



Groupe de travail Électromobilité

Atelier n°3

24 septembre 2018

Précédents GT électromobilité

- 
- GT n°1 : cadre des objectifs, description des hypothèses et modélisations
 - Appel à contribution sur les hypothèses
 - GT n°2 : révisions d'hypothèses et propositions de scénarios
 - Evolution de la modélisation de la mobilité
 - Simulation de la courbe de charge d'un scénario et de variantes
 - GT n°3 : Présentation des premières analyses sur un scénario et ses variantes



Hypothèses et scénarios

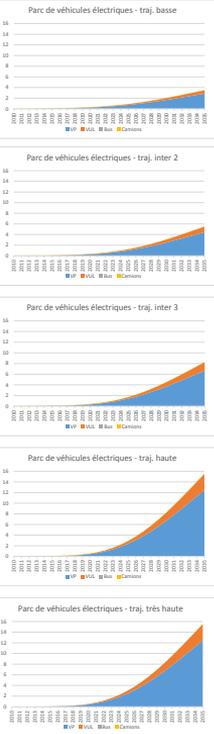
Rappel des évolutions d'hypothèses

Les échanges en GT et contributions des acteurs ont conduit à :

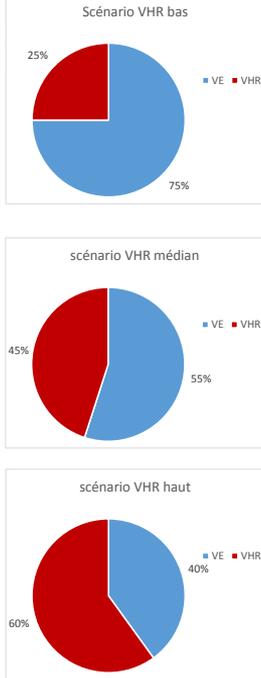
- approfondir la modélisation de l'électromobilité :
 - **Modélisation plus fine des besoins de déplacements locaux/courte distance (< 80 km) :**
 - **Représentation d'autres motifs que les déplacements domicile-travail : déplacements ayant pour motif le travail non fixe, les courses et achats, les affaires personnelles ou professionnelles, etc.**
 - **Représentation des déplacements longue distance (> 80 km)**
 - **Représentation différenciée des jours dans la semaine**
 - **Représentation spécifique des samedis et dimanches**
- actualiser certaines hypothèses
- ébaucher une approche par scénario pour rendre compte des variables clés

Des scénarios sur les hypothèses clés de l'électromobilité

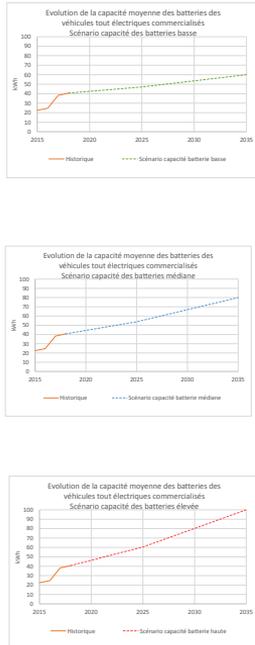
Nombre de véhicules



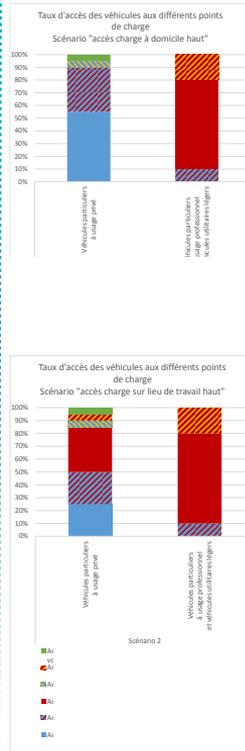
Part VE/VHR



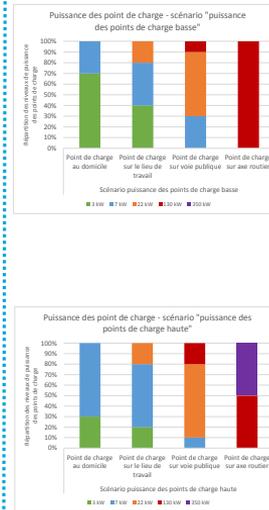
Taille batteries



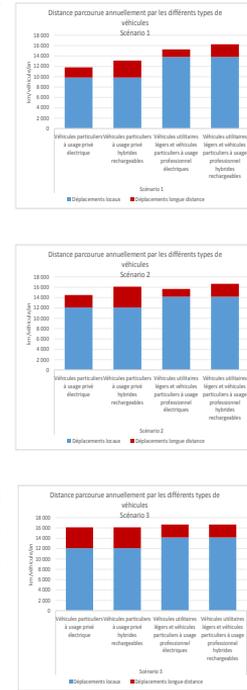
Accès point de charge



Puissance de charge



Besoin de mobilité



Fréq. de connexion

ASAP

Si <50%

Les retours des parties prenantes conduit à actualiser certaines hypothèses par rapport au deuxième atelier

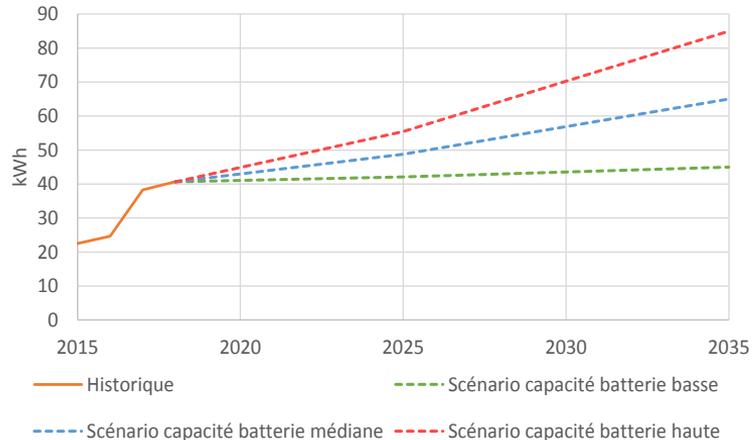
Taille des batteries

Anciennes hypothèses :
Taille moyenne pour le parc en 2035
de 45, 65 ou 85 kWh

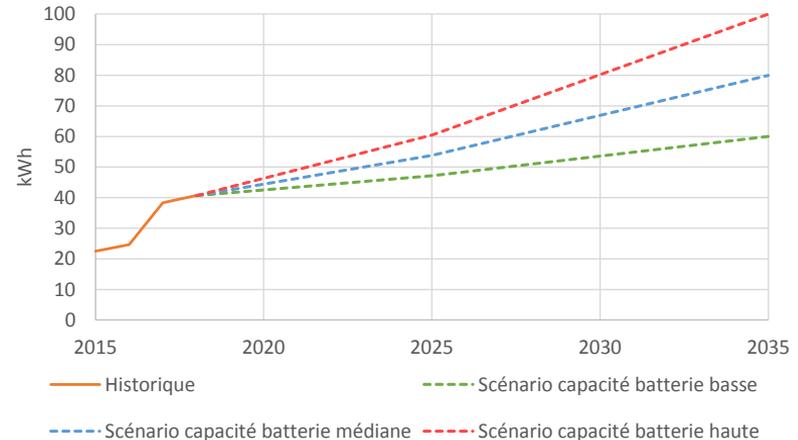


Nouvelles hypothèses :
Taille moyenne pour le parc en 2035
de 60, 80 ou 100 kWh

Scénarios d'évolution de la capacité moyenne des batteries des véhicules tout électriques commercialisés



