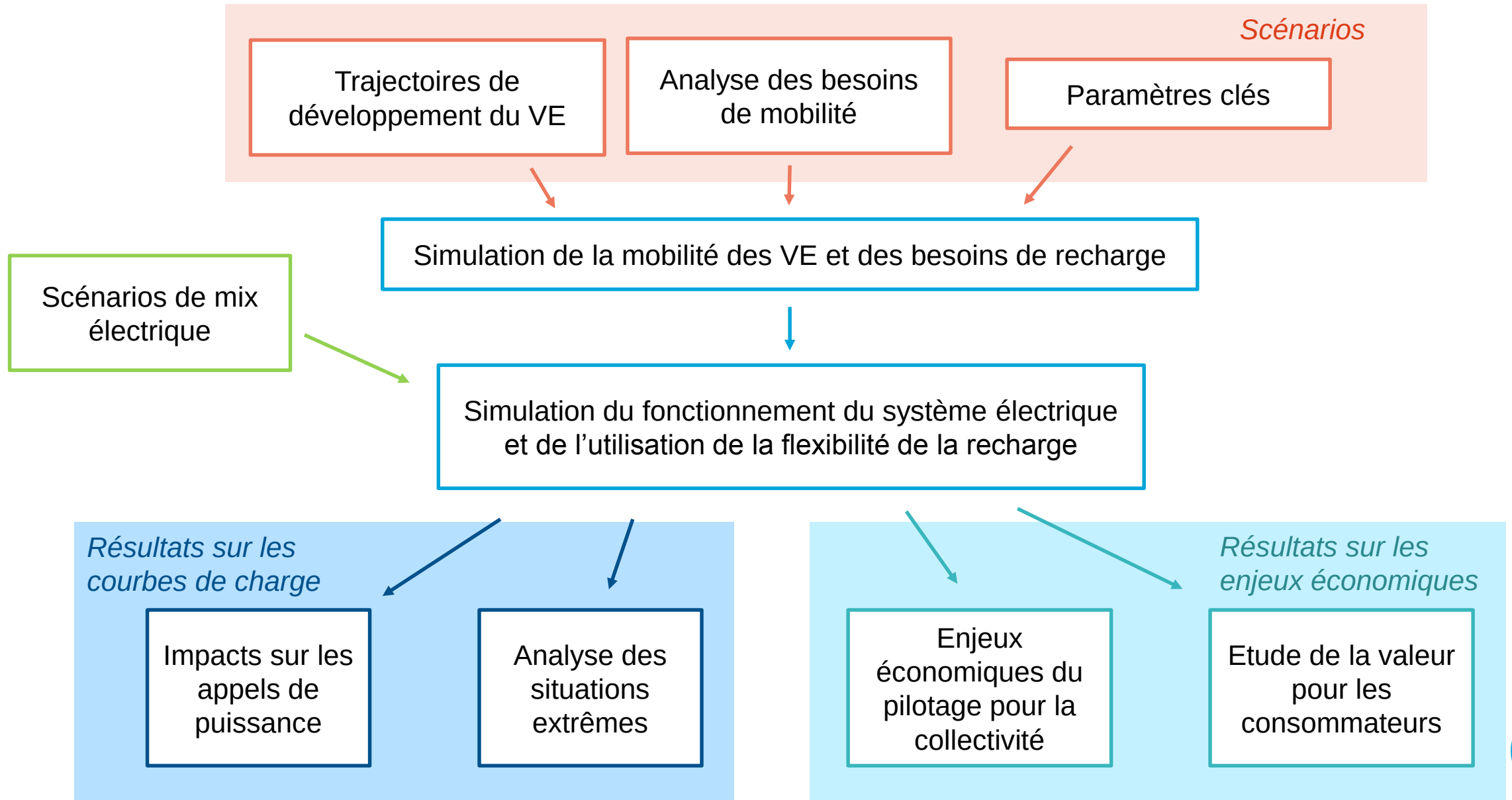
Intégration de l'électromobilité dans le système électrique

GT RTE-AVERE

Rappel des travaux présentés et état d'avancement



Méthodologie et organisation des travaux



Ordre du jour

- Hypothèses et scénarios
 - Rappel des paramètres « clés »
 - Scénarios proposés à l'étude
- Les appels de puissance « sans pilotage »
- Les enjeux économiques du développement de la flexibilité
 - Les enjeux du développement du *Smart Charging* et du *Vehicle-to-Grid* pour le système électrique
 - Vu de l'utilisateur « flexible » : quels modèles d'affaires ?



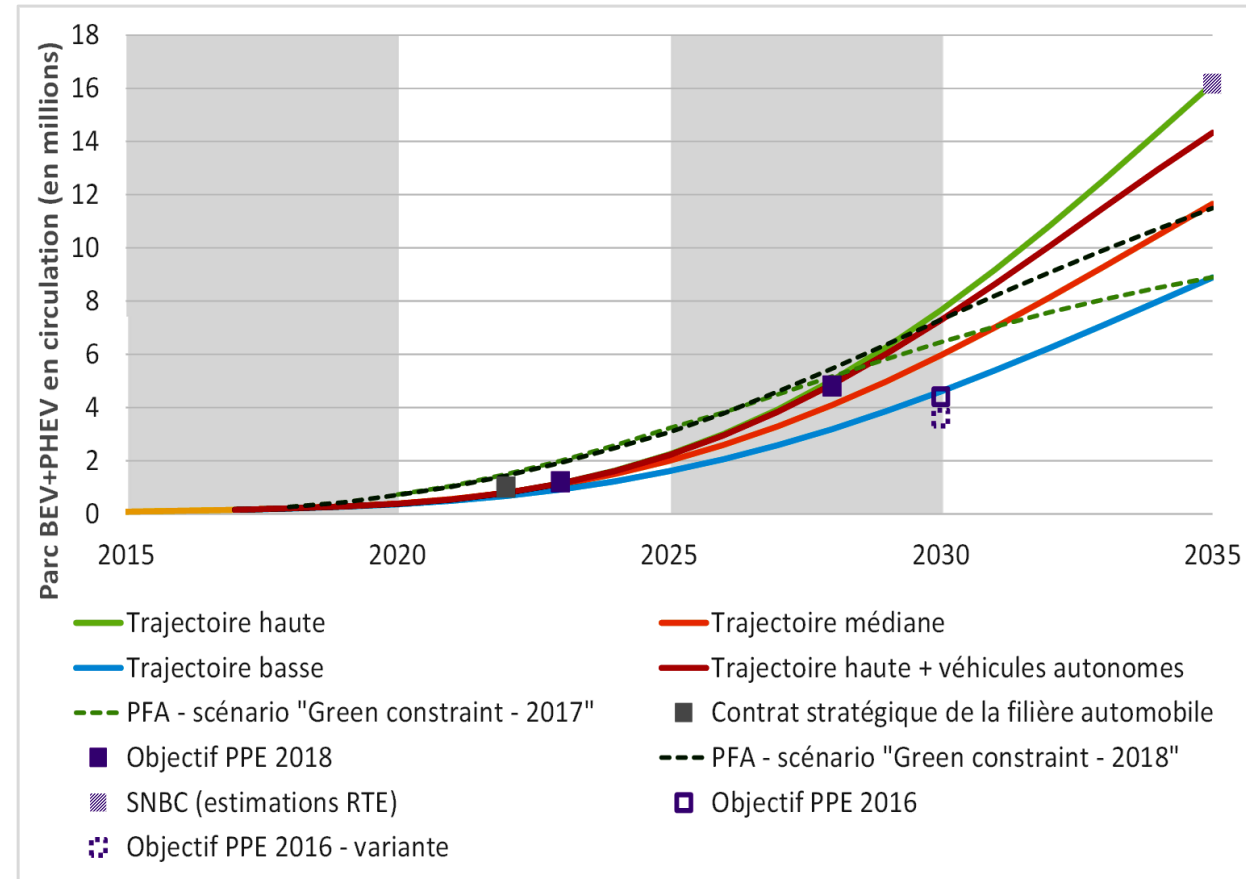
1

Hypothèses et scénarios

Des ambitions de développement du VE qui se renforcent

- **Les ambitions publiques** et projections des constructeurs ont été **revues à la hausse** ces derniers mois:
 - Les objectifs de la PPE à 2028-2030 sont revus à la hausse : **4,8 M en 2028** vs 4,4 M en 2030.
 - Le contrat stratégique de la filière automobile prévoit à l'horizon 2022 de multiplier par 5 les ventes de VEB et un parc de 1 M de VEB+VHR en circulation.
- La PPE et les orientations de la SNBC prévoient un développement important de la mobilité électrique, dans la lignée de la trajectoire « haute » du Bilan prévisionnel 2017.

Trajectoires de développement du VE et comparaison avec des objectifs publics ou sources externes

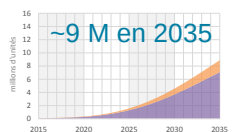


⇒ **Les analyses se concentrent sur l'étude d'un scénario « haut »**

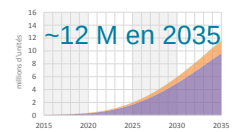
Hypothèses sur les paramètres clés de l'électromobilité

Véhicules légers

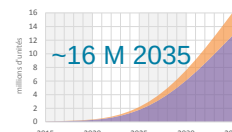
Trajectoire basse



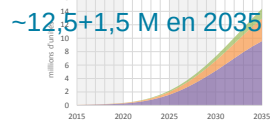
Trajectoire médiane



Trajectoire haute



Trajectoire haute avec véh. autonomes

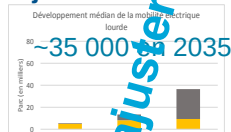


Véhicules lourds

Trajectoire basse



Trajectoire médiane

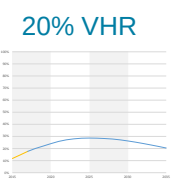


Trajectoire haute

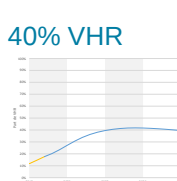


Part VHR

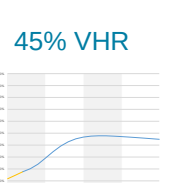
VHR bas



VHR médian

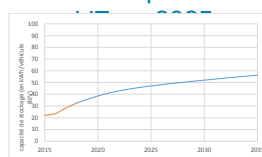


VHR haut

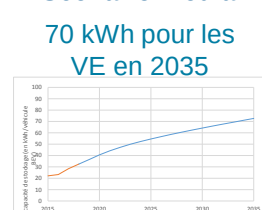


Taille batteries

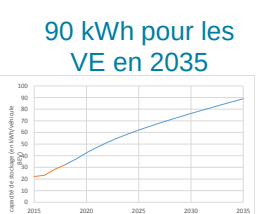
Scénario bas



Scénario médian

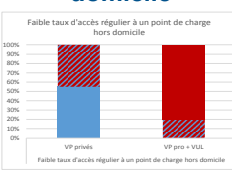


Scénario haut

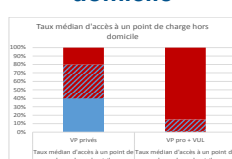


Accès point de charge

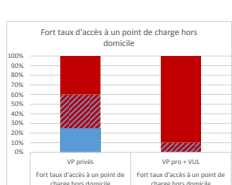
Faible accès hors domicile



Accès médian hors domicile

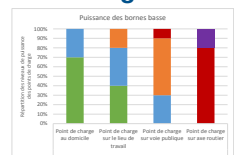


Fort accès hors domicile

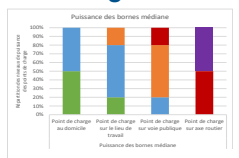


Puissance de charge

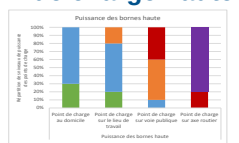
Puissance points de charge basse



Au domicile : 30% 7 kW Puissance points de charge médiane



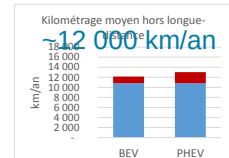
Au domicile : 50% 7 kW Puissance points de charge haute



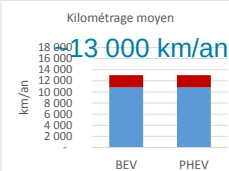
Au domicile : 70% 7 kW

Besoin de mobilité

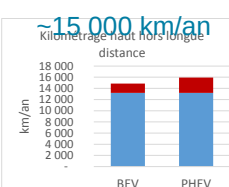
Scénario médian hors LD



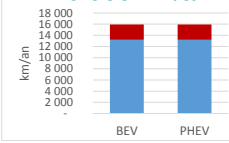
Scénario médian



Scénario haut hors LD

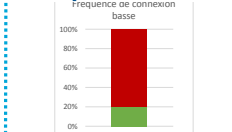


Scénario haut



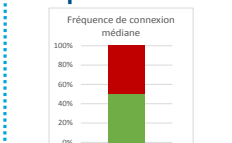
Fréq. de connexion

Fréquence basse



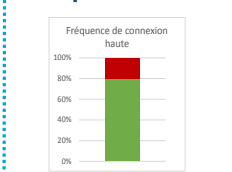
20% se connectent dès que possible

Fréquence médiane



50% se connectent dès que possible

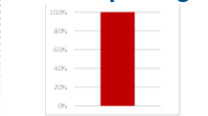
Fréquence haute



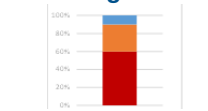
80% se connectent dès que possible

Pilotage de la charge

Aucun pilotage

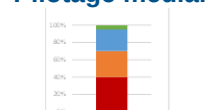


Pilotage bas



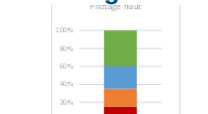
40 % pilotée sans V2G

Pilotage médian



60 % pilotée sans V2G

Pilotage haut



85% pilotée dont 40% V2G

4 scénarios établis en croisant de façon cohérente les différentes hypothèses sur les paramètres clés

« A » - Ambitions publiques - consensus



Un scénario où les principaux paramètres représentent un consensus/point d'équilibre entre les différentes parties

- Développement du VE haut (ambitions publiques)
- Accès significatif à la recharge sur lieu de travail
- Développement du VE parmi les « gros rouleurs » mais plus faible utilisation pour la longue-distance
- Dev. significatif du pilotage (60% sous diverses formes)

« B » - Fort services au système électrique



Un scénario conçu comme favorable au système électrique, via l'accès à des points de charge hors domicile et la flexibilité

- Développement du VE haut (ambitions publiques)
- Accès important à la recharge au travail / hors domicile
- Développement du VE parmi les « gros rouleurs » mais faible utilisation pour la longue-distance
- Dev. Important du pilotage et V2G (85% sous diverses formes)

« C » - Stress système électrique



Un scénario conçu comme potentiellement stressant pour le système électrique

- Développement du VE haut (ambitions publiques)
- Accès essentiellement à des recharges à domicile (7 kW)
- Développement du VE parmi les « gros rouleurs » y compris pour la longue distance (batteries de taille « modérée »)
- Faible développement du pilotage (40% sous diverses formes)

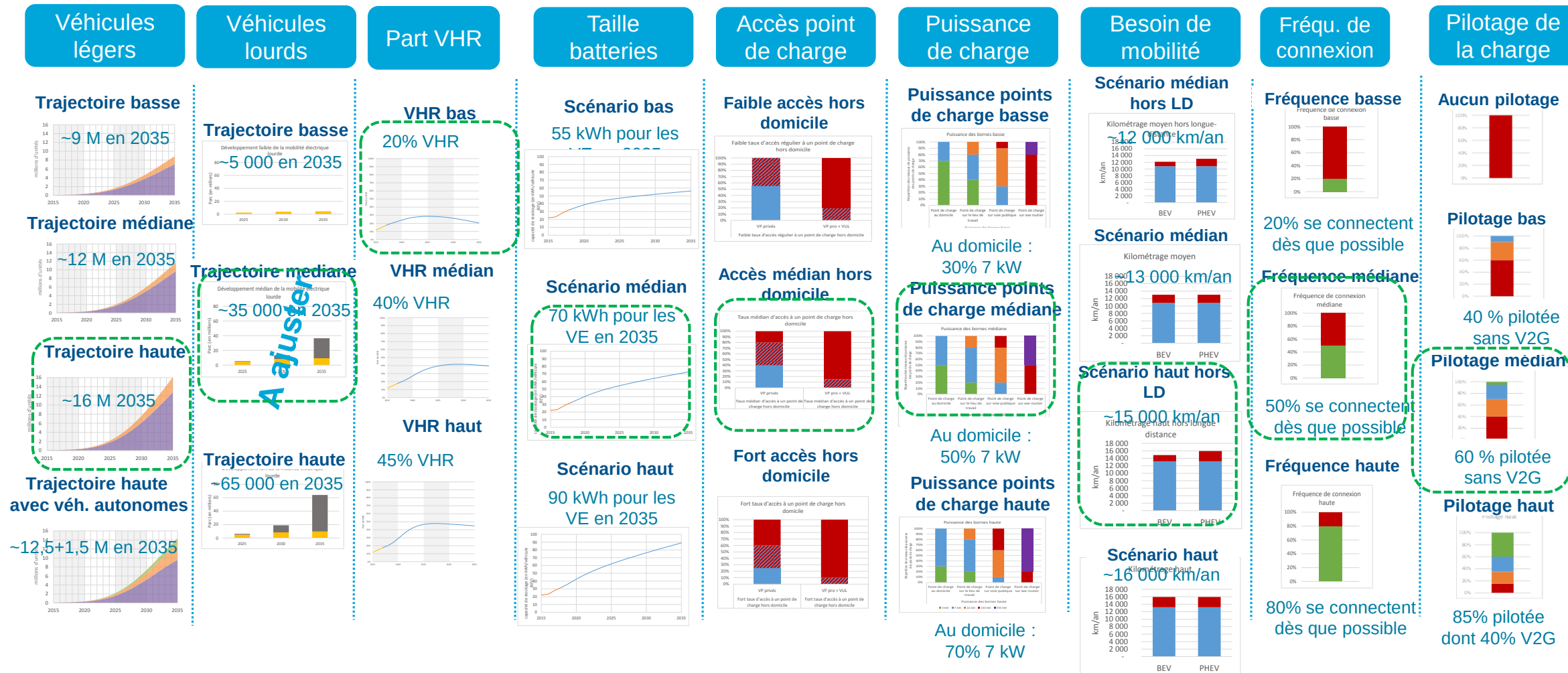
« D » - Rupture sur la mobilité



Un scénario de rupture sur les besoins de mobilité, avec notamment le développement du véhicule autonome