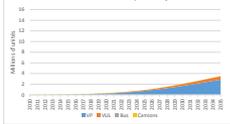
Scénarios d'évolution de la capacité moyenne des batteries des véhicules tout électriques commercialisés



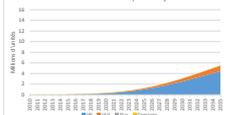
Scénario A : cas de base

Nombre de véhicules

Parc de véhicules électriques - traj. basse



Parc de véhicules électriques - traj. inter 2



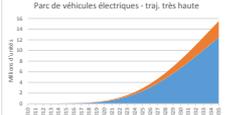
Parc de véhicules électriques - traj. inter 3



Parc de véhicules électriques - traj. haute

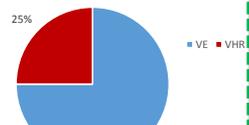


Parc de véhicules électriques - traj. très haute

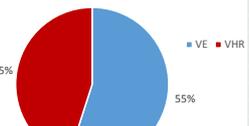


Part VE/VHR

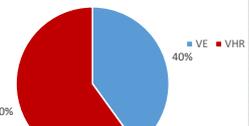
Scénario VHR bas



scénario VHR médian

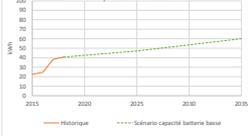


scénario VHR haut

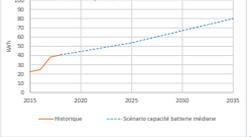


Taille batteries

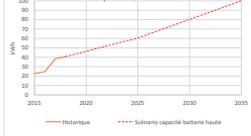
Evolution de la capacité moyenne des batteries des véhicules tout électriques commercialisés



Evolution de la capacité moyenne des batteries des véhicules tout électriques commercialisés

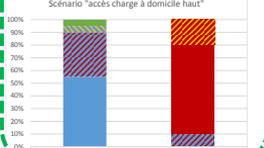


Evolution de la capacité moyenne des batteries des véhicules tout électriques commercialisés

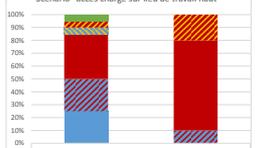


Accès point de charge

Taux d'accès des véhicules aux différents points de charge

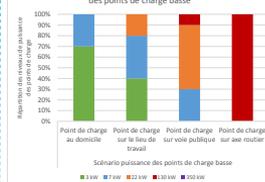


Taux d'accès des véhicules aux différents points de charge

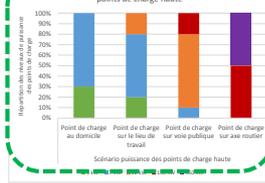


Puissance de charge

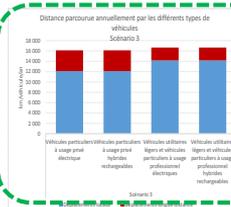
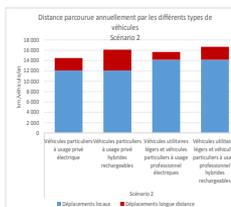
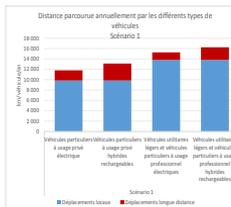
Puissance des point de charge - scénario "puissance des points de charge basse"



Puissance des point de charge - scénario "puissance des points de charge haute"



Besoin de mobilité



Fréq. de connexion

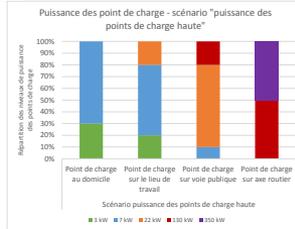
ASAP

Si <50%

Hypothèses du scénario base

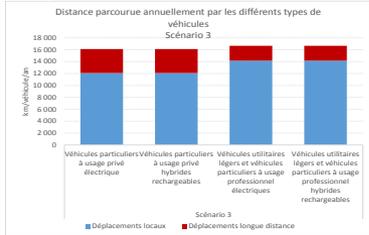
Puissance de charge :

Scénario haut



Besoin de mobilité :

Scénario haut



Fréquence de connexion :

Connexion ASAP



Proposition de compléter le champ des possibles par un scénario marqué par des ruptures sociétales plus nettes

- Les hypothèses considérées sur l'électromobilité dressent un champ des possibles contrasté...
- ... mais les variables clés portent essentiellement sur des paramètres techniques (puissances, capacités des batteries, nombre de véhicules, kilométrage annuel...) sans intégrer de disruption massive sur la mobilité :

- **Auto-partage**



- **Véhicule autonome**



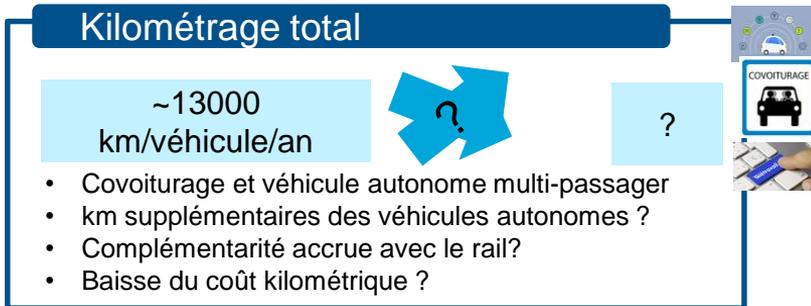
- **Télétravail et covoiturage**



- En complément des scénarios aux hypothèses techniques contrastées établies jusqu'ici, RTE propose de construire un/des scénarios plus massivement disruptifs

Quels principes de cadrage pour un scénario de rupture ?

- Un/des scénario(s) basé(s) sur un fort développement de l'auto-partage, du véhicule autonome et du covoiturage avec plusieurs effets possibles :



- Un/des scénario(s) à décrire techniquement pour en évaluer l'impact sur le système électrique



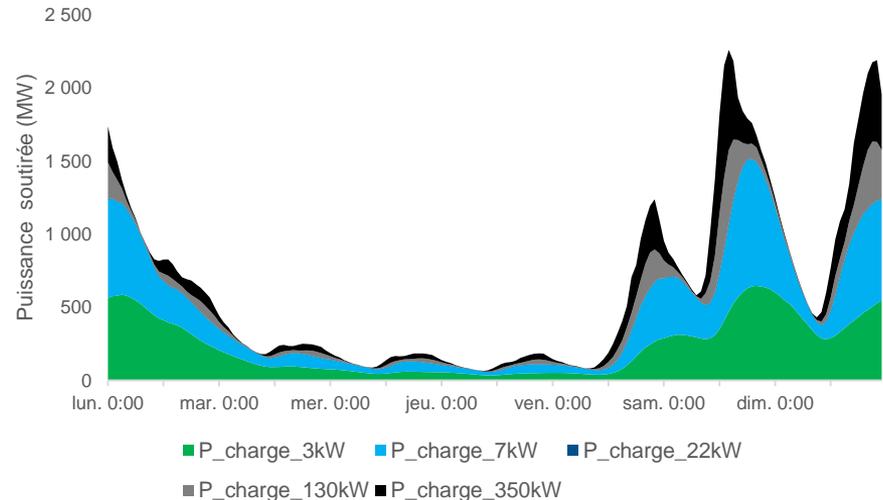
2

Courbe de charge « naturelle »

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

- Les déplacements longue distance sont généralement réalisés lors des weekends. Néanmoins, la recharge se prolonge jusqu'à lundi et mardi, lors des fortes périodes de déplacements.
- L'essentiel de la recharge est placé à l'arrivée du déplacement longue distance (75%).
- Ceci est notamment dû au fait qu'il y a beaucoup de déplacements qui nécessitent d'une seule recharge sur autoroute (voire d'aucune recharge sur autoroute).

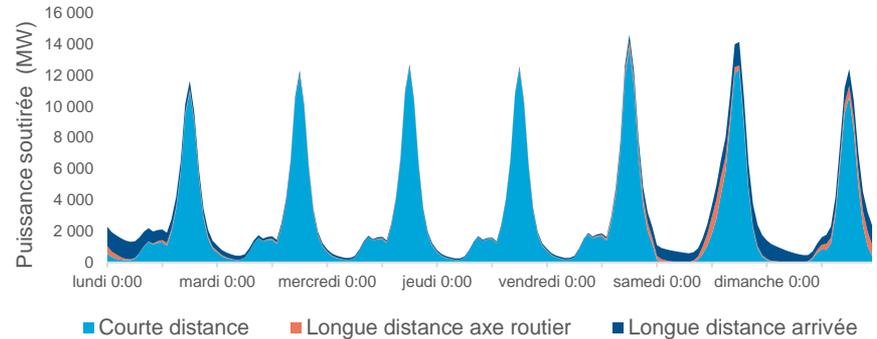
Puissance soustraite liée aux déplacements **longue distance** pour le scénario base, avec 100% des véhicules en recharge naturelle (8,3 millions de VE/VHR)



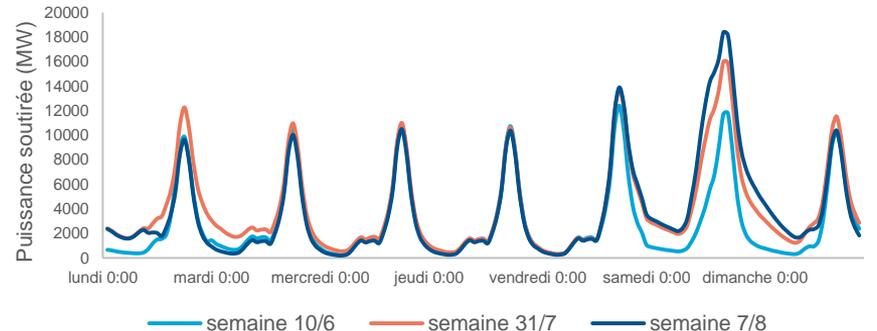
La modélisation plus complète de la mobilité permet d'affiner l'évaluation de l'appel de puissance

- La représentation de la mobilité longue distance a un effet limité sur la structure moyenne de l'appel de puissance
- Mais les appels de puissance peuvent être très importants (~ 18 GW pour 8,3 M VE) lors de périodes de forts déplacements (périodes de vacances scolaires, grands WE, etc.)

Puissance soutirée sur une semaine moyenne, pour le scénario base, avec 100% des véhicules en recharge naturelle (8,3 millions de VE/VHR)



Puissance soutirée sur trois semaines estivales différentes, pour le scénario base, avec 100% des véhicules en recharge naturelle (8,3 millions de VE/VHR)



Les modalités de développement de l'électromobilité peuvent impacter au premier ordre les courbes de charge

- Le développement de points de charge sur le lieu de travail permet de maîtriser la contribution de l'électromobilité à la pointe

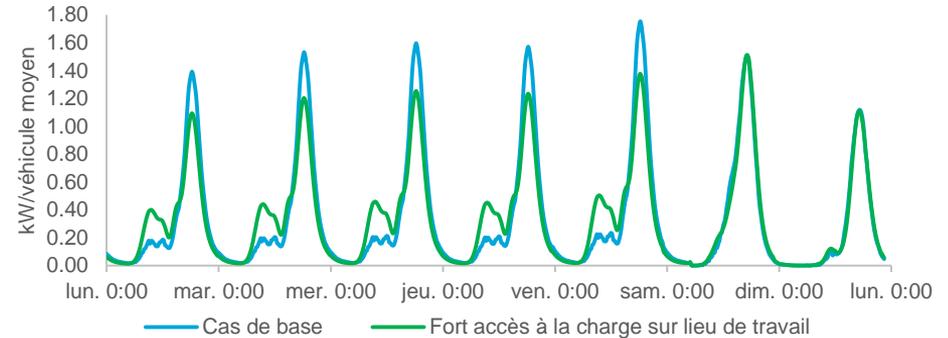


- Le comportement de charge (fréquence de connexion) des automobilistes impacte de façon très importante l'appel de puissance national

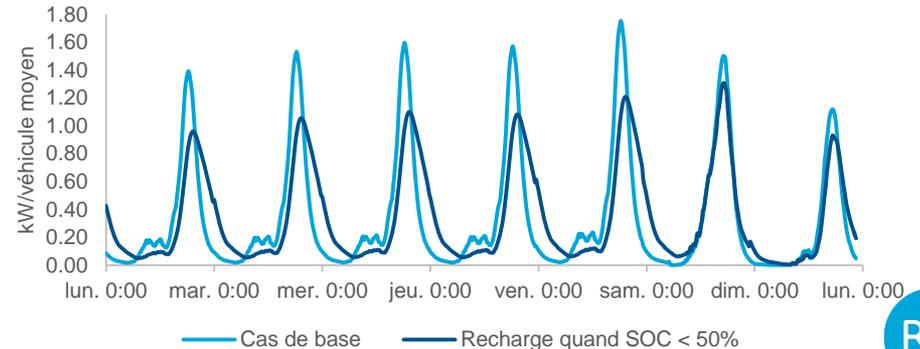
⇒ Une recharge moins fréquente/systématique (recharge quand SOC < 50%) réduit la pointe de l'électromobilité de plus de 40%