- Développement du VE haut (ambitions publiques)
- Développement important du véhicule électrique autonome partagé (robot-taxis) qui se substituent en partie à des véhicules particuliers.
- Dev. significatif du pilotage (60% sous diverses formes)

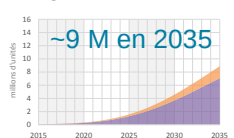
Scénario « A » - Ambitions publiques- consensus



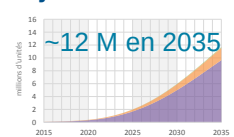
Scénario Stress pour le système électrique

Véhicules légers

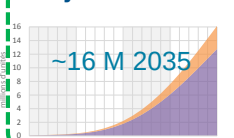
Trajectoire basse



Trajectoire médiane

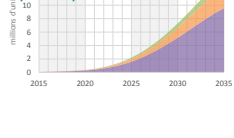


Trajectoire haute



Trajectoire haute avec véh. autonomes

~12,5+1,5 M en 2035



Véhicules lourds

Trajectoire basse



Trajectoire médiane



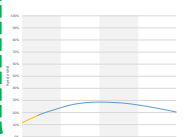
Trajectoire haute



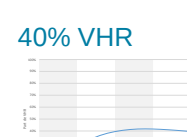
Part VHR

VHR bas

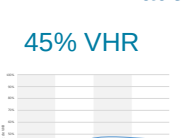
20% VHR



VHR médian

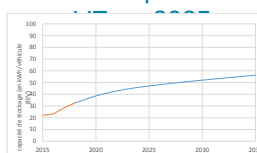


VHR haut

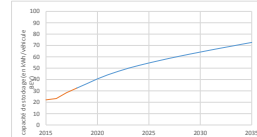


Taille batteries

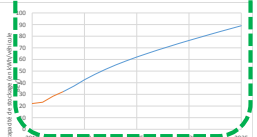
Scénario bas 55 kWh pour les



Scénario médian 70 kWh pour les VE en 2035

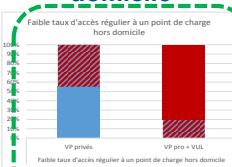


Scénario haut 90 kWh pour les VE en 2035

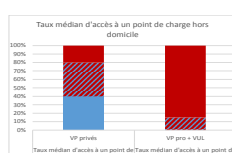


Accès point de charge

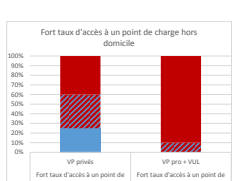
Faible accès hors domicile



Accès médian hors domicile

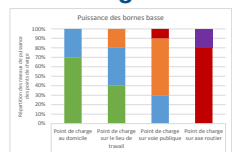


Fort accès hors domicile

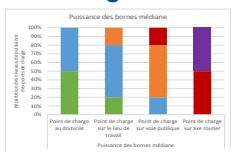


Puissance de charge

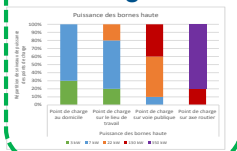
Puissance points de charge basse



Au domicile : 30% 7 kW Puissance points de charge médiane



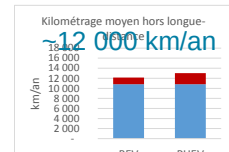
Au domicile : 50% 7 kW Puissance points de charge haute



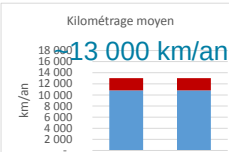
Au domicile :
70% 7 kW

Besoin de mobilité

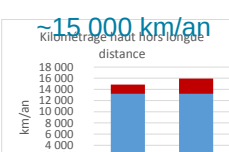
Scénario médian hors LD



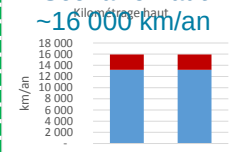
Scénario médian



Scénario haut hors LD

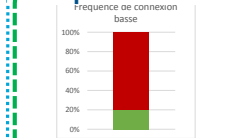


Scénario haut



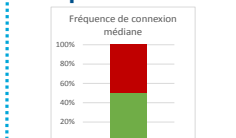
Fréq. de connexion

Fréquence basse



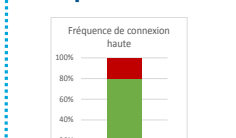
20% se connectent dès que possible

Fréquence médiane



50% se connectent dès que possible

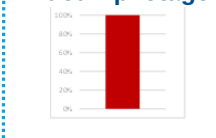
Fréquence haute



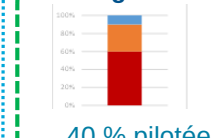
80% se connectent dès que possible

Pilotage de la charge

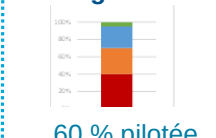
Aucun pilotage



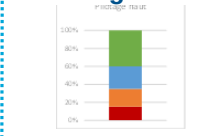
Pilotage bas



Pilotage médian



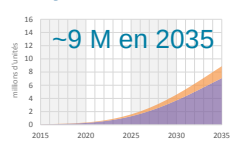
Pilotage haut



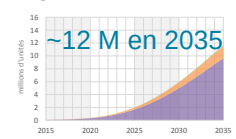
Scénario Fort services au système électrique

Véhicules légers

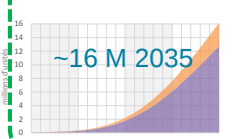
Trajectoire basse



Trajectoire médiane

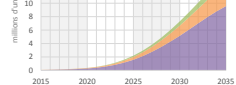


Trajectoire haute



Trajectoire haute avec véh. autonomes

~12,5+1,5 M en 2035

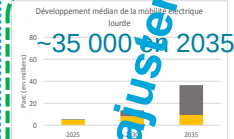


Véhicules lourds

Trajectoire basse



Trajectoire médiane

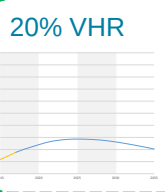


Trajectoire haute

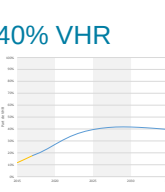


Part VHR

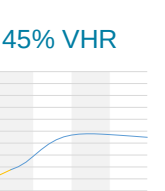
VHR bas



VHR médian

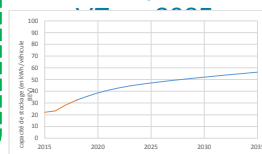


VHR haut

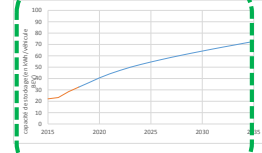


Taille batteries

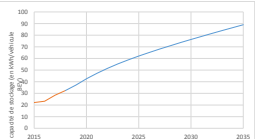
Scénario bas 55 kWh pour les



Scénario médian 70 kWh pour les VE en 2035

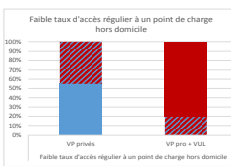


Scénario haut 90 kWh pour les VE en 2035

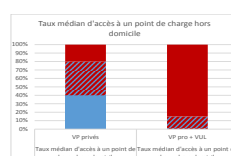


Accès point de charge

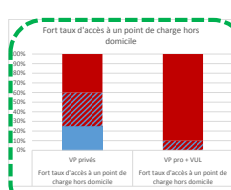
Faible accès hors domicile



Accès médian hors domicile

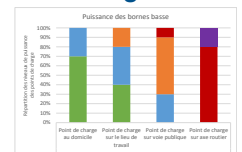


Fort accès hors domicile

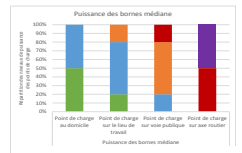


Puissance de charge

Puissance points de charge basse



Au domicile : 30% 7 kW Puissance points de charge médiane



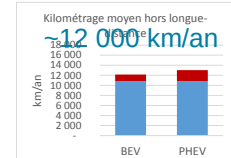
Au domicile : 50% 7 kW Puissance points de charge haute