Puissance soustraite sur une semaine moyenne



Puissance soustraite sur une semaine moyenne



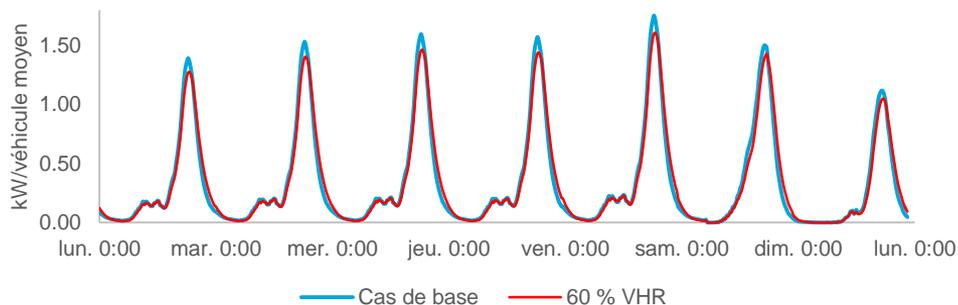
SOC = state of charge, état de charge de la batterie

Les modalités de développement de l'électromobilité peuvent impacter au premier ordre les courbes de charge

- Une part accrue des VHR aurait peu d'effet sur le profil de puissance (car l'augmentation de la taille de batteries fait que les VHR roulent la plupart du temps en mode 100% électrique)



Puissance soustraite sur une semaine moyenne

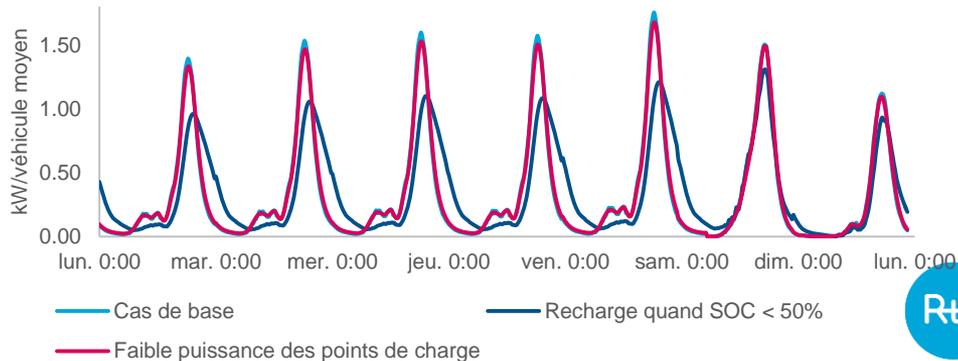


- La puissance des points de charge a un effet assez limité sur le profil de soutirage national

⇒ L'effet sur la courbe de charge est surtout visible si les comportements de charge conduisent à une fréquence de connexion faible (recharge quand SOC < 50%)



Puissance soustraite sur une semaine moyenne





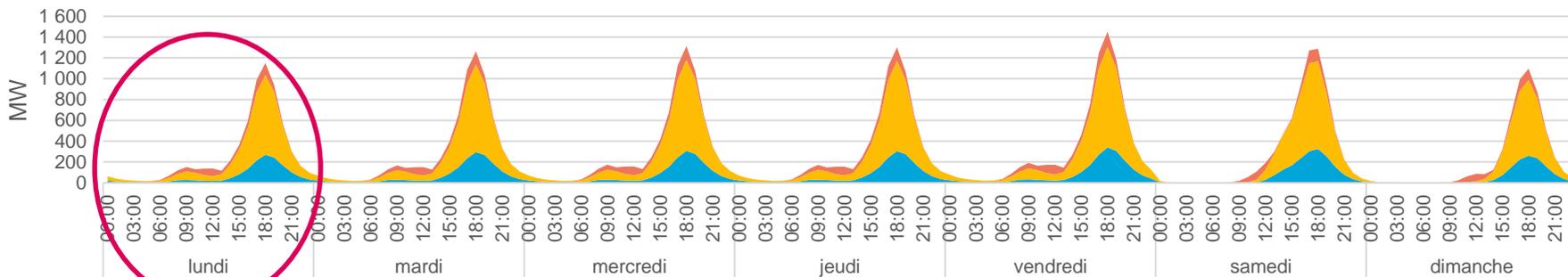
Valorisation de la flexibilité

Une évaluation de la valeur des services de fourniture de réserve

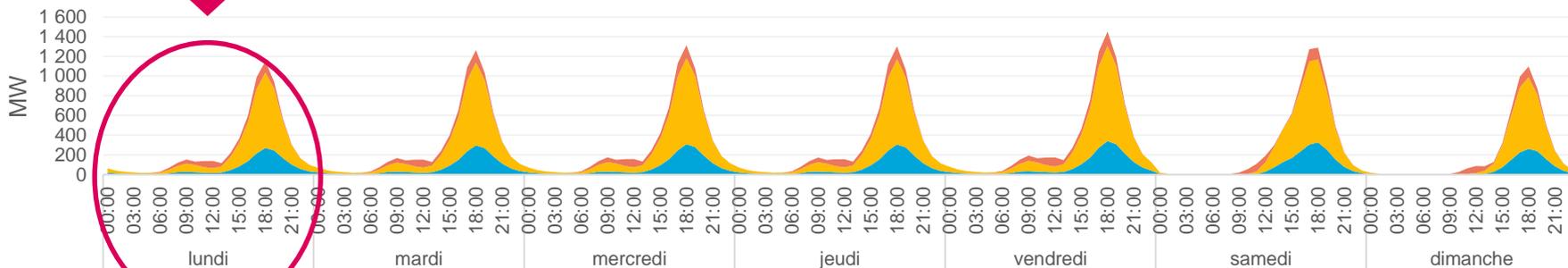
- L'évaluation de la fourniture réserve et de la valeur associée s'effectue à la marge d'une recharge naturelle, pour le scénario de base
- Le contexte énergétique est celui du scénario Ampère 2035 (coût du CO₂ et coûts de combustible élevés)
- Seule la fourniture de la réserve à la hausse est valorisée : la constitution de la réserve à la baisse ne présente pas de coût significatif pour le système électrique
- La valeur de la réserve se définit par le coût de constitution de la réserve (= coût d'adaptation du plan de production pour fournir le réserve)
- Quelques simplifications : non-prise en compte des échanges de réserve au niveau européen
- Hypothèses sur les filières « concurrentes » :
 - Parc de production : capacité constructives actuelles, fourniture de réserve asymétriques
 - Effacements : 100 MW de FCR
 - Stockage stationnaire : 300 MW

Sans V2G, le volume de réserve disponible à la hausse correspond à la recharge effaçable

Flux de recharge naturelle, 1 million de véhicules sans V2G, 3^{ème} semaine de juillet



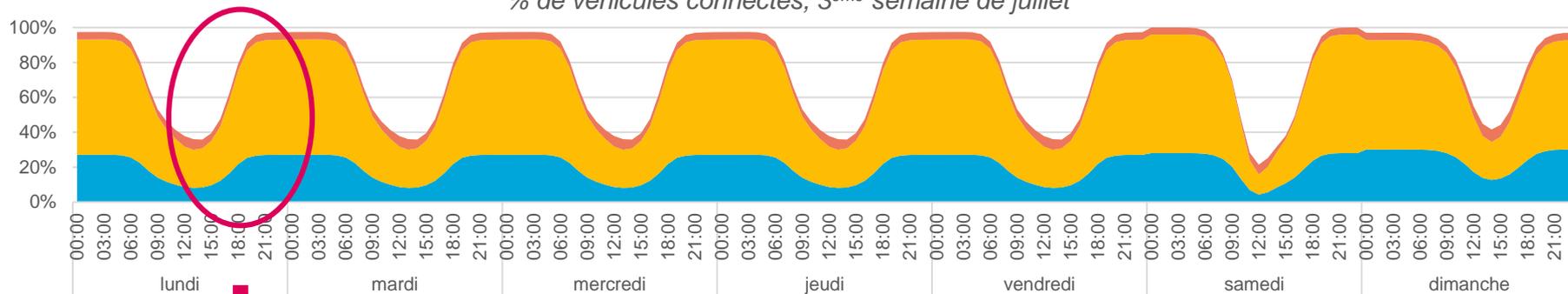
Réserve disponible à la hausse, 1 million de véhicules sans V2G, 3^{ème} semaine de juillet



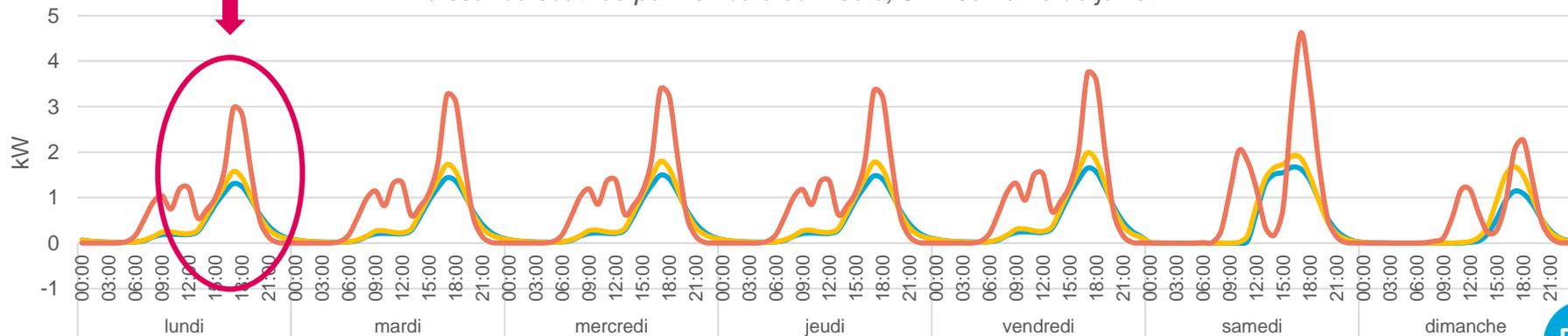
Véhicules connectés à un point de charge de : ■ 3,7 kW ■ 7 kW ■ 22 kW

Les pics de recharge ont lieu au moment où les véhicules rentrent au domicile ou à la base (pour les véhicules commerciaux)

% de véhicules connectés, 3^{ème} semaine de juillet



Puissance soustraite par véhicule connecté, 3^{ème} semaine de juillet

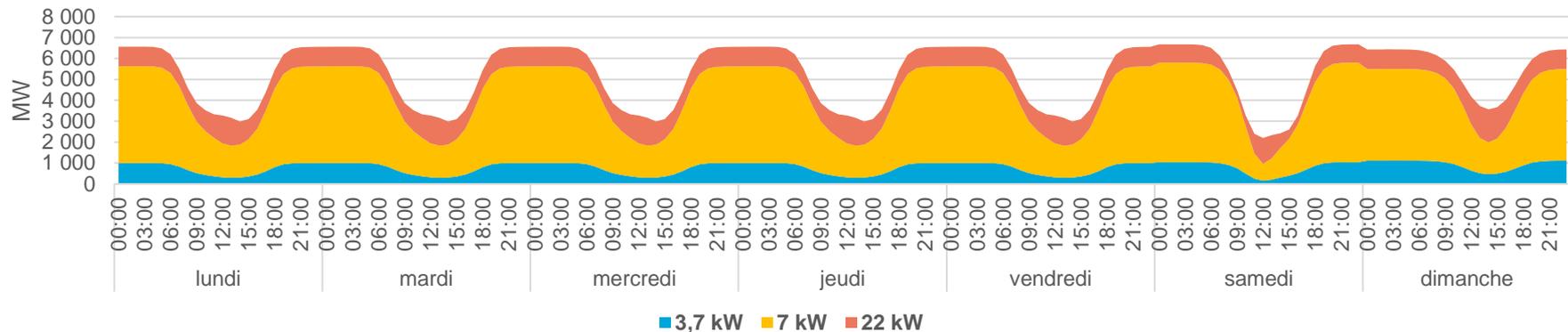


Véhicules connectés à un point de charge de :

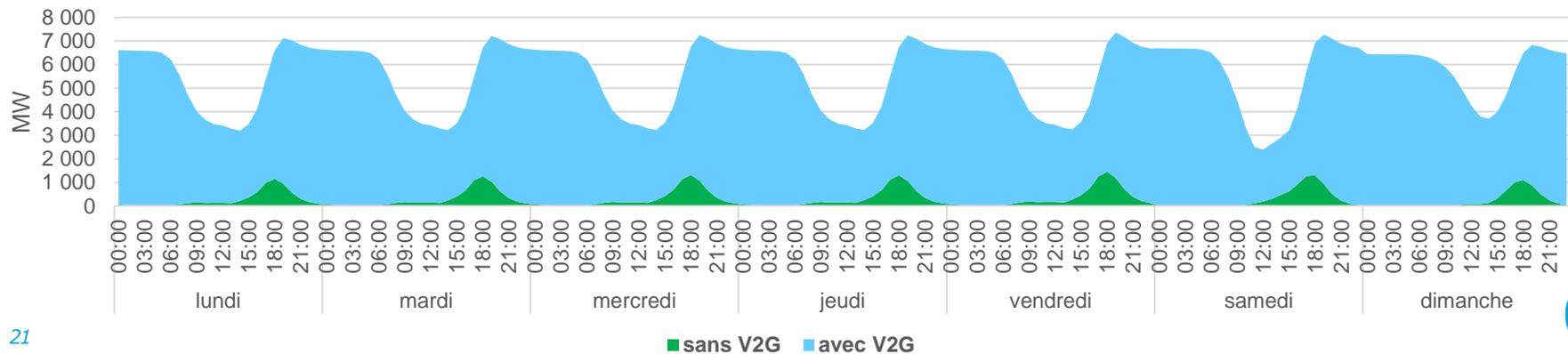
— 3,7 kW — 7 kW — 22 kW

La possibilité d'injecter sur le réseau apporte un grand volume de réserve supplémentaire