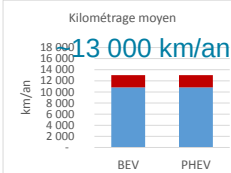
Au domicile :
70% 7 kW

Besoin de mobilité

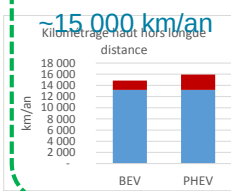
Scénario médian hors LD



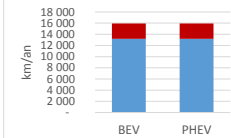
Scénario médian



Scénario haut hors LD

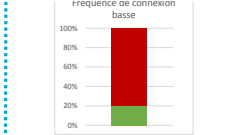


Scénario haut



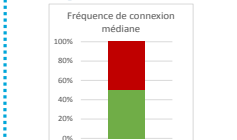
Fréq. de connexion

Fréquence basse



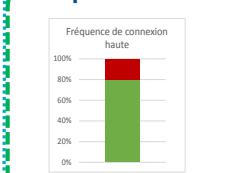
20% se connectent dès que possible

Fréquence médiane



50% se connectent dès que possible

Fréquence haute



80% se connectent dès que possible

Pilotage de la charge

Aucun pilotage



Pilotage bas



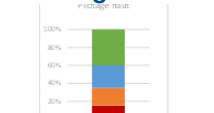
40 % pilotée sans V2G

Pilotage médian



60 % pilotée sans V2G

Pilotage haut

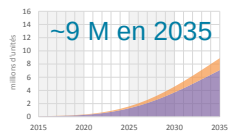


85% pilotée dont 40% V2G

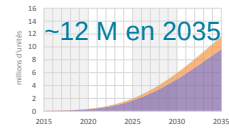
Scénario rupture véhicules autonomes

Véhicules légers

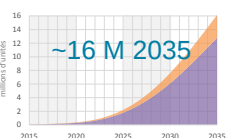
Trajectoire basse



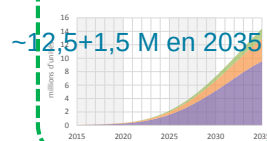
Trajectoire médiane



Trajectoire haute

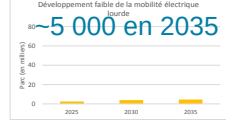


Trajectoire haute avec véh. autonomes

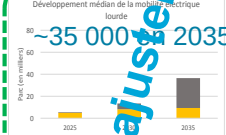


Véhicules lourds

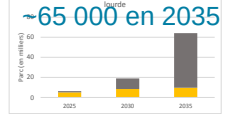
Trajectoire basse



Trajectoire médiane

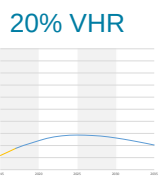


Trajectoire haute

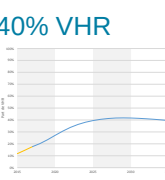


Part VHR

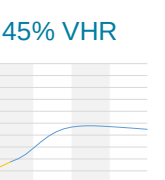
VHR bas



VHR médian

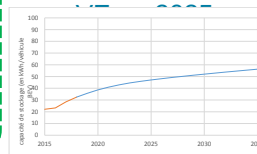


VHR haut

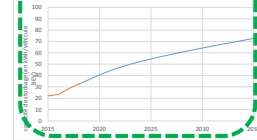


Taille batteries

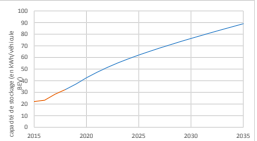
Scénario bas 55 kWh pour les



Scénario médian 70 kWh pour les VE en 2035

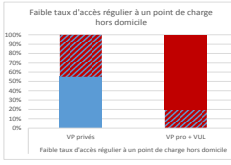


Scénario haut 90 kWh pour les VE en 2035

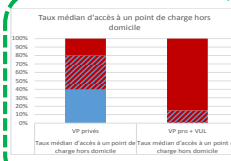


Accès point de charge

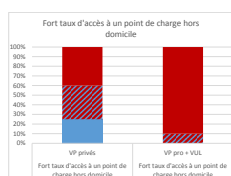
Faible accès hors domicile



Accès médian hors domicile

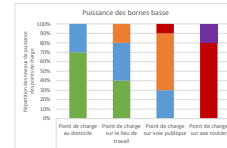


Fort accès hors domicile



Puissance de charge

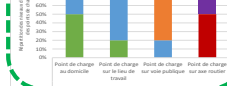
Puissance points de charge basse



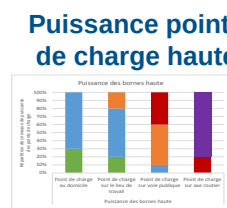
Au domicile : 30% 7 kW



Au domicile : 50% 7 kW



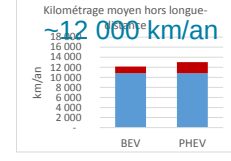
Puissance points de charge haute



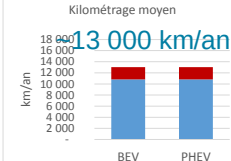
Au domicile : 70% 7 kW

Besoin de mobilité

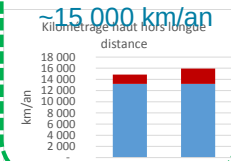
Scénario médian hors LD



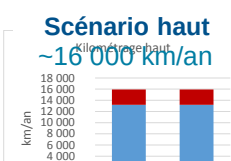
Scénario médian



Scénario haut hors LD

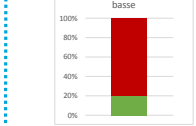


Scénario haut



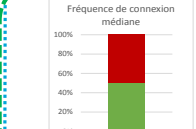
Fréq. de connexion

Fréquence basse



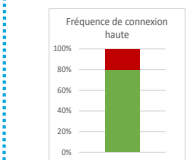
20% se connectent dès que possible

Fréquence médiane



50% se connectent dès que possible

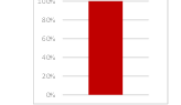
Fréquence haute



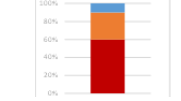
80% se connectent dès que possible

Pilotage de la charge

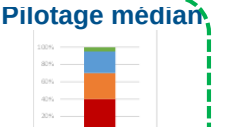
Aucun pilotage



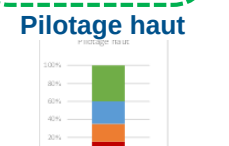
Pilotage bas



40 % pilotée sans V2G



60 % pilotée sans V2G

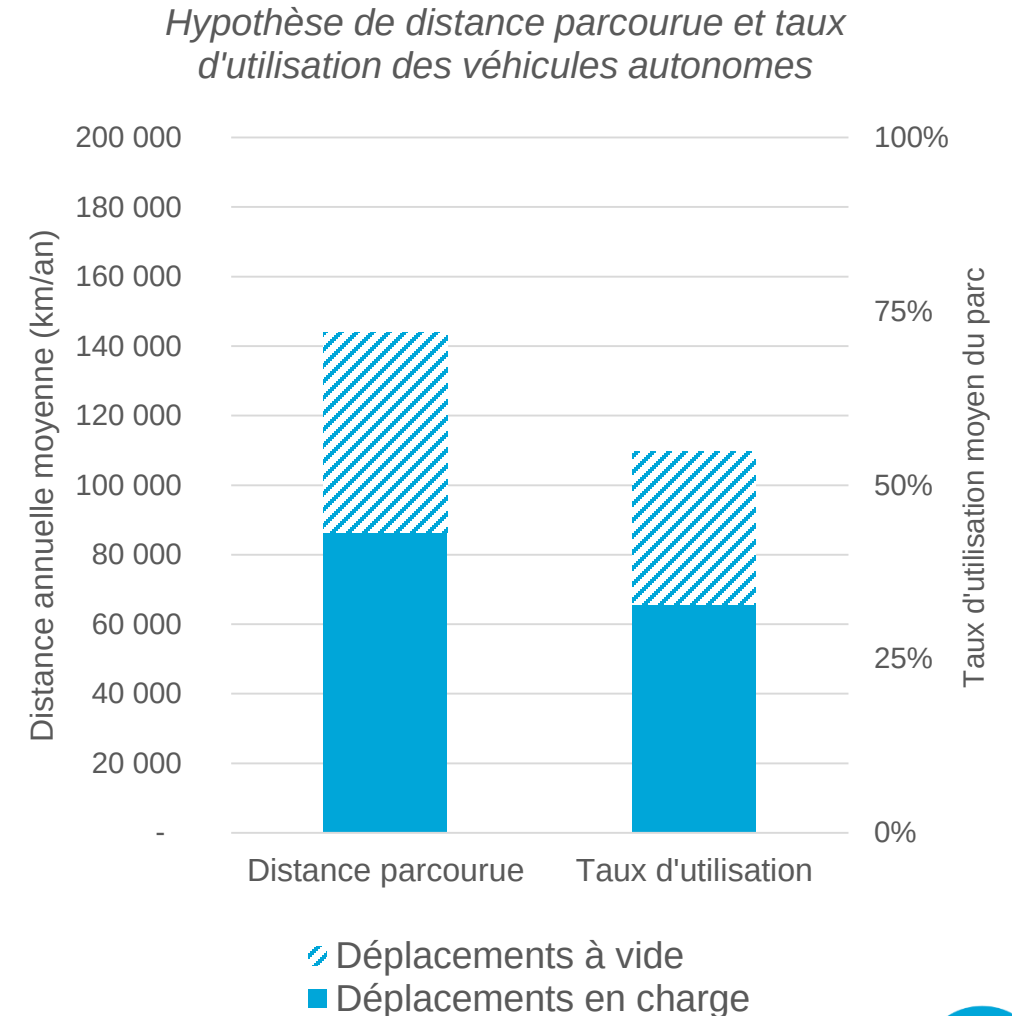


85% pilotée dont 40% V2G

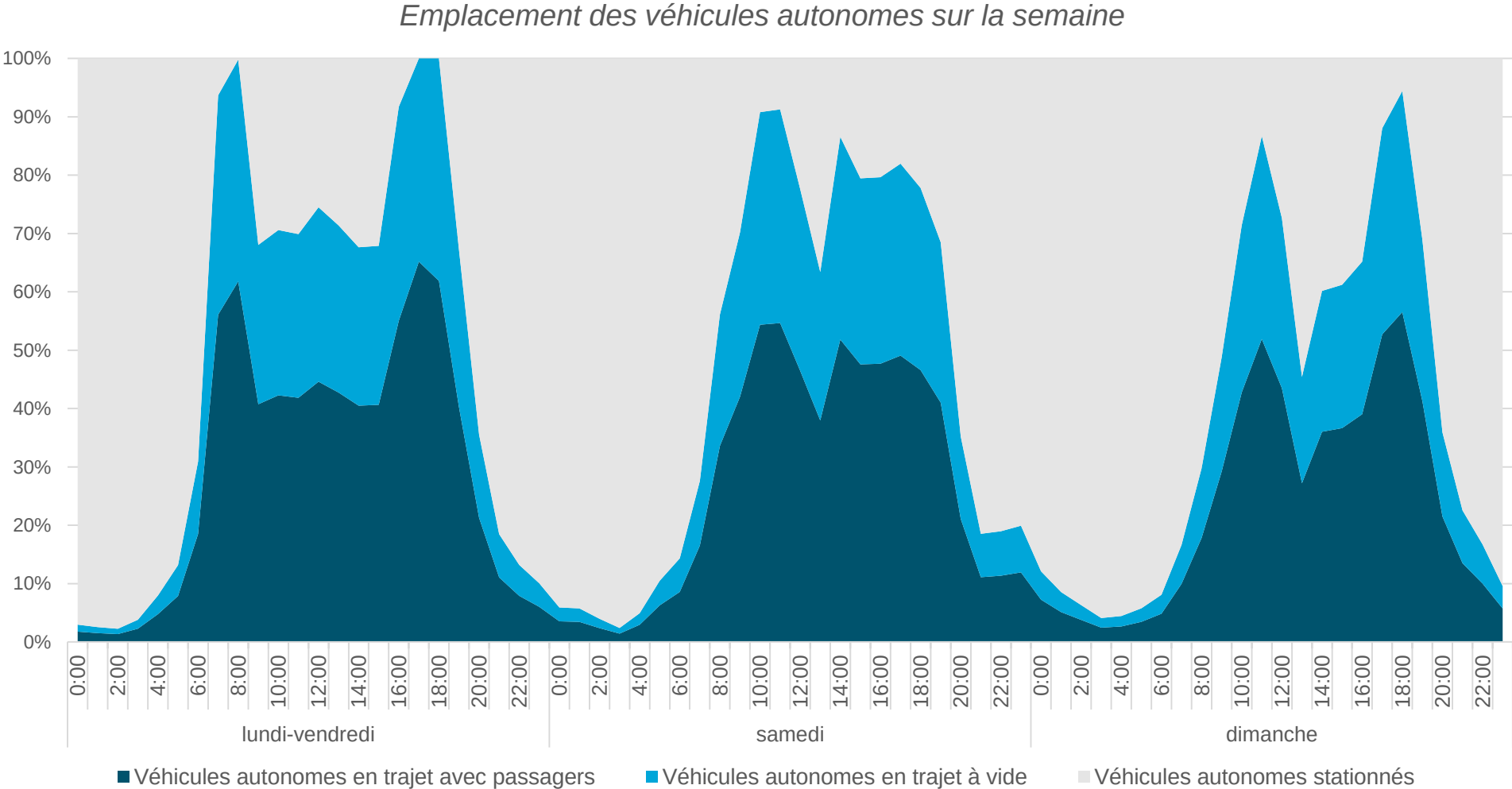


Scénario « D » - Un développement important des véhicules autonomes

- De nombreuses études existantes concordent sur le fait qu'à horizon 2035 les véhicules complètement autonomes pourront remplacer une partie non négligeable des voitures conventionnelles
- Dans le scénario disruptif, nous considérons en **2035** un parc de **1,5 millions de véhicules autonomes**, avec un développement plus important dans les grandes agglomérations (2/3 du total)
- Sur la base des études publiées, qui mentionnent des ratios de substitution de 5 à 10 véhicules traditionnels par véhicule autonome, nous considérons qu'une voiture autonome remplace la mobilité locale de **7 voitures** traditionnelles (=> 10,5 millions de voitures remplacées)
- Nous supposons que les voitures autonomes parcourent **40% des distances annuelles à vide** (en cohérence avec les taux observés pour les taxis et véhicules Uber)



Scénario « D » - Une modélisation des moments de stationnement fondée sur l'utilisation du parc actuel



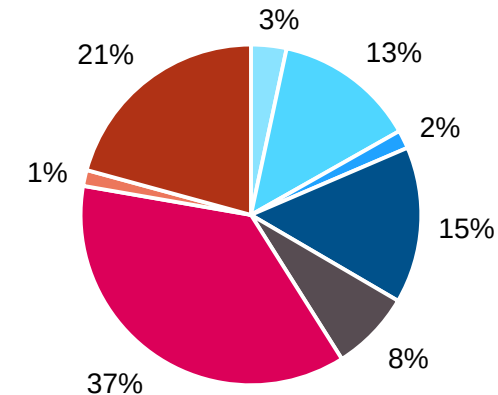
Une représentation affinée de la mobilité, fondée sur des données d'enquête

Dans le BP 2017, la modélisation de la mobilité était simplifiée, et centrée sur la pointe journalière de consommation résultant des trajets domicile <-> travail et déplacements professionnels.

Pour l'approfondissement, RTE intègre une **représentation affinée de la mobilité, fondée sur une analyse approfondie de l'Enquête Nationale Transports Déplacements 2008** (dernière enquête transports nationale) :

Profil de mobilité des véhicules français, un jour moyen du lundi au vendredi [calcul à partir des données ENTD 2008]

- Analyse de **tous les motifs de déplacements**
- Analyse de la mobilité **des weekends**
- Analyse des **origines-destinations** des déplacements, **distances** parcourues, **heures de départ et d'arrivée**
- Analyse des déplacements **longue-distance** par motif

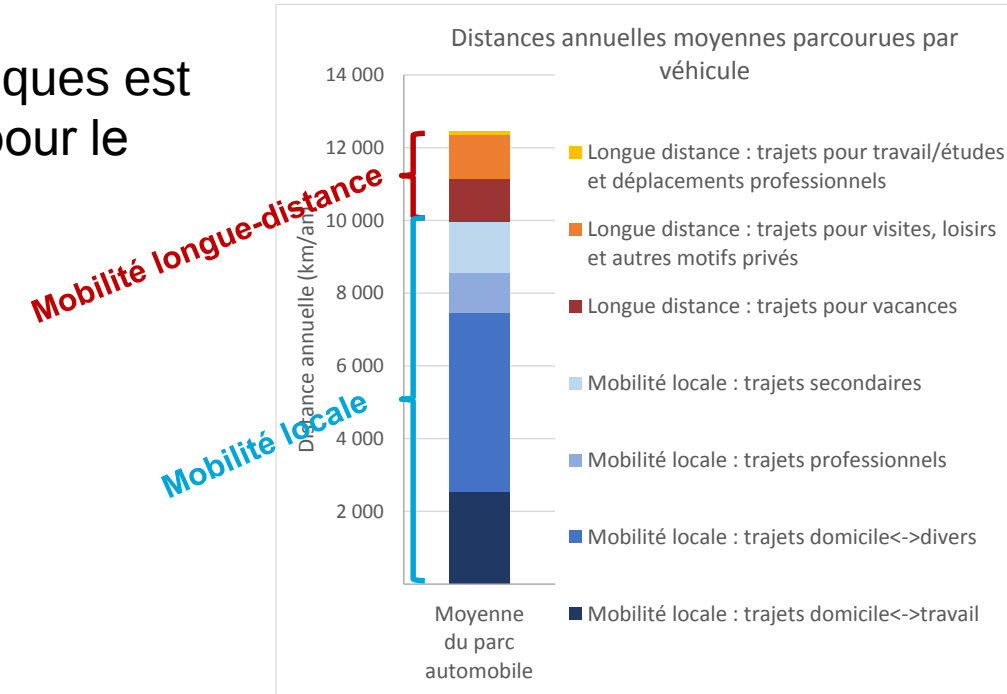


- | | |
|---|-------------------------------|
| ■ Domicile-travail uniquement, midi au domicile | ■ Domicile-travail uniquement |
| ■ Domicile-travail-divers, midi au domicile | ■ Domicile-travail-divers |
| ■ Professionnel | ■ Domicile-divers |
| ■ Déplacements longue distance | ■ Pas de déplacements |

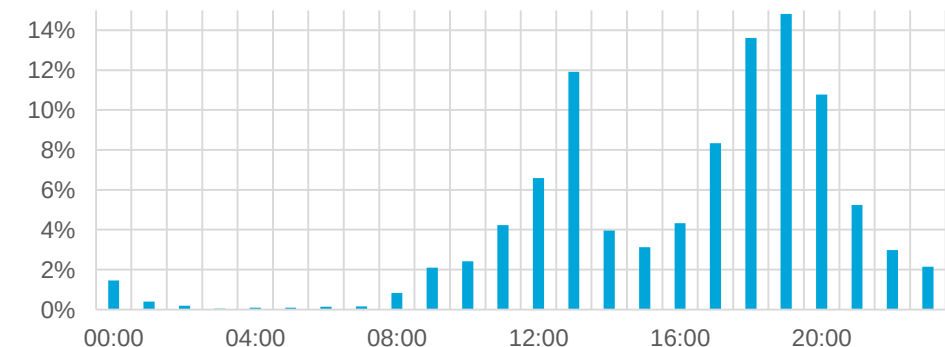
L'évaluation des impacts de la mobilité électrique nécessite de représenter finement les besoins de mobilité

- La caractérisation précise de la mobilité des véhicules électriques est nécessaire pour l'évaluation des enjeux de l'électromobilité pour le système électrique :

- Les distances parcourues et les vitesses déterminent la consommation des véhicules pour les déplacements
- La répartition dans l'année des besoins de mobilité détermine les pointes de consommation concernant la mobilité électrique
- Les heures de départ et d'arrivée sont nécessaires pour modéliser les moments de connexion des véhicules
- Les lieux d'origine et destination des déplacements fournissent des informations sur les lieux de connexion potentiels et les puissances accessibles



Distribution des heures d'arrivée à domicile des véhicules du lundi à vendredi





2

Les appels de puissance « sans pilotage »

Une modélisation plus précise et plus complète de la mobilité pour affiner l'évaluation des impacts sur le système électrique

Dans le BP 2017, la modélisation de la mobilité était simplifiée, et centrée sur la pointe journalière de consommation résultant des trajets domicile <-> travail et des déplacements professionnels. Ceci suffisait pour dégager des ordres de grandeurs sur développement de la mobilité électrique (énergie, puissance)

Pour l'approfondissement, RTE intègre une **représentation affinée de la mobilité** :

- Tenir compte des **autres motifs de déplacements** que les seuls déplacements domicile<-> travail et professionnels (qui ne représentent que ~30% des km parcourus annuellement par un véhicule).
- Modélisation explicite des **déplacements les weekends**
- Baser la représentation des déplacements (lieu de départ et d'arrivée, kilomètres parcourus, heures de départ et d'arrivée) sur les résultats de **l'Enquête Nationale Transport Déplacements**.
- Représenter les déplacements **longue-distance**, en tenant compte de la différenciation des besoins de mobilité longue-distance selon les périodes de l'année.
- Prendre en compte, de façon scénarisée, des **habitudes de mobilité des utilisateurs de VE différentes** des habitudes moyennes actuelles
- Prendre en compte, de façon scénarisée, des **habitudes de « connexion »** non systématiques

Un modélisation plus réaliste et scénarisée des possibilités et comportements de recharge

- Une évolution scénarisée de l'accès aux points de charge qui tient compte de la réalité des possibilités d'accès aux prises électriques dans l'habitat et des tendances sur le développement des bornes

Pour les véhicules à usage privé, un accès à un point de charge à domicile qui peut ne pas être systématique.

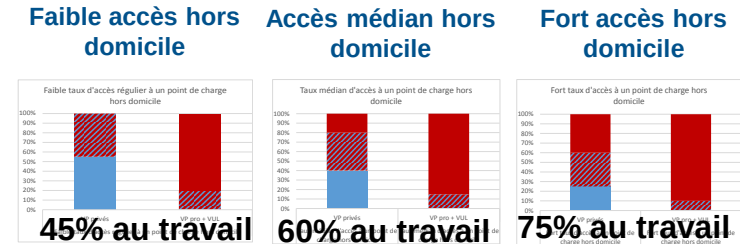
- Une évolution de la puissance des points de charge dans les différents lieux (domicile, travail, espace public, grands axes routiers) qui intègre les tendances actuelles et l'évolution des capacités des batteries

Notamment, à domicile, des installations qui pourraient être dimensionnées pour assurer une recharge en une nuit.

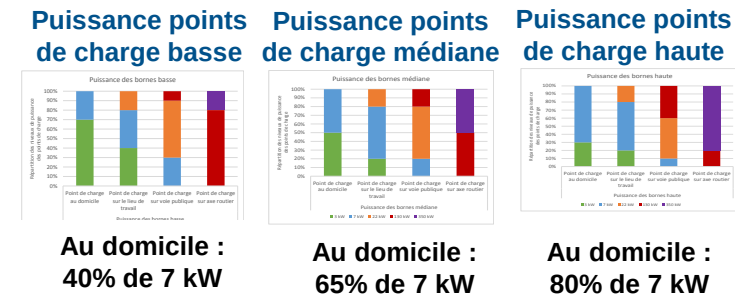
- La prise en compte de « comportements de connexion » réalistes (connexion non systématique pour certains utilisateurs) conformément aux résultats des enquêtes.