Réserve **additionnelle** disponible grâce au V2G, 1 million de véhicules, 3^{ème} semaine de juillet

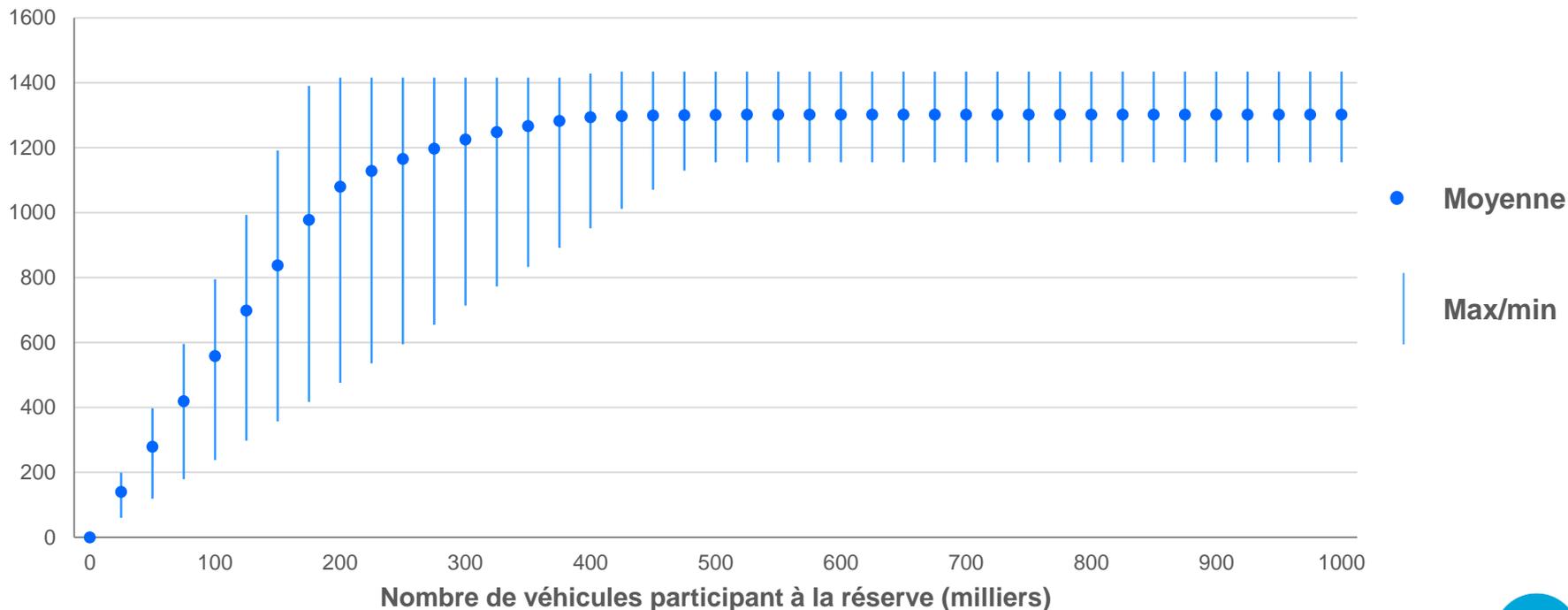


Réserve **totale** disponible à la hausse, 1M véhicules avec V2G, 3^{ème} semaine de juillet



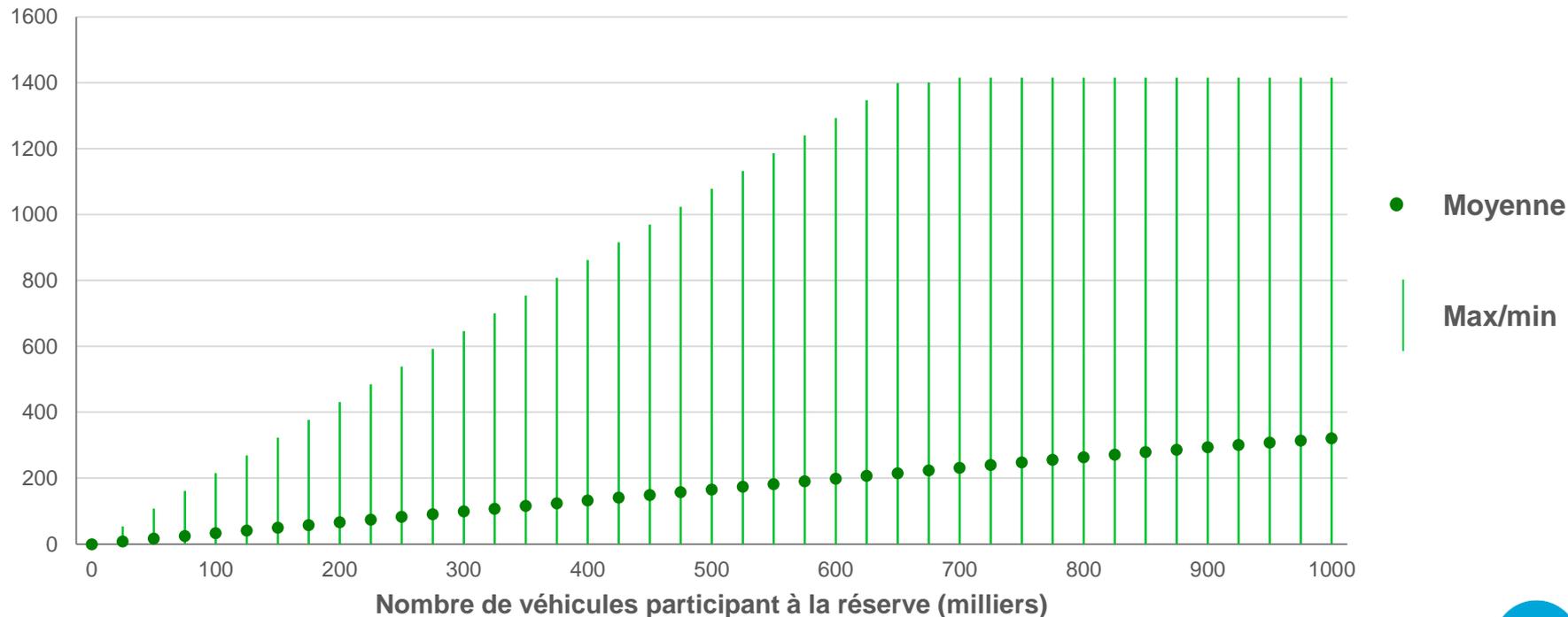
Monotone des volumes de réserve fournis, avec V2G

Volume horaire de réserve primaire et secondaire fourni par les VE/VHR avec V2G :
moyenne sur l'année, min et max