Une partie des utilisateurs ne se connecte pas systématiquement (i.e. dès que possible) mais plutôt occasionnellement quand c'est nécessaire vis-à-vis du niveau de stock de la batterie

Accès point de charge



Puissance de charge



Fréquence de connexion

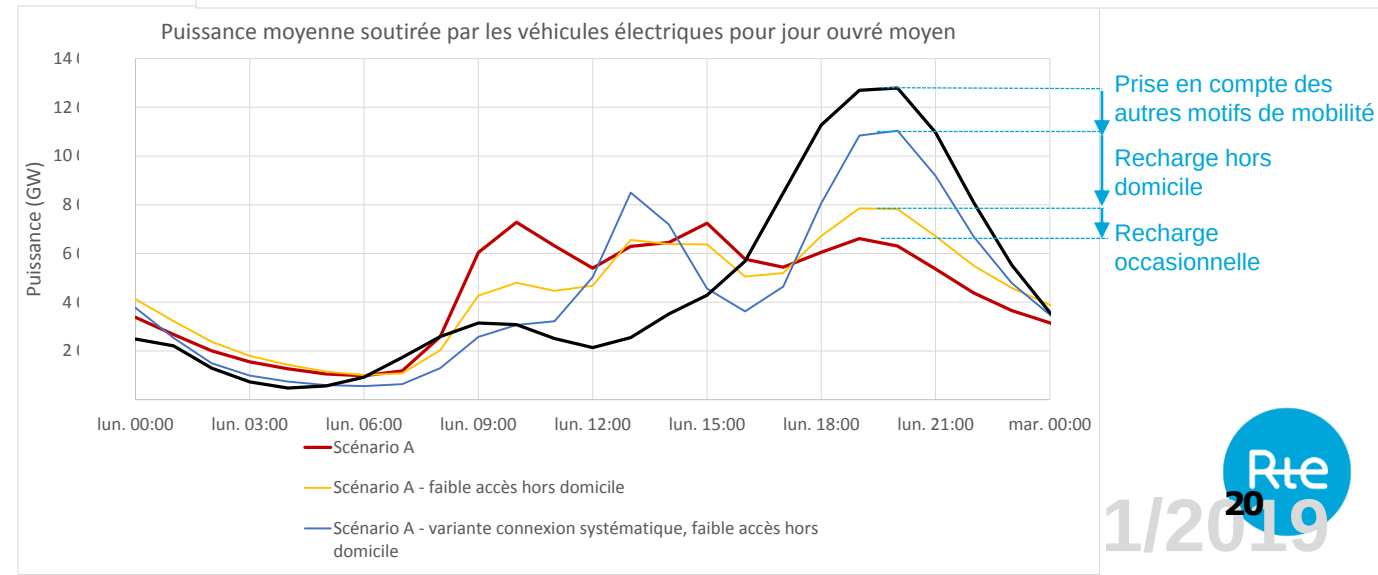
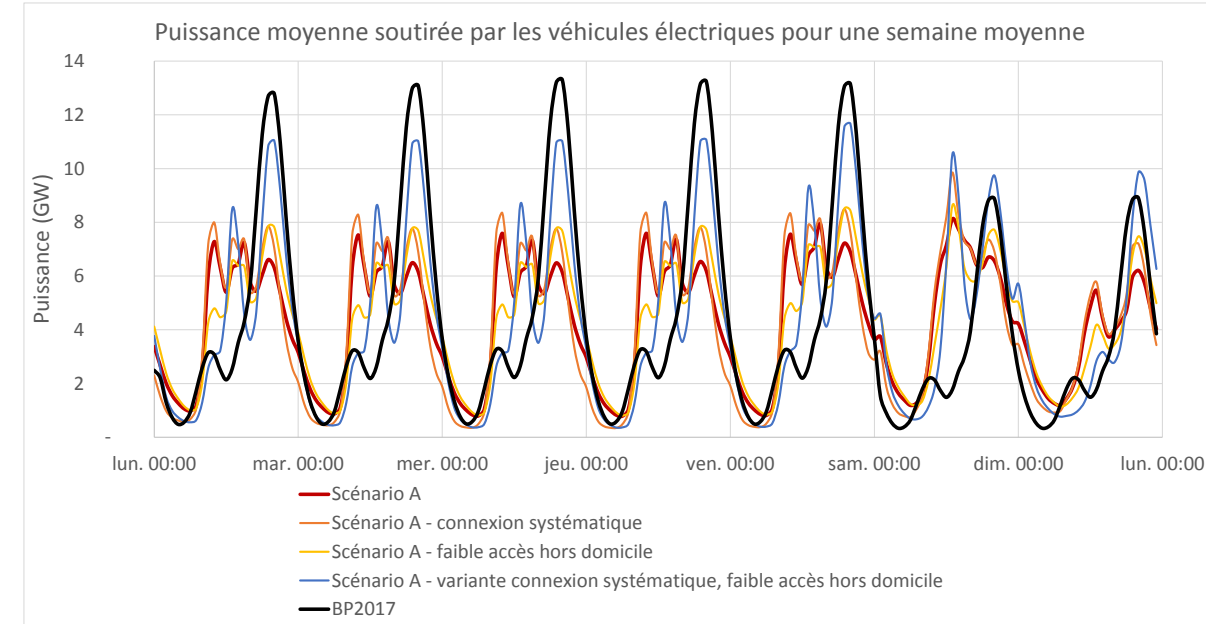


Distance annuelle



La modélisation plus précise et plus complète de la mobilité permet d'affiner l'évaluation de l'appel de puissance

- Malgré la forte sensibilité du profil de puissance à certains paramètres, les enrichissements dans la représentation de la mobilité conduisent à des profils de puissance moins « pointus » que ceux utilisés avec une représentation simplifiée
- L'apparition d'un appel de puissance important aux heures méridiennes correspond notamment aux retours au domicile de déplacements autres que « domicile – travail »
- Une pointe à 19h moins marquée, qui résulte :
 - de la prise en compte des autres besoins de mobilité que domicile<->travail
 - de la recharge non-systématique
 - de la recharge hors domicile

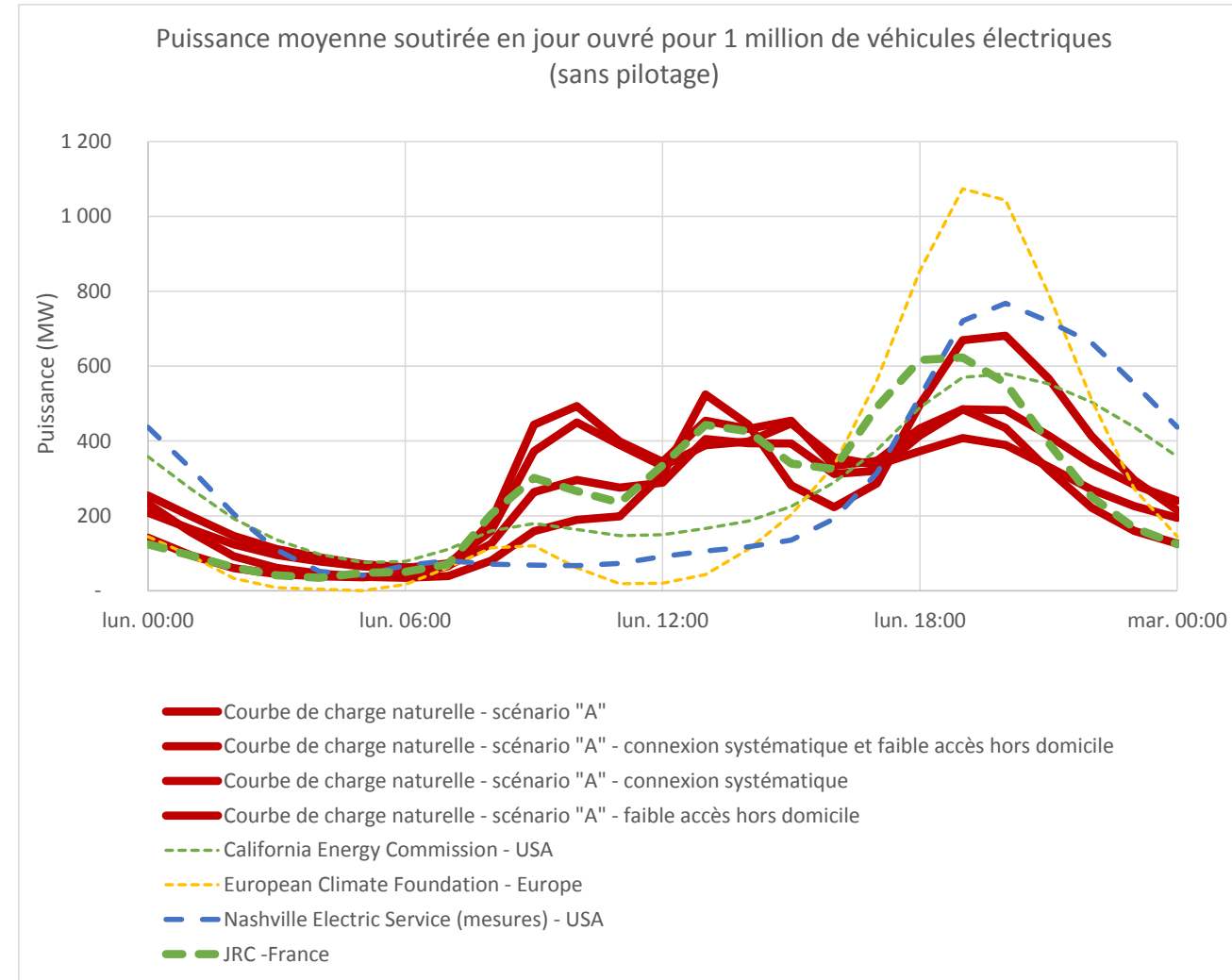


Les profils d'appel de puissance estimés se situent dans le faisceau des publication existantes

- Différentes publications exposent des profils d'appels de puissance de l'électromobilité.

Ces publications portent sur des configurations de mobilité différentes entre elles : différents pays (USA, France, etc.), différentes typologies d'utilisation (privé, pro), modélisation vs mesures.

- Les profils d'appel de puissance « sans pilotage » dans les différentes configurations étudiées (scénario A et variantes) se situent dans le faisceau des études existantes.



La mobilité longue distance se concentre sur certains jours spécifiques

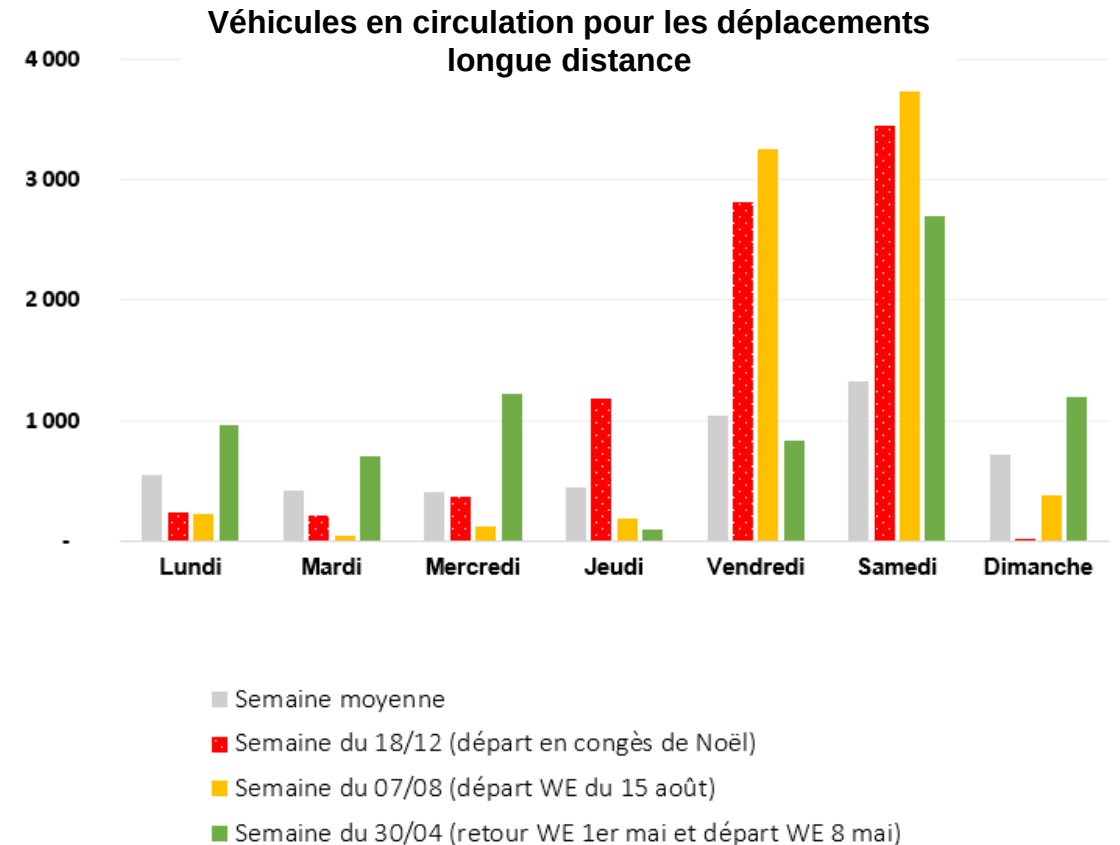
- Beaucoup de demandes vis-à-vis de RTE pour étudier ce type de mobilité et les « jours particuliers »
- Les besoins de mobilité longue-distance sont très concentrés sur quelques jours dans l'année

Les 20 jours les plus chargés (~5% des jours) pèsent pour ~20% des déplacements longue-distance. Ils correspondent à des Ve-Sa-Di-FE de juillet août, vacances scolaires et ponts.

- Le poids de la mobilité longue-distance dans la distance parcourue est très contrasté

Sur l'année, la mobilité longue-distance pèse pour 20% de la distance totale parcourue par les véhicules.

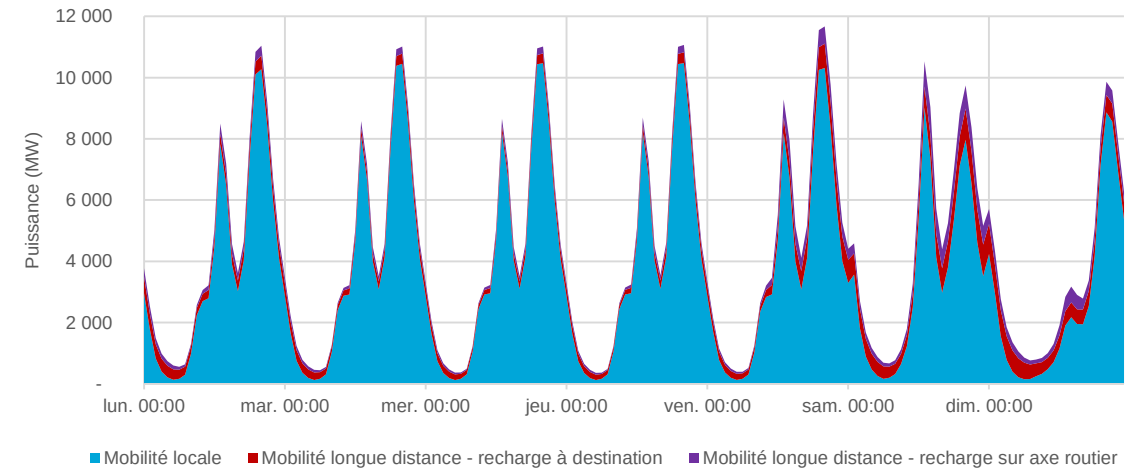
Sur certains jours spécifiques, la mobilité longue-distance peut peser pour plus de 50% des kilomètres parcourus



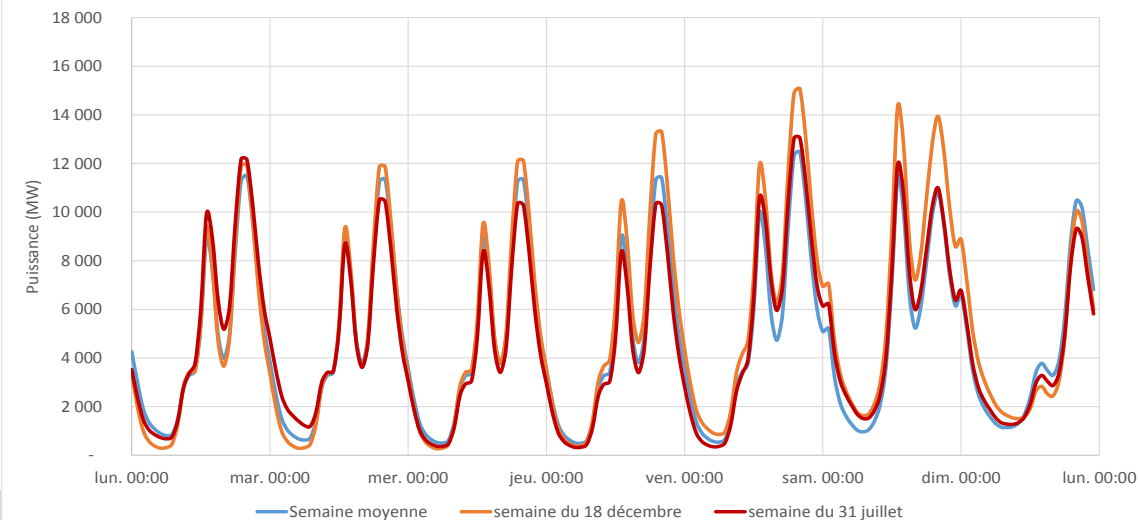
L'impact de la mobilité longue distance est concentré sur certains jours spécifiques

- La mobilité longue-distance pèse peu dans le profil moyen d'une semaine type
 - Sur une semaine typique, l'effet sur la pointe de soutirage des véhicules électriques est de l'ordre de 1 à 2 GW selon l'hypothèse considérée sur l'utilisation des véhicules électriques pour la mobilité longue-distance
- Sur certains jours spécifiques, les besoins de mobilité longue-distance ont un impact significatif sur la pointe de soutirage des véhicules électriques
 - La pointe de soutirage des VE se situe le vendredi et samedi du début des vacances de Noël (conjonction de besoins de mobilité longue-distance et thermo sensibilité)
 - Selon l'hypothèse considérée sur l'utilisation des VE pour la mobilité longue-distance, la pointe de soutirage des VE au moment des vacances de Noël se situe entre 2,5 et 4 GW (soit 20% à 30%) au dessus de la pointe de soutirage d'une semaine type.

Puissance soutirée sur une semaine moyenne (scénario A variante faible accès hors domicile et connexion systématique)



Puissance soutirée (en moyenne sur les scénarios climatiques)
Hypothèses du scénario A

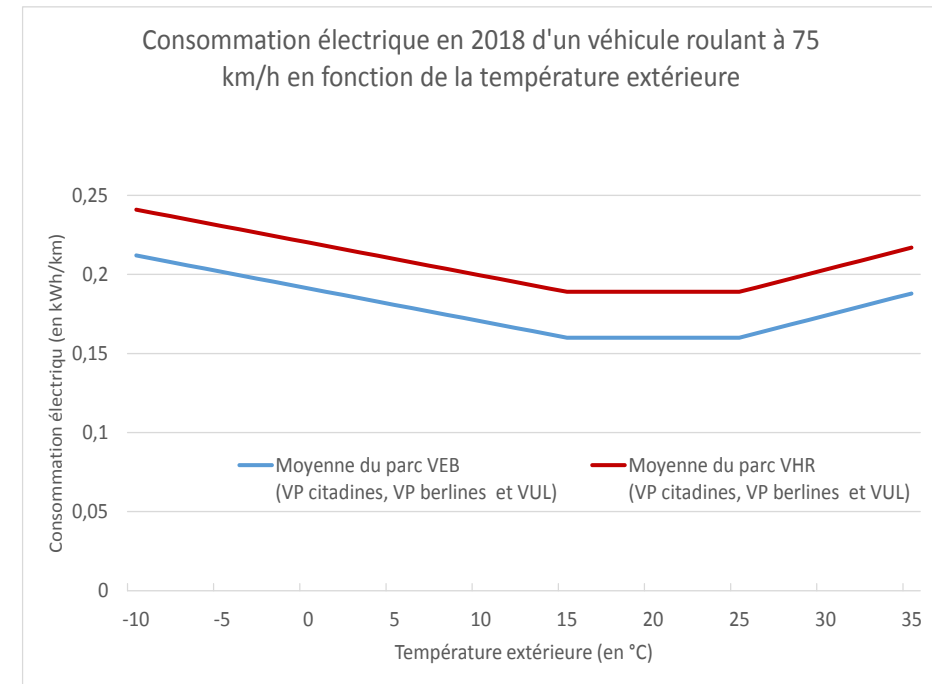
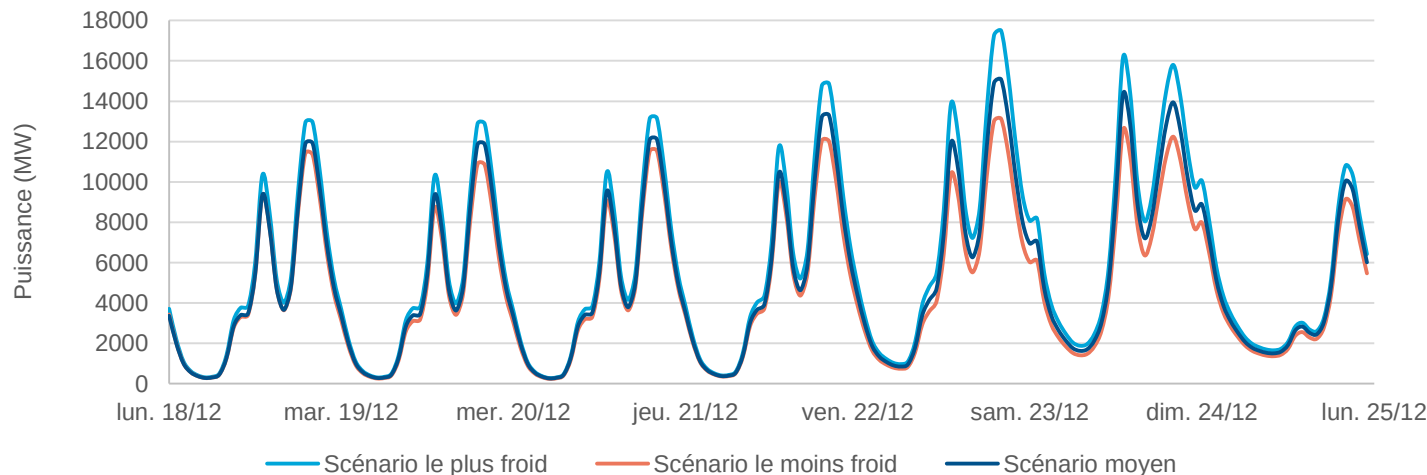


La thermo sensibilité de la consommation des véhicules électriques a un impact non négligeable sur les appels de puissance

- La consommation unitaire des véhicules électriques dépend de la température extérieure

Besoin de chauffage (ou de climatisation) de l'habitacle et thermo sensibilité du coefficient de pénétration dans l'air

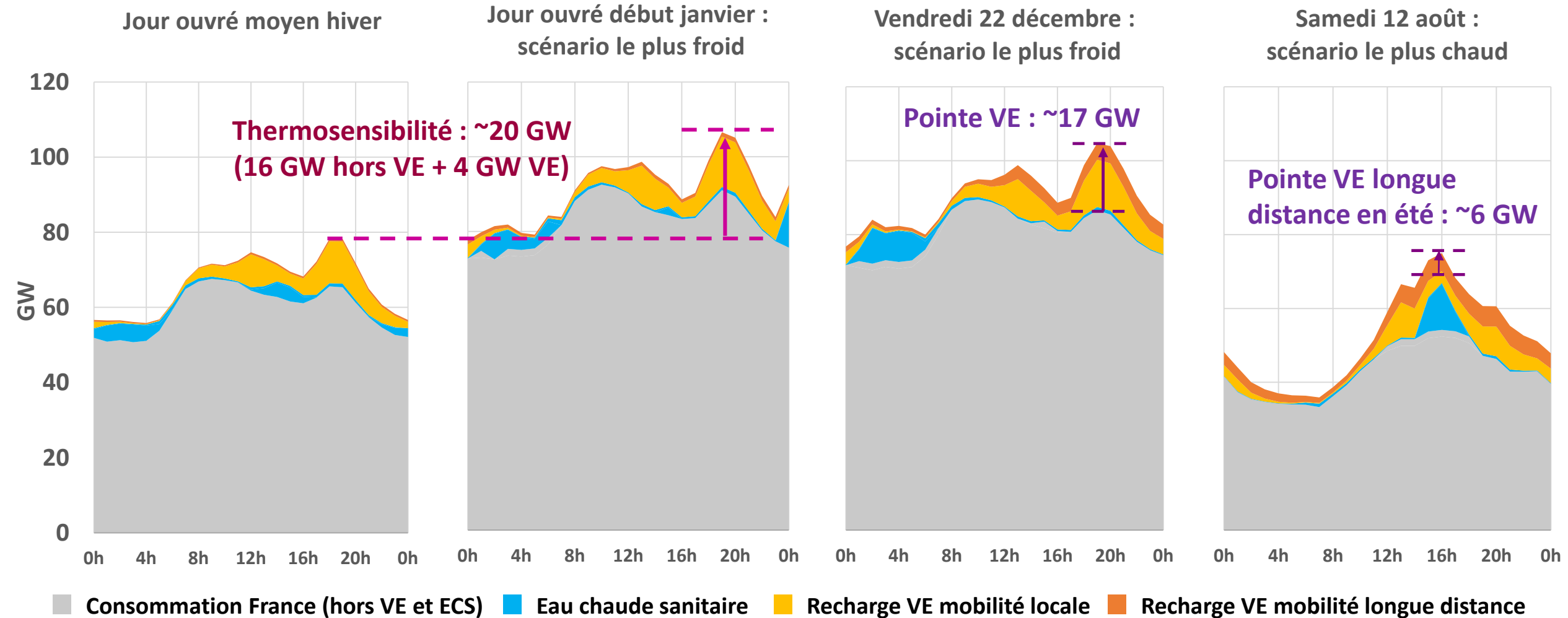
Comparaison de l'effet de la température sur la consommation de véhicules électriques – recharge systématique et naturelle (semaine 18 décembre)



- En hiver, l'effet d'une vague de froid décennale par rapport à la température normale a un effet de l'ordre de 2 GW (~15%) sur la pointe de soutirage des véhicules électriques
- En été, un enjeu de l'ordre de 1 GW (effet climatisation)

Sans pilotage, la contribution de la mobilité électrique à la pointe de consommation est significative

Consommation France avec 16 millions de VE, vision 2035



Résultats préliminaires – pour discussion en GT du 16/01/2019



3

Les enjeux économiques du développement de la flexibilité



3.1

Les enjeux du pilotage pour le système électrique

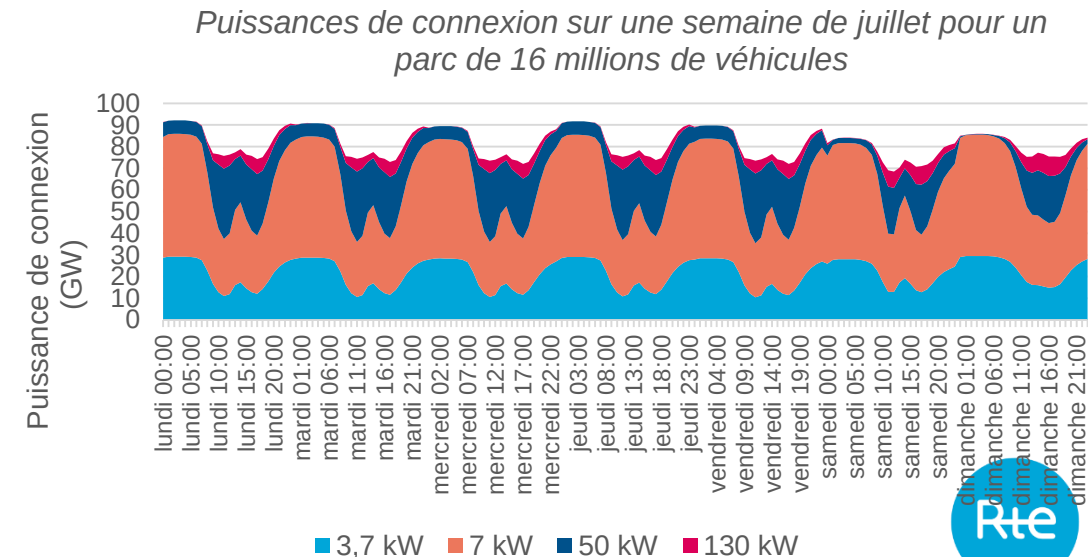
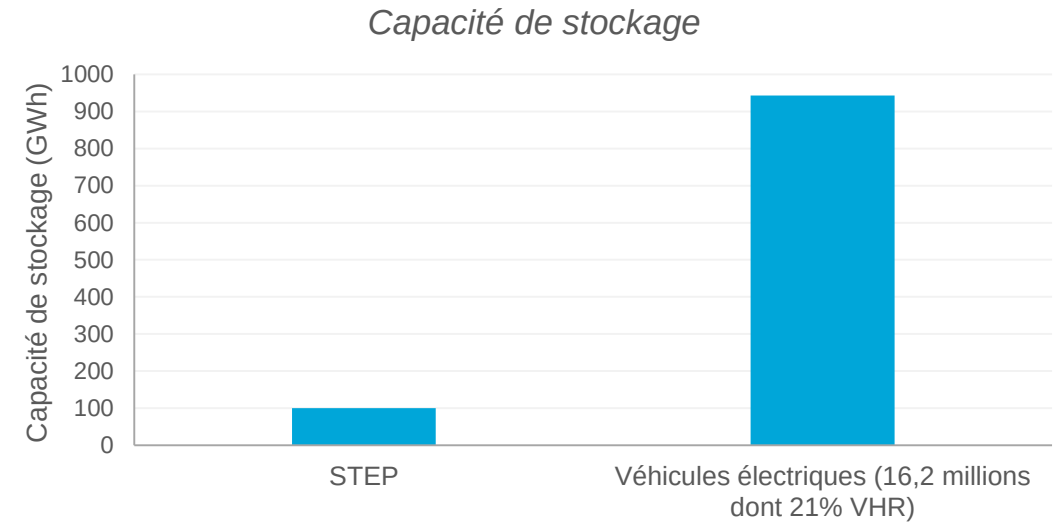
Un parc conséquent de véhicules électriques peut constituer un gisement de flexibilité très important

- Avec un parc de 16 millions de VE, une consommation électrique de ~ 38 TWh dont ~ 35 TWh théoriquement pilotables (recharges dont la durée n'est pas contrainte par des besoins de mobilité) pour moduler la courbe de charge sur des périodes de plusieurs heures à plusieurs jours.

La batterie des VE contient aujourd'hui l'énergie pour ~5 jours de mobilité (~10 jours à horizon 2035 avec l'évolution de la taille des batteries)

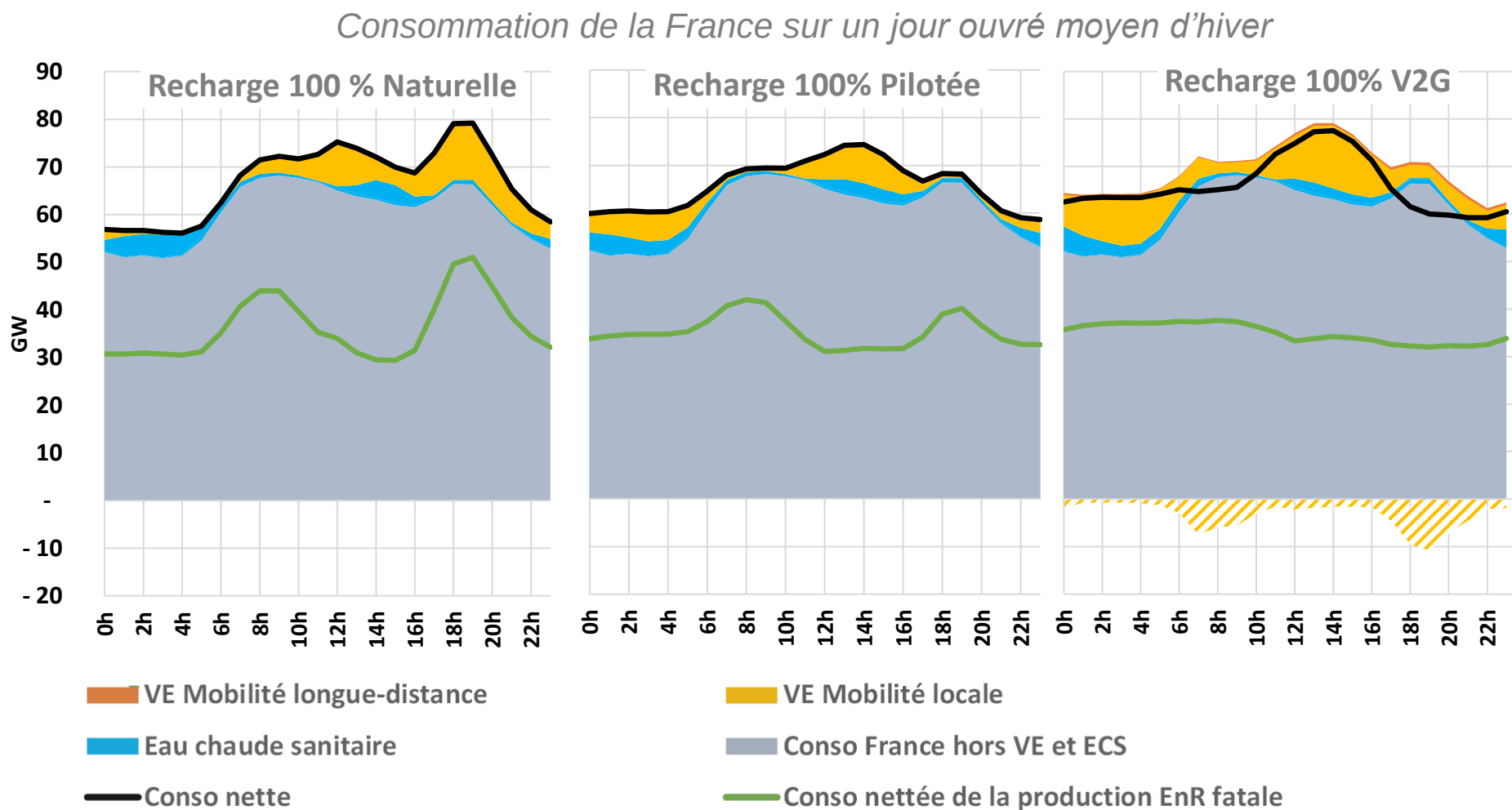
- Avec le développement du V2G, le VE pourrait représenter une flexibilité plus de 10 fois plus importante que celle des STEP existantes en France :

- ~10 fois la capacité de stockage en énergie (mais contrainte par les besoins de mobilité)
- Plus de 15 fois la puissance (dépend de l'instant de la journée/de la connexion des véhicules)



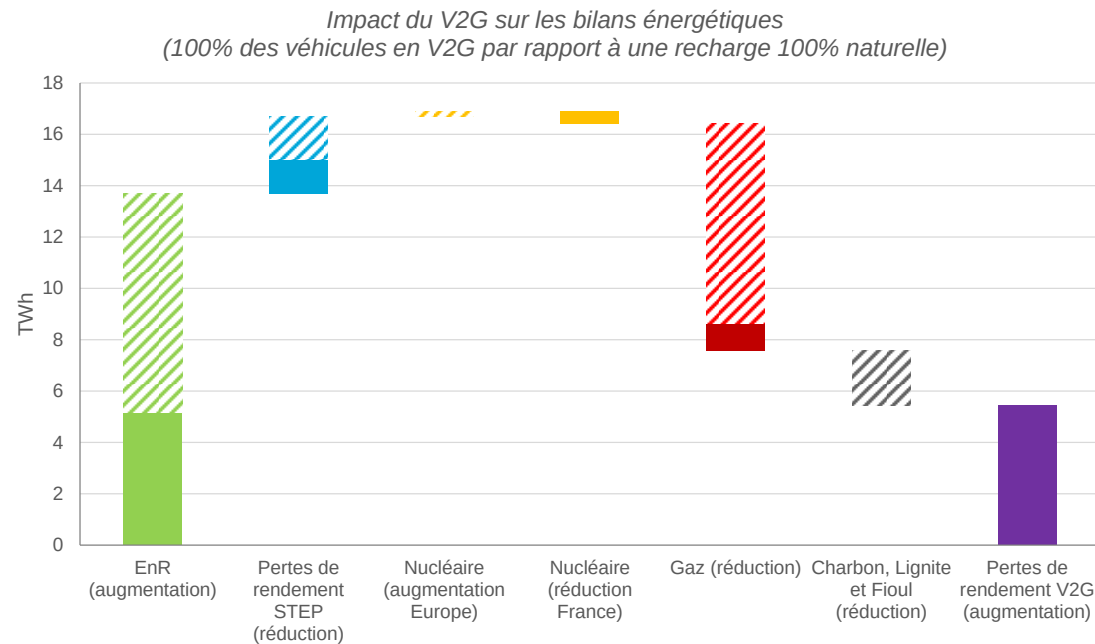
L'utilisation de la flexibilité des véhicules électriques permet de moduler fortement la courbe de charge

- Le pilotage de la recharge et le V2G permettent de **moduler fortement la courbe de charge totale** et de l'**adapter à la production EnR** dans la limite des besoins de mobilité et des accès aux points de charge
- Les variations de la courbe de charge « résiduelle » (consommation diminuée de la production EnR fatale) peuvent être fortement réduites.