Monotone des volumes de réserve fournis, sans V2G

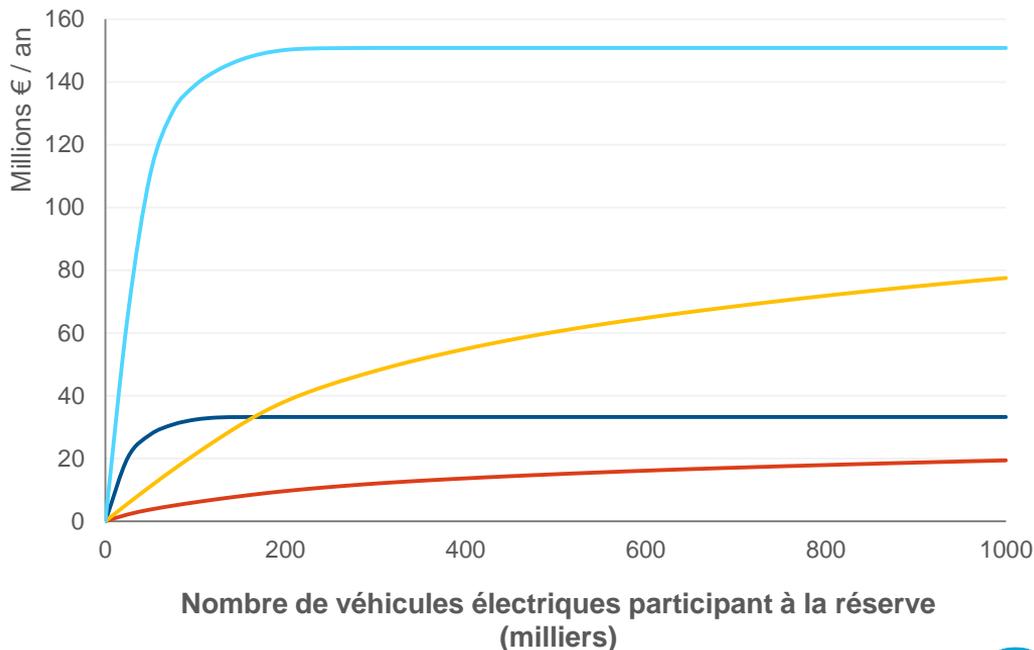
Volume horaire de réserve primaire et secondaire fourni par les VE/VHR sans V2G :
moyenne sur l'année, min et max



Analyse de la valeur pour la collectivité

- Avec V2G, la valeur totale associée à la participation des véhicules électriques ou hybrides rechargeables aux réserves
 - avoisine les 35 millions d'euros, (pour ~ 100 000 véhicules participants), dans le cas avec batteries stationnaires
 - ne progresse plus au-delà
- Sans V2G, la valeur apportée par chaque véhicule est plus faible. Pour 1 million de véhicules participants, la valeur pour la collectivité est de 20 millions d'euros
- La présence des batteries stationnaires limite la valeur associée à la participation des VE/VHR

Valeur associée aux VE pour la constitution des réserves primaire et secondaire, cas de base, scénario Ampère 2035

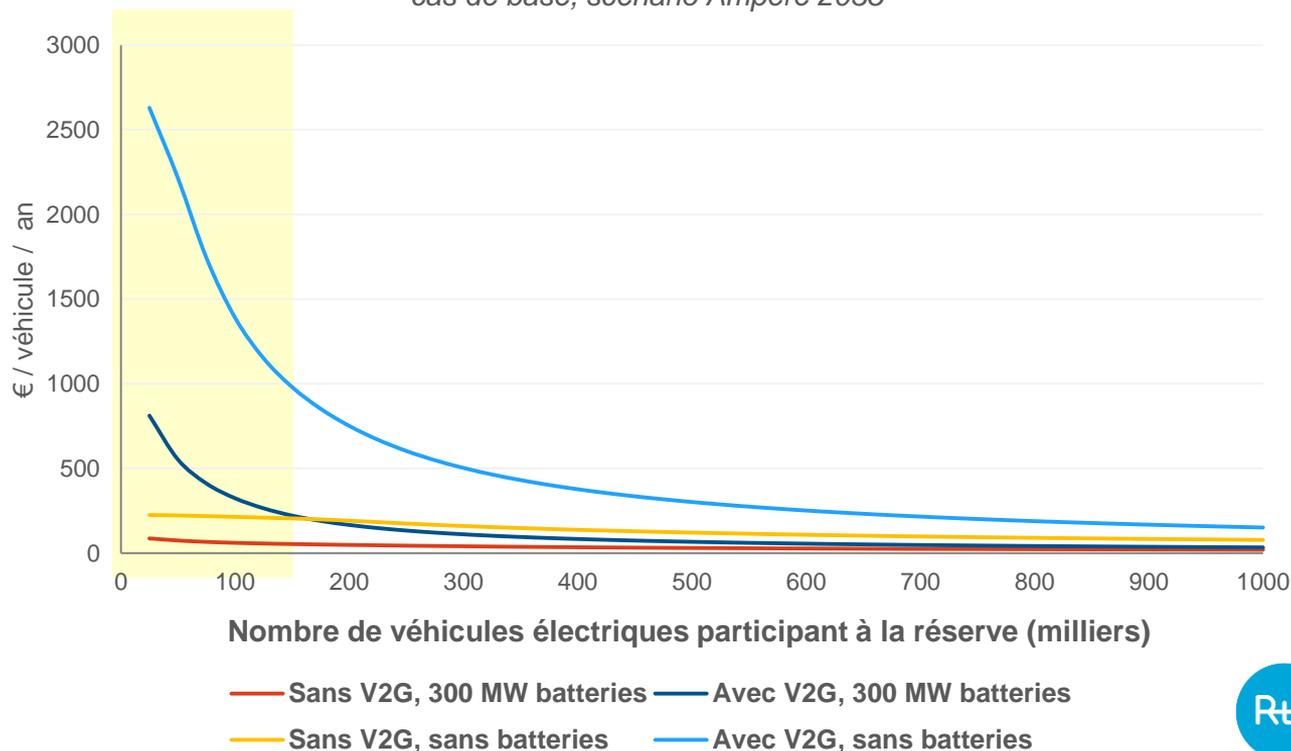


— Sans V2G, 300 MW batteries — Avec V2G, 300 MW batteries
— Sans V2G, sans batteries — Avec V2G, sans batteries

La valeur par véhicule décroît très rapidement dans le cas avec V2G

Valeur associée aux VE pour la constitution des réserves primaire et secondaire (bénéfices pour la collectivité divisés par le nombre de véhicules), cas de base, scénario Ampère 2035

La valeur associée au V2G pour un véhicule est très élevée, pour un nombre restreint de véhicules participant