Le pilotage permet d'optimiser l'utilisation du parc de production

- Le pilotage et le V2G permettent essentiellement ;
 - de réduire les volumes d'EnR « écrêtés » dans les situations de manque de débouchés
 - De réduire la production thermique
- Les cycles pour le V2G représentent moins de 40 cycles/an, ce qui n'a pas d'impact significatif sur la durée de vie de la batterie

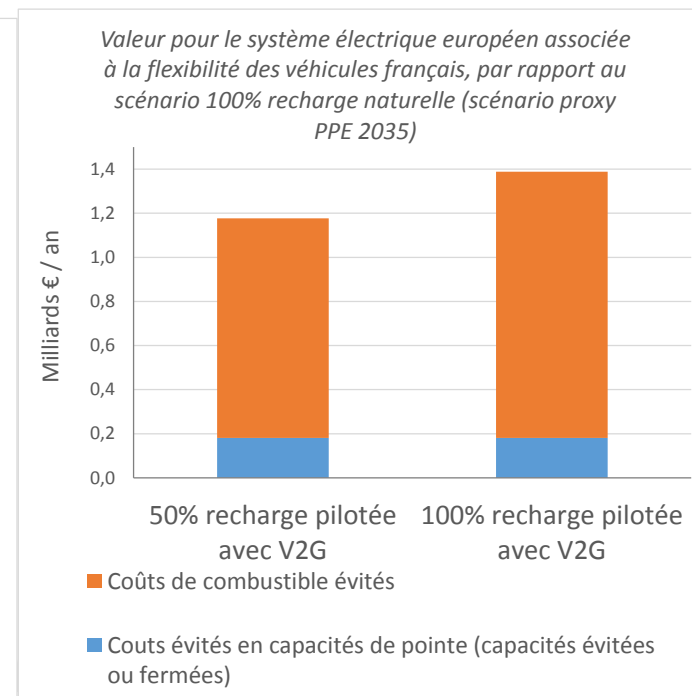
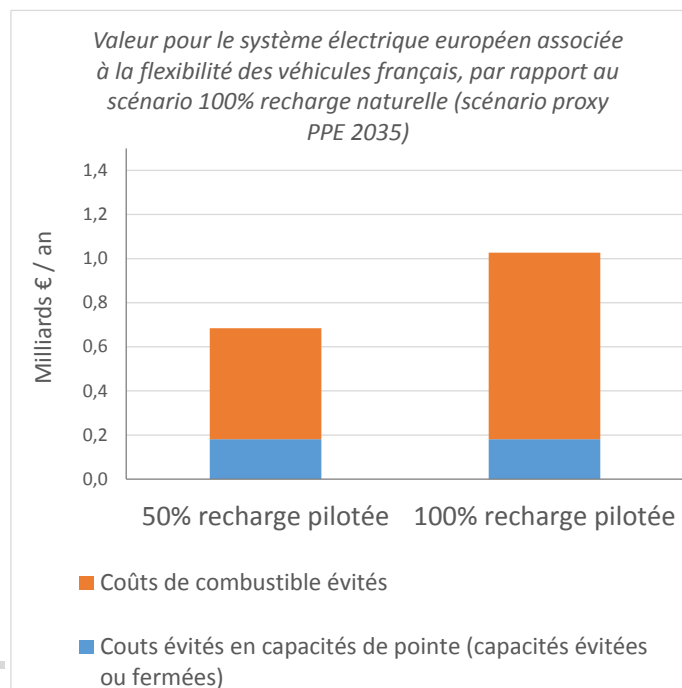


La flexibilité des véhicules électriques présente un enjeu économique important pour le système électrique

- Dans le mix français et européen considéré, l'enjeu total à l'horizon 2035 du pilotage de la charge est de l'ordre de 1 Md€/an. L'enjeu supplémentaire du V2G est de l'ordre de 0,4 Md€/an.
- Cette valeur économique dépendra de l'évolution du mix de production ainsi que du développement des autres leviers de flexibilité (dont VE à l'étranger) en France et dans les pays voisins.
- Ces valeurs sont adhérentes aux hypothèses sur les paramètres de développement de l'électromobilité (bornes, habitudes de connexion, etc.)
- L'effet de décroissance de l'apport du pilotage en fonction du nombre de véhicules pilotés est très marqué.

Il n'est pas nécessairement opportun de promouvoir un pilotage généralisé sur tout le parc si ce pilotage présente des coûts significatifs

- Des pilotages plus simples (p.e. asservissement tarifaire via Linky) méritent d'être étudiés pour identifier la valeur qu'ils peuvent déjà permettre.

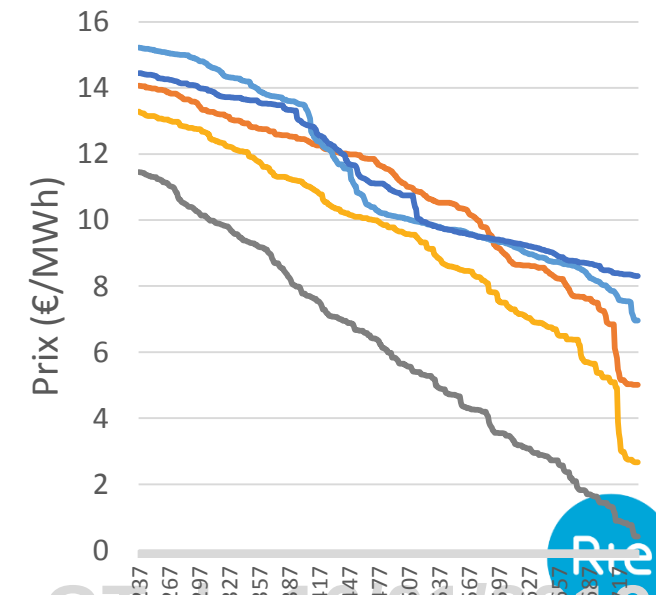
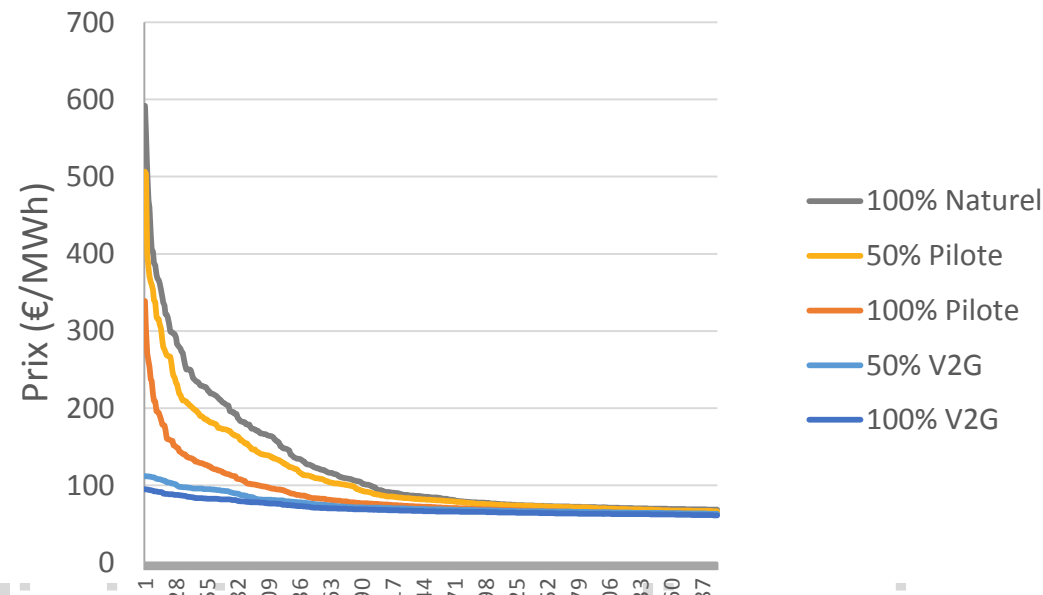
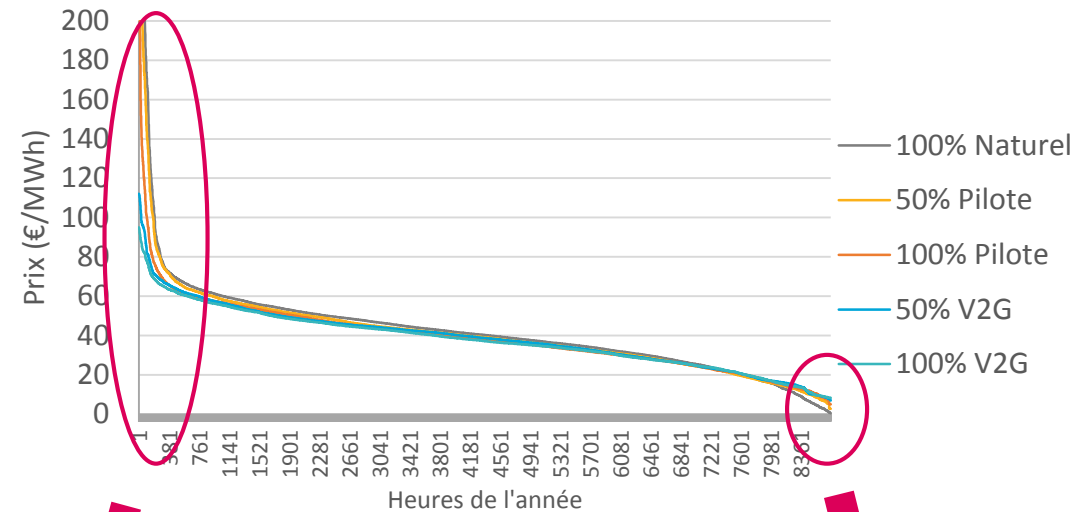


Le développement de la flexibilité des VE en France a un effet sur les prix de marché

- Le pilotage et l'injection permettent de réduire les variations des prix de marché.

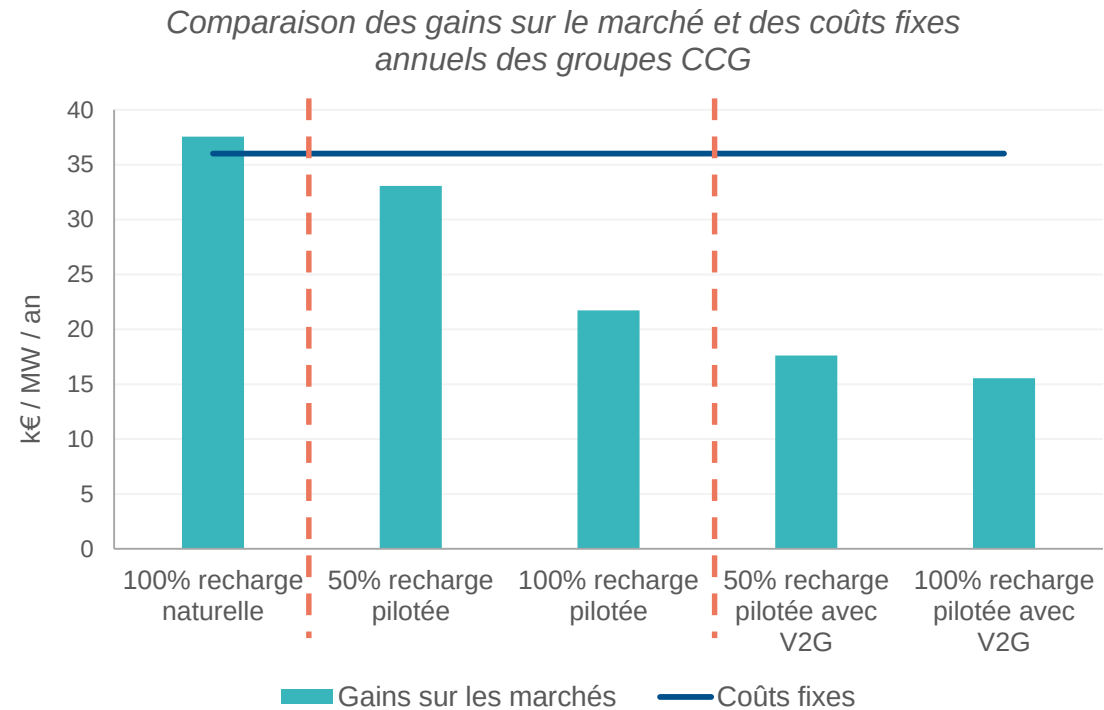
Cet effet est plus marqué avec le V2G

- L'ampleur reste néanmoins limitée



Le développement de la flexibilité des VE affecte la rentabilité des CCG

- L'analyse de la flexibilité apportée par le VE conduit aux mêmes types de conclusions que celles du rapport sur les réseaux électriques intelligents (concurrence entre flexibilités)
- Le pilotage ou le V2G ont notamment un impact sur la « valeur capacitaire » perçue par les CCG français (qui mesure leur contribution à la sécurité d'approvisionnement)
- Cet effet n'existe que dès lors que la contribution du V2G aux besoins du système est fiable et prédictible.
- La réduction des différentiels de prix réduit l'espace économique pour les moyens de production de semi-base

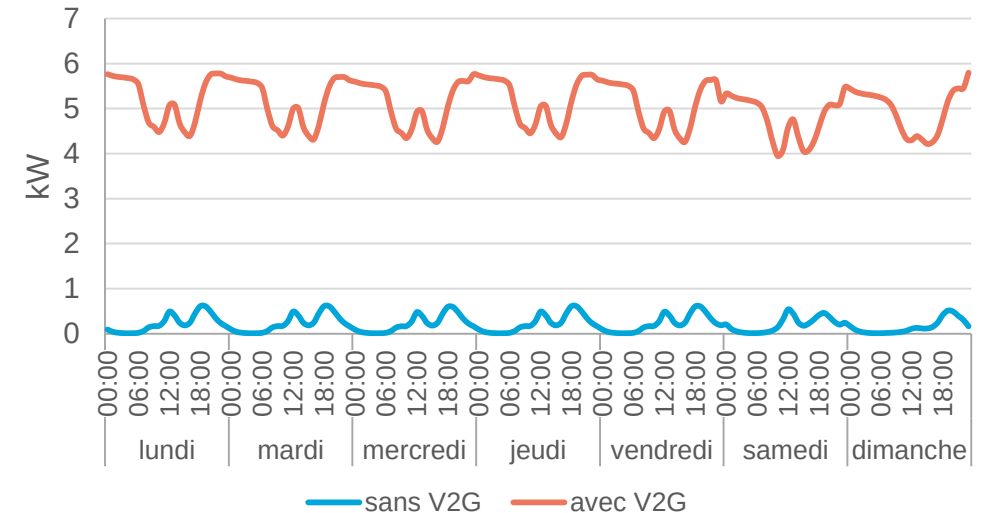


- Attention : ceci est valable dans un scénario surcapacitaire (vis-à-vis du critère actuel) à l'horizon 2035. Les analyses doivent être étendues à d'autres scénarios, plus « tendus » sur la sécurité d'approvisionnement

La réserve qui peut être fournie par les véhicules électriques dépend en premier lieu de la faculté du véhicule à injecter sur le réseau (V2G)

- Sans la technologie V2G, la puissance participant à la réserve correspond à la puissance de soutirage, qui peut être effacée (statistiquement entre 0 et 1 kW par véhicule dans les hypothèses du scénario « A »)
- Avec la technologie V2G, la puissance participant à la réserve est beaucoup plus importante, conditionnée par la puissance de la borne et la connexion (entre 3 et 50 kW dans les hypothèses du scénario « A »)

Réserve disponible à la hausse pour 1 véhicule
« moyen » du parc, 1ère semaine de juillet



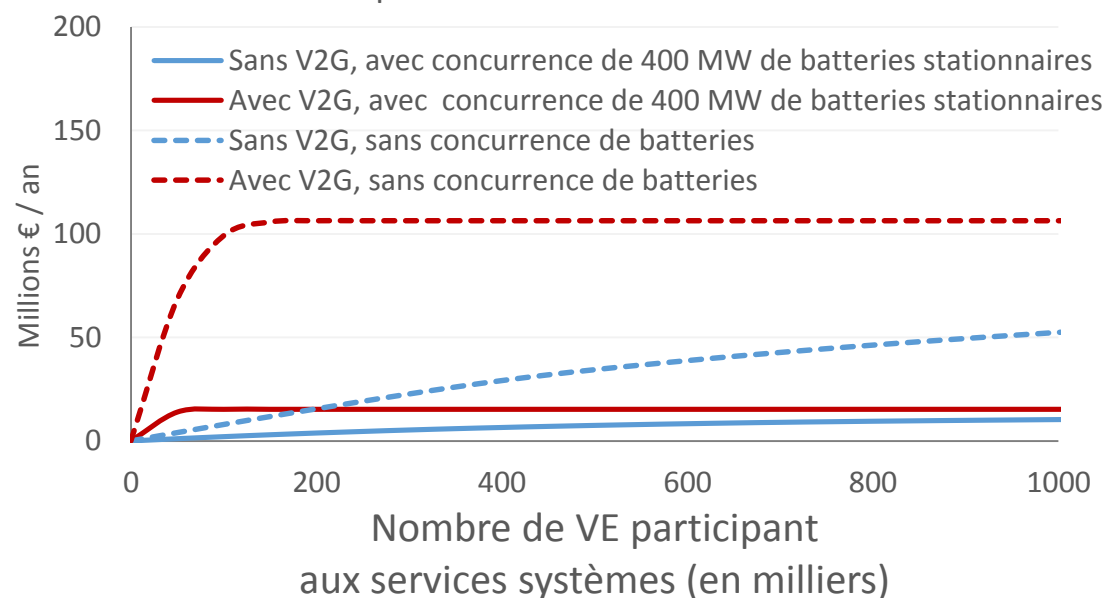
- La capacité de la batterie ne constitue pas un élément contraignant sur la participation aux réserves et services d'équilibrage.
- Les cycles réalisés sur la batterie pour les services d'équilibrage restent comparables aux cycles pour les besoins de mobilité dans le cas de la réserve primaire (33 cycles par an versus 34 pour la mobilité), mais ils peuvent être beaucoup plus importants dans le cadre d'une participation à la réserve secondaire (190 cycles en exploitant complètement le potentiel V2G)

Le pilotage de la recharge et le V2G permettent également de fournir des services d'équilibrage au système électrique

- Avec le vehicle-to-grid, toute la réserve primaire (FCR) et secondaire (aFRR) d'équilibrage pourrait être fournie avec moins de 500 000 VE.
- **L'enjeu économique dépend fortement du développement de solutions concurrentes** (par exemple p.exstockage stationnaire, demand-response effacements).
- L'enjeu maximal se situe entre 100 et 200 M€/an.
- Le nombre de cycles réalisés est différent selon les produits de réserve fournis :
 - Nombre limité pour la **réserve primaire** (~30 cycles/an)
→ pas d'impact significatif sur la durée de vie de la batterie.
 - Nombre potentiellement plus important pour la **réserve secondaire** (jusqu'à 200 cycles/an)
→ enjeu sur la durée de vie des batteries, qui dépendra des progrès sur leurs performances.

Valeur associée à la fourniture de réserves primaire et secondaire par le pilotage de la recharge des VE

Valeur associée aux VE pour la constitution des réserves primaire et secondaire



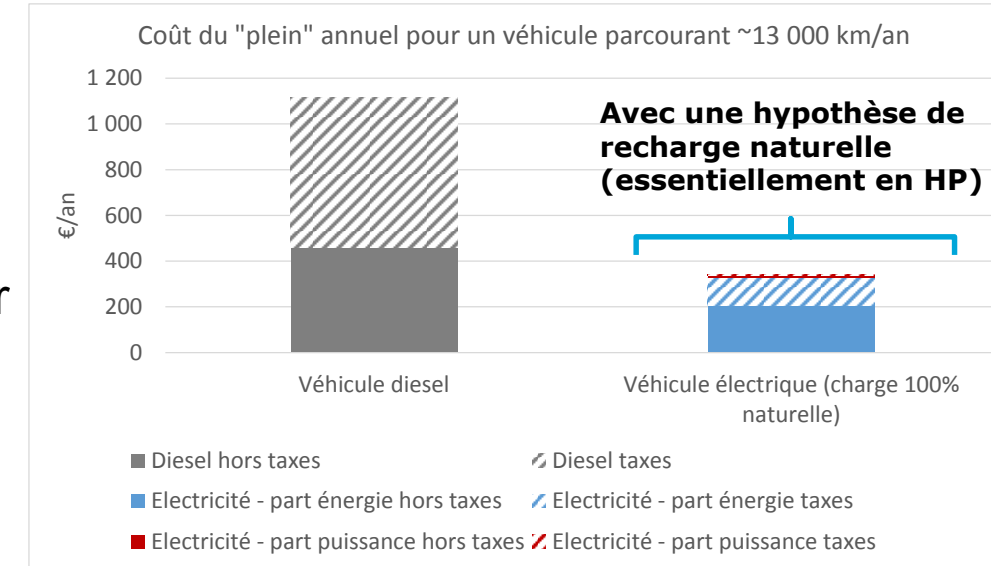


3.2

Les enjeux du pilotage du point de vue des utilisateurs de VE

Un enjeu et des leviers pour les consommateurs à valoriser la flexibilité de leur recharge pour limiter le coût du plein électrique

- Bien que 3 fois moins cher que le plein « diesel », le plein électrique représente une dépense annuelle significative pour les automobilistes (~350 €/an, hors infrastructures)
- La flexibilité des VE peut permettre aux utilisateurs d'optimiser le coût du « plein électrique » annuel.
- La flexibilité des VE s'effectuera selon l'intérêt perçu des consommateurs et pas nécessairement dans l'intérêt de la collectivité.
- Plusieurs configurations de valorisation de la flexibilité des VE sont possibles pour les consommateurs :
 - **Implicite (optimisation de facture) ou explicite (avec valorisation de services explicites sur les marchés)**
 - **Pour un consommateur pur ou un autoconsommateur PV**
 - **En optimisant la charge ou en utilisant le véhicule pour injecter de l'énergie (V2H ou V2G)**



L'analyse couvre plusieurs profils-type de consommateur et de stratégies d'utilisation de la flexibilité

- Plusieurs profils-type de mobilité individuels construits à partir de l'enquête nationale transport-déplacements et croisés avec différents profils de ménages en termes de consommation d'électricité :

- Profil actif sans retour à la pause méridienne
- Profil actif avec retour à la pause méridienne
- Profil inactif
- Profil professionnel

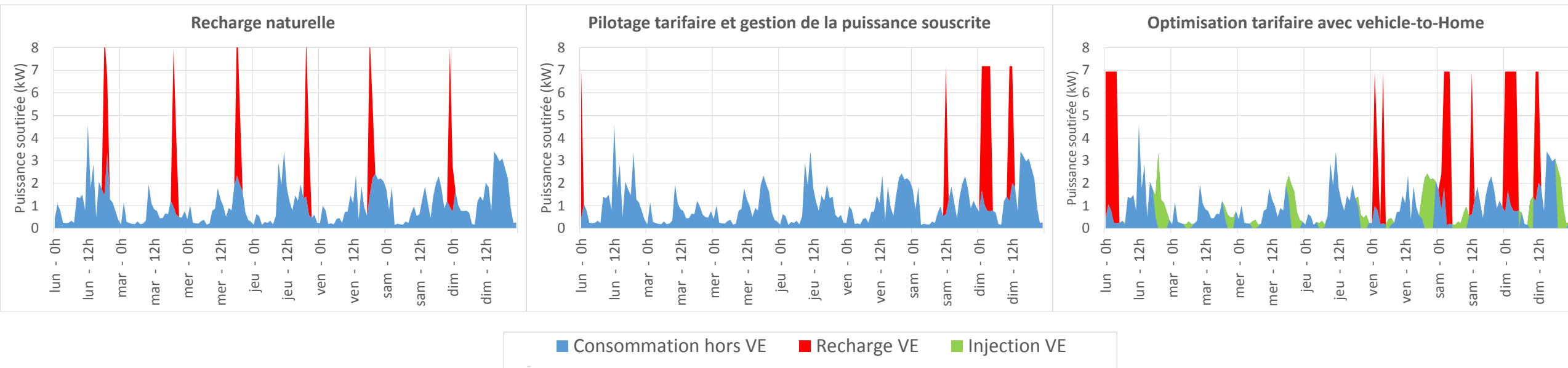
- Différentes stratégies possibles d'utilisation de la flexibilité:

- **Pilotage tarifaire** (placement de la recharge en heures creuses)
- **Vehicle-to-home** (déplacement de soutirages en heures creuses)
- **Pilotage « marché »** (valorisation explicite de la flexibilité sur les marchés)
- **Recharge « solaire »** (pour les autoconsommateurs, arbitrage avec la tarif de rachat des surplus)

	Sans V2G	Avec V2G
Valorisation implicite	Pilotage tarifaire de la recharge (éventuellement optimisation Psouscite)	« Vehicle-to-home » (déplacement de consommation hors VE)
Valorisation Implicite + explicite	Pilotage tarifaire (recharge HC) + fourniture de réserve ou arbitrages marché sans V2G (non étudié)	Pilotage tarifaire (recharge en HC) + fourniture de réserve Pilotage tarifaire (recharge en HC) + arbitrages marché

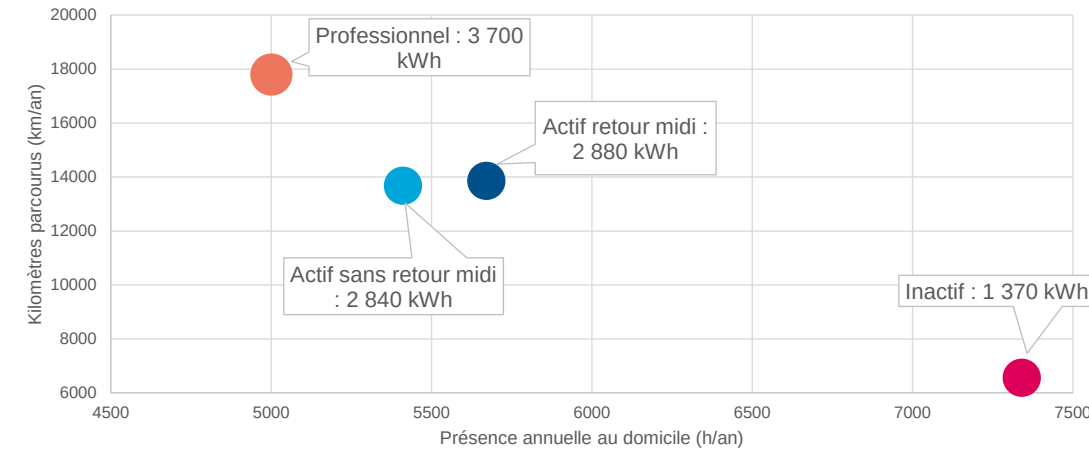
Une représentation de l'utilisation de la flexibilité des VE basée sur l'intérêt des consommateurs

- Le pilotage sera guidé par les signaux de prix perçus (TTC) par les consommateurs
- Les offres de prix de fourniture différenciées selon les plages horaires pourront conduire à modifier fortement le pilotage des VE



Plusieurs profils d'utilisation du VE, croisés avec des profils de consommation hors VE

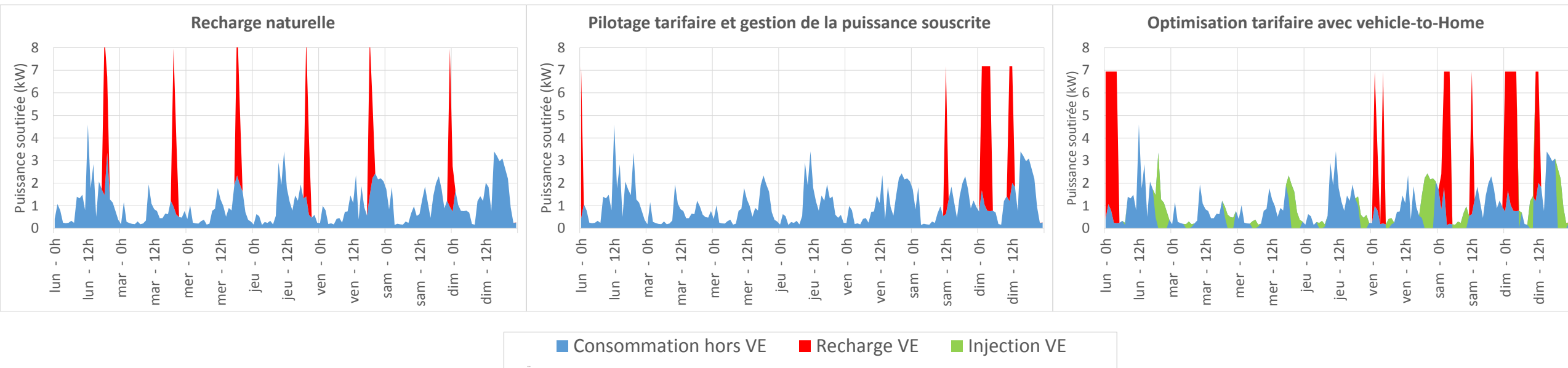
- Une construction de profils de mobilité individuels dont les paramètres sont calibrés sur les habitudes typiques (base ENTOD 2008):
 - Profil actif sans retour à la pause méridienne :
A/R au travail chaque jour ouvré sans possibilité de recharge sur place, une course diverse soit à midi soit avant de rentrer le soir. Le week-end, utilisation du véhicule 2 samedis sur 3 et 1 dimanche sur 2.
 - Profil actif avec retour à la pause méridienne :
A/R au travail deux fois chaque jour ouvré sans possibilité de recharge sur place, une course diverse soit à midi soit avant de rentrer le soir . Le week-end, utilisation du véhicule 2 samedis sur 3 et 1 dimanche sur 2.
 - Profil inactif :
Utilisation du véhicule pour besoins divers 3 jours ouvrés par semaine, présent à midi souvent. Le week-end, utilisation du véhicule 2 samedis sur 3 et 1 dimanche sur 2.
 - Profil professionnel :
Utilisation en JO pour besoins professionnels sans possibilité de recharge. Le week-end, utilisation du véhicule 2 samedis sur 3 et 1 dimanche sur 2.



- La consommation « hors VE » issue de mesures de consommation réelle (et non de profils de consommation moyennés) sur un panel de consommateurs.

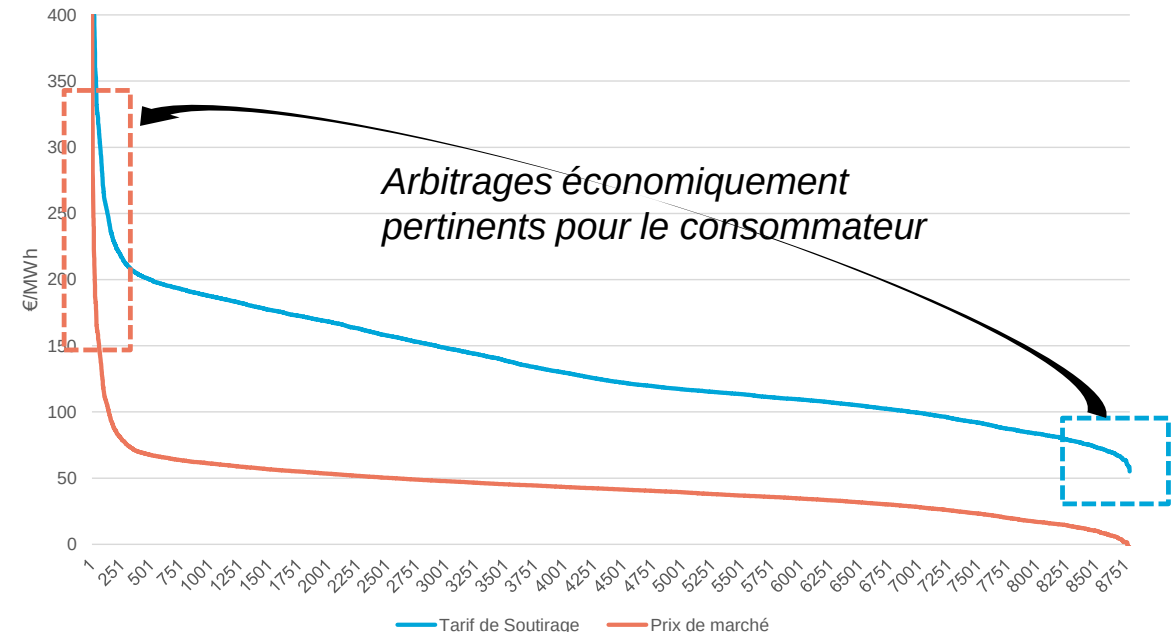
Une représentation de l'utilisation de la flexibilité des VE basée sur l'intérêt des consommateurs

- Le pilotage sera guidé par les signaux de prix perçus (TTC) par les consommateurs
- Les offres de prix de fourniture différenciées selon les plages horaires pourront conduire à modifier fortement le pilotage des VE



Une approche d'utilisation de la flexibilité des VE basée sur l'intérêt des consommateurs