Modélisation des camions électriques

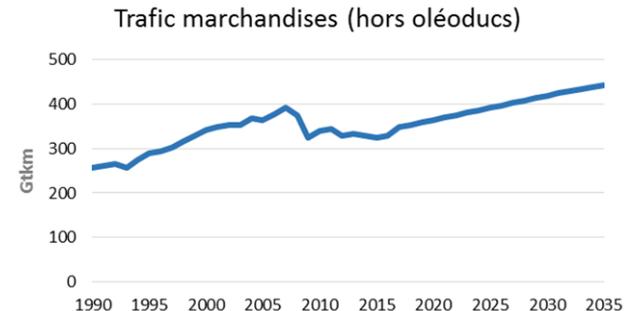
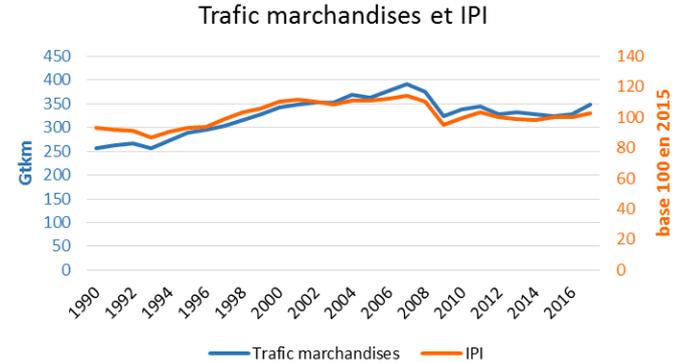
Une première modélisation de l'électrification des poids lourds basée sur la trajectoire de demande du scénario « Ampère »

- Objectif : élaborer une variante de consommation électrique liée à un fort développement de l'électromobilité
- Un cadrage macroéconomique sous-jacent plutôt porteur : +2% de croissance annuelle du PIB jusqu'en 2030, +1,7% au-delà
- Une démographie plutôt soutenue : croissance annuelle moyenne de +0,6% pour la population et de +1,0% pour le nombre de ménages
- Une trajectoire caractérisée par une forte électrification des usages (ex : 15,6 millions de VE-VHR en 2035)
- Une électrification des poids lourds qui n'avait pas été retenue sur l'horizon de prévision...
- ... mais des annonces récentes par certains constructeurs de mise sur le marché de premiers modèles

➔ **Une première proposition de modélisation de l'impact possible de l'électrification des poids lourds d'ici à 2035**

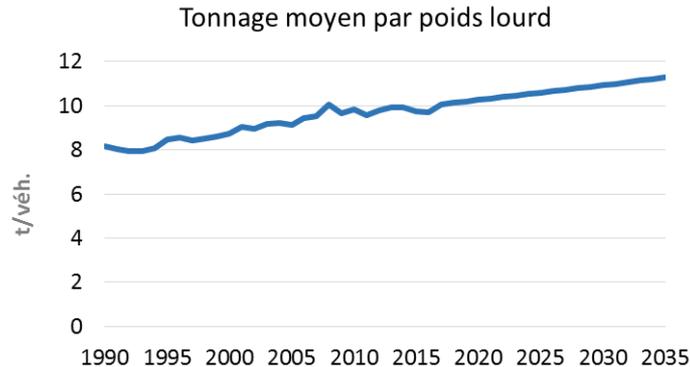
Un trafic de marchandises assez étroitement lié à la production industrielle

- L'analyse met en évidence un lien étroit unissant production industrielle et trafic de marchandises en France
- Leur corrélation est utilisée pour projeter l'évolution du trafic de marchandises à l'horizon 2035
- Compte tenu d'un indice de production industrielle dont la croissance est estimée à près de 30% entre 2015 et 2035 dans la trajectoire haute de demande...
- ... la croissance du trafic de marchandises en France devrait croître de 37% sur la même période
- Une hypothèse de stabilité de la part modale de la route est retenue sur la période



Un trafic de poids lourds qui devrait continuer à croître sensiblement

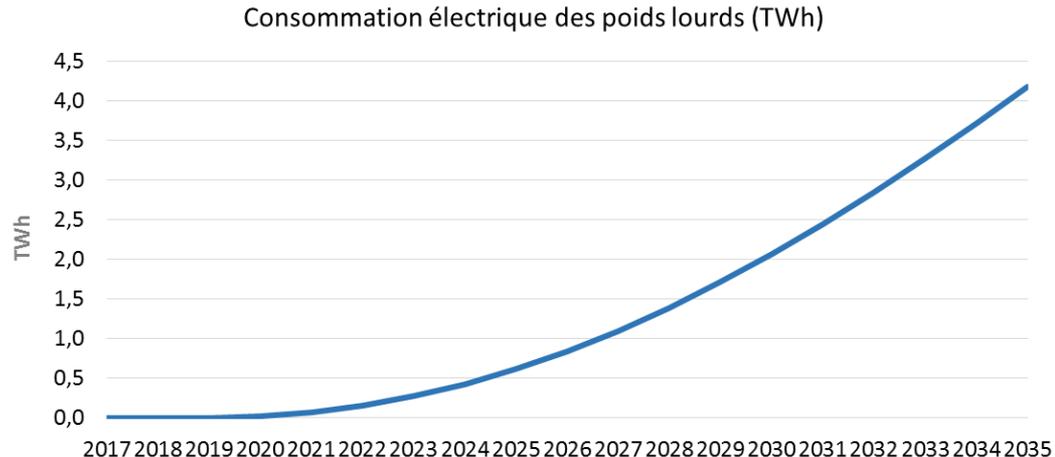
- Hors VUL, le trafic routier de marchandises atteindrait 361 Gtkm en 2035 contre 258 en 2015
- Le tonnage moyen par poids lourd était de 9,8 t/véh, en légère augmentation tendancielle. On considère une poursuite de cette optimisation logistique, en cohérence avec l'hypothèse proposée dans la SNBC, pour atteindre 11,3 t/véh en 2035



- Il en résulte une circulation de poids lourds en France qui atteindrait 32,0 Gvéh.km en 2035, contre 26,5 en 2015

L'électrification du transport routier de marchandises pourrait représenter plus de 4 TWh en 2035

- Avec l'hypothèse d'une électrification progressive à partir de 2020 qui atteindrait 10% du trafic de poids lourds en 2035 (hypothèse cohérente avec l'objectif de 30% en 2050 de la SNBC)...
- ... et sous l'hypothèse d'une consommation kilométrique moyenne de 1,3 kWh/km, ...
- ... la consommation d'électricité liée aux poids lourds électriques pourrait atteindre **4,2 TWh en 2035**



Des travaux qui restent à approfondir

- Cette première estimation simplifiée est destinée à fournir un premier ordre de grandeur de l'enjeu de l'électrification des poids lourds en termes de demande électrique à l'horizon 2035
- L'approche utilisée pourra être affinée par la suite
- En particulier, la mise au point d'un modèle de parc peut être envisagée, si les données statistiques nécessaires sont disponibles
- Des profils de charge devront également être élaborés, si des données émanant des constructeurs ou des gestionnaires de flotte de poids lourds sont accessibles

A SUIVRE...