- L'arbitrage entre les signaux perçus par les consommateurs
 - Energie soutirée
~Prix de marché + TURPE-Distribution + Taxes sur l'énergie
 - Energie injectée sur le réseau
~Prix de marché
 - Energie injectée sur le réseau (si surplus PV)
~Prix de marché ou existence d'un tarif de soutien régulé (aujourd'hui 100€/MWh)
 - Puissance maximale appelée (puissance souscrite)
Part puissance du TURPE-Distribution + Taxes sur la puissance

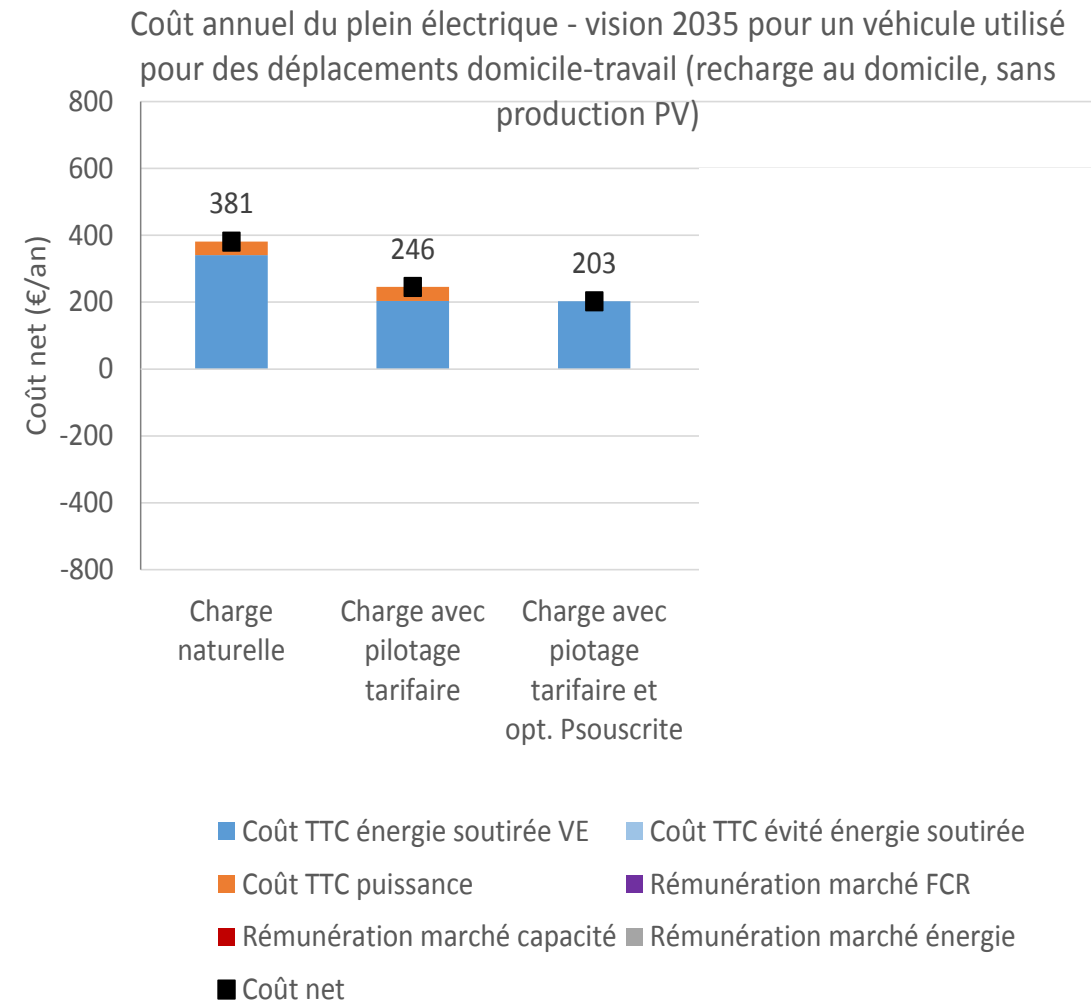


Un enjeu pour le consommateur à piloter sa recharge

- Le déploiement des compteurs communicants permet le développement de nouvelles **offres de fourniture reflétant de façon plus fine les différentiels de prix sur les marchés** de l'énergie

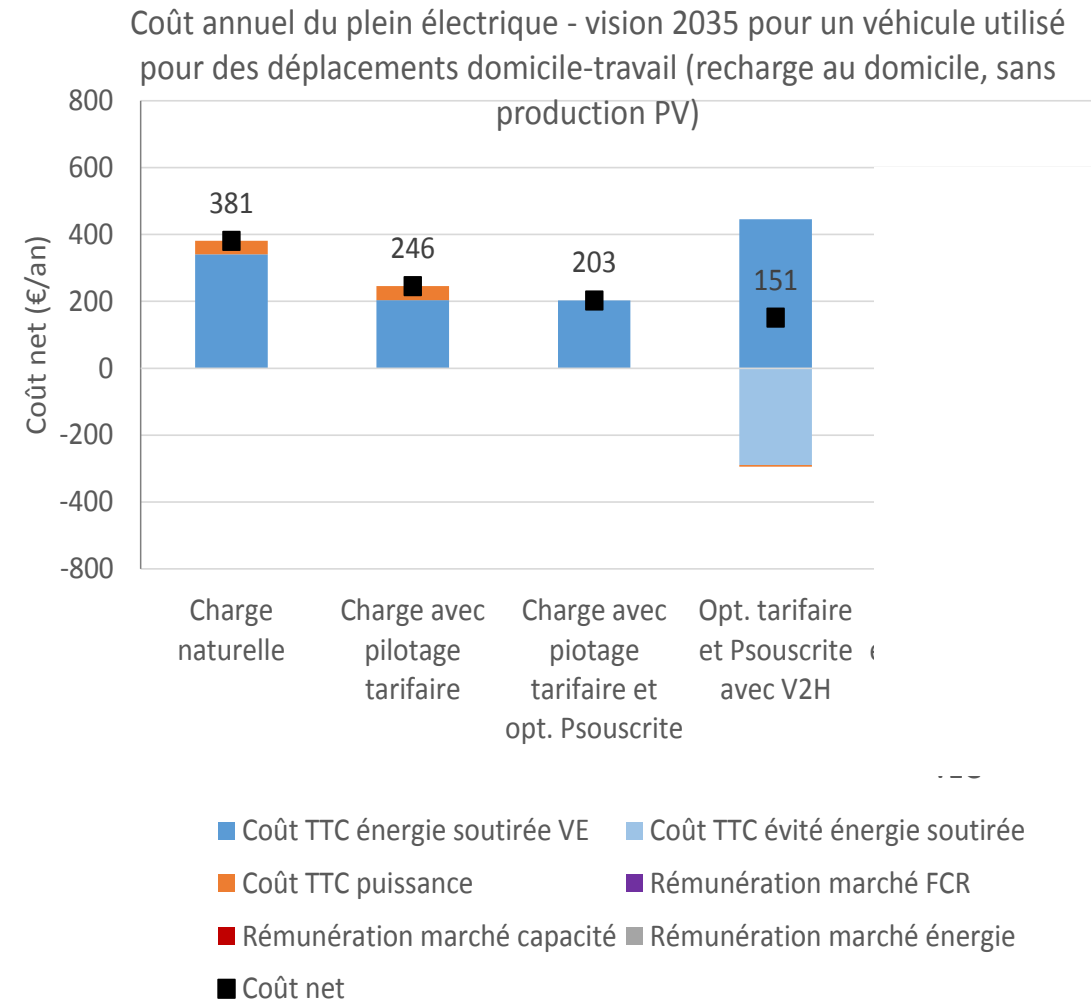
Les fournisseurs proposent déjà des offres de fourniture avec des tarifs plus différenciés entre les plages temporelles que le TRV (Tarif Bleu HP/HC) : Offres « WE », Heures super creuses, etc.

- Avec des offres de fourniture différenciées (permises par Linky), **le pilotage de la charge présente un enjeu de l'ordre de 100 à 150 €/an.**



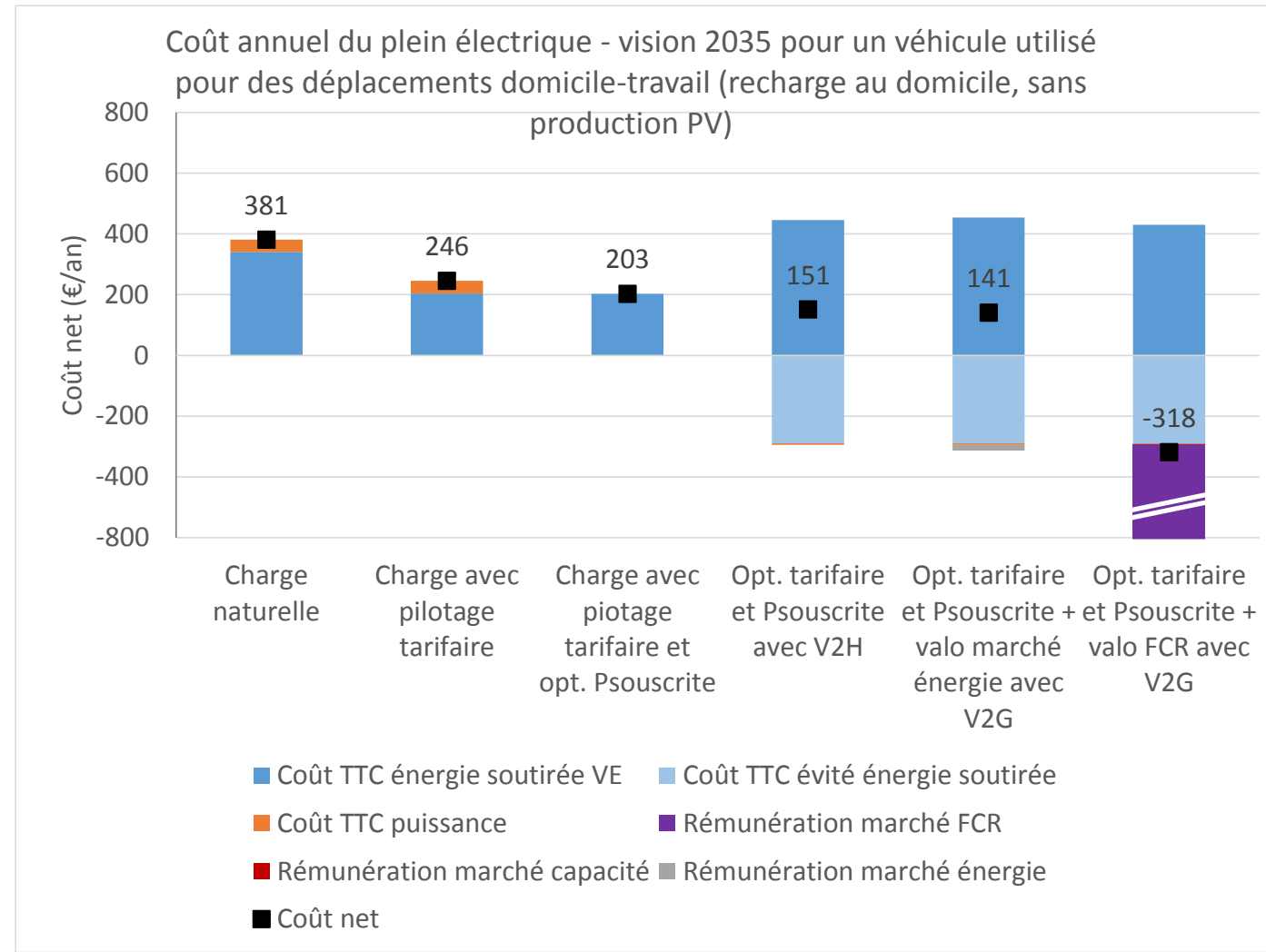
Un intérêt potentiel pour le vehicle-to-home

- **Le vehicle-to-home peut permettre de réduire la facture annuelle de l'ordre 50€/an.**
 - L'intérêt économique est réel, malgré les **contraintes inhérentes aux véhicules: présence au domicile, besoins de mobilité.**
 - Le développement effectif dépendra de l'appétence des consommateurs, de l'évolution du coût de la technologie et des enjeux (ou leur perception) pour la durée de vie de la batterie.
 - **Le nombre de cycles (~30/an) ne devrait pas réduire la durée de vie de la batterie** pour une utilisation en mobilité moyenne.



Pour le consommateur, l'intérêt du vehicle-to-grid n'est pas assuré

- Les revenus liés à la fourniture de services d'équilibrage via le V2G peuvent aujourd'hui être très importants avec les niveaux de prix actuels. Ils pourraient baisser fortement sous l'effet de la concurrence des autres leviers solutions de flexibilité
- **Hors fourniture de services d'équilibrage, l'intérêt du V2G par rapport au V2H est très limité pour le consommateur (~10€/an)**

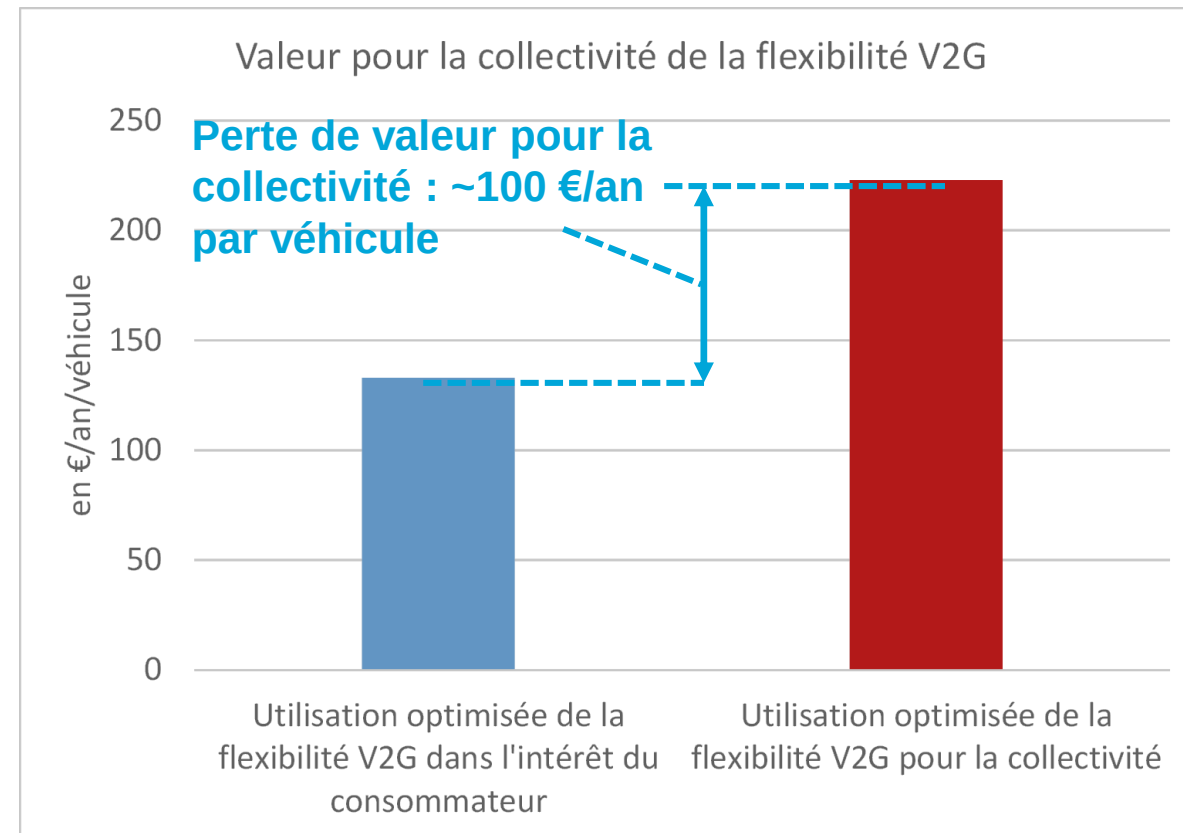


Le potentiel économique du V2G pourrait être « bridé » par les règles de tarification actuelles

- Sans évolution du cadre de régulation, les véhicules électriques disposant de la technologie V2G pourraient n'être utilisés qu'en mode V2H et seulement de façon très marginale en V2G avec injection sur le réseau

Les cycles avec injection sur le réseau ne sont intéressants que si les différentiels de prix de marché permettent de compenser l'effet des taxes et du TURPE.

- La moindre utilisation de la flexibilité « V2G » réduit son apport économique pour la collectivité de l'ordre de 100€/an par véhicule.





3.3

Suites

Suites et fin des travaux

- Un cadrage général presque bouclé, appliqué au scénario « A », et qui reste à décliner :
 - Intégrer les camions et bus électriques de façon scénarisée
 - Finaliser les analyses dans un scénario PPE précisé
 - Mener l'analyse dans les autres scénarios « B », « C », « D »
 - De nombreuses demandes de variantes formulées en GT ou directement auprès de RTE : liste à stabiliser d'ici au 25 janvier
 - Des analyses économiques qui restent à finaliser (enjeux des différents types de pilotage tarifaire, enjeux pour les autoconsommateurs, etc.)
 - Des analyses sur les émissions qui doivent être présentées (contribution de la flexibilité des VE à la réduction de l'empreinte carbone, place des batteries de seconde vie des VE, etc.)
- ⇒ Publication à caler (potentiellement échelonnée). Au moins encore une réunion du GT à prévoir.



Merci pour votre attention