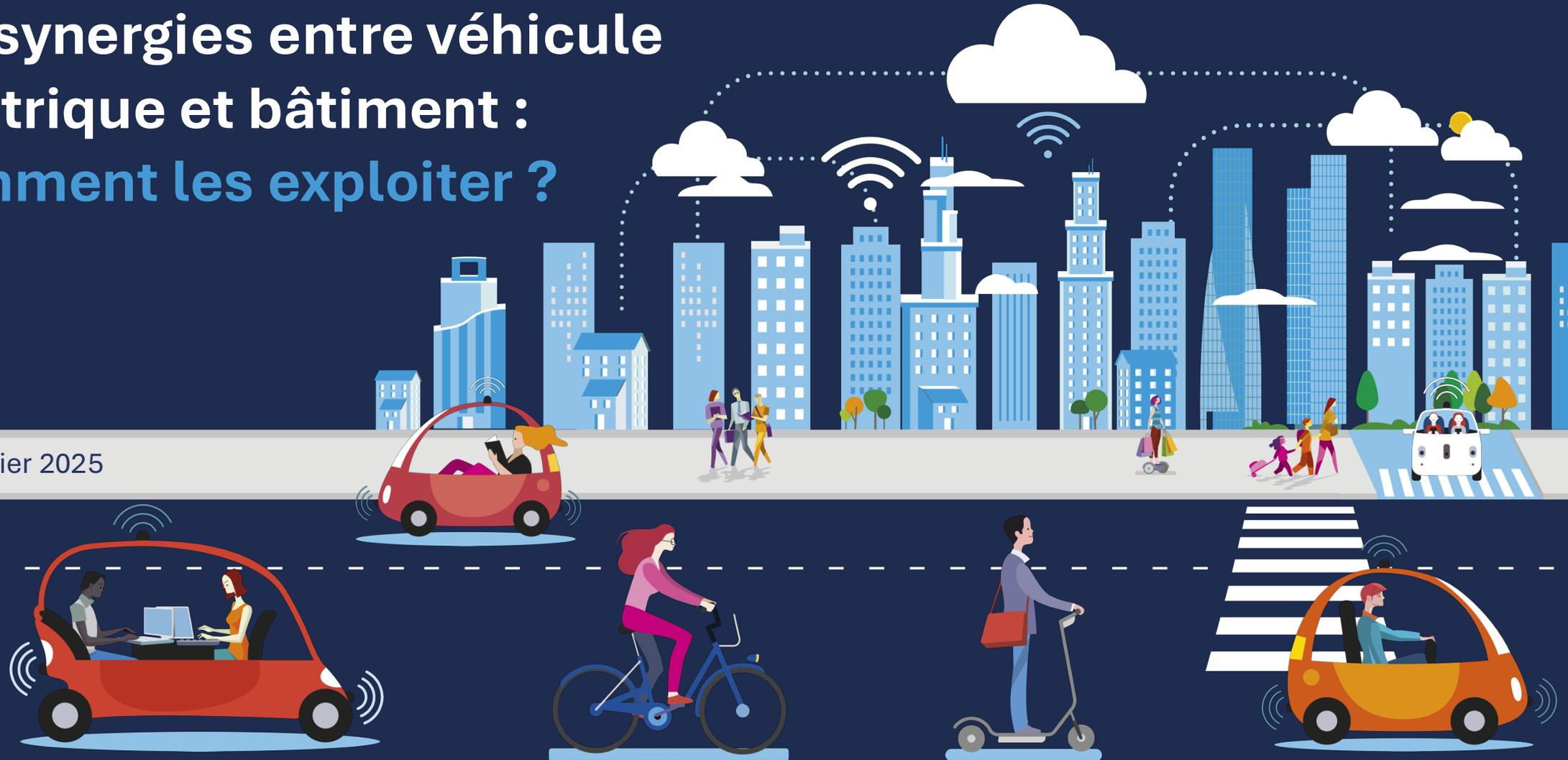


Les synergies entre véhicule électrique et bâtiment : Comment les exploiter ?

31 janvier 2025



- Le véhicule électrique se développe mais beaucoup de consommateurs estiment que son coût est encore trop élevé.
- La pression qu'il exerce sur le système électrique est encore marginale mais est appelée à s'intensifier. Comment la maîtriser ?
- Les toits solaires, les ombrières de parking se développent mais ne produisent pas forcément de l'électricité au bon moment
- Les usagers de véhicules électriques veulent de l'autonomie mais les batteries sont souvent surdimensionnées au regard des besoins quotidiens. Comment mieux les utiliser ?

L'étude des synergies entre véhicule électrique et bâtiment apporte des éléments de réponse à ces questions.

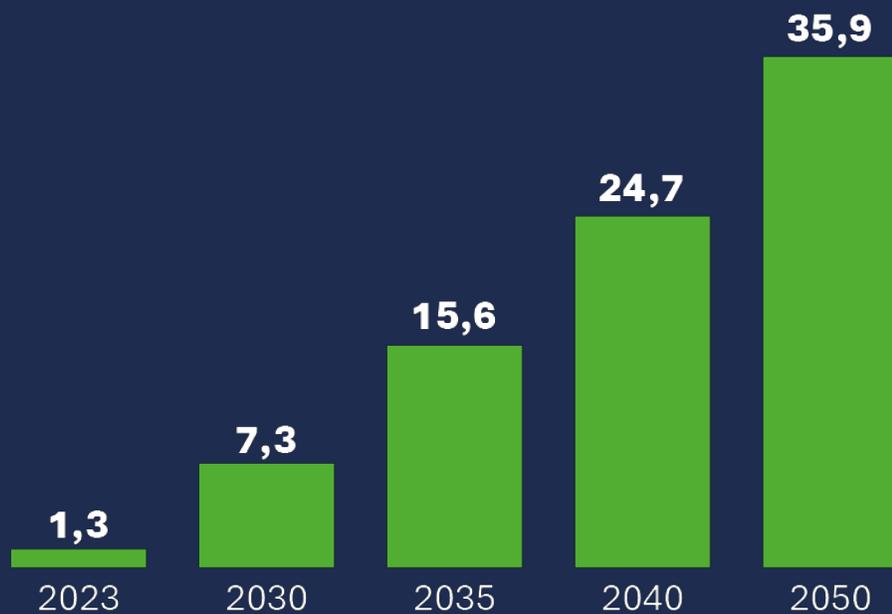
Trois tendances fortes dans le bâtiment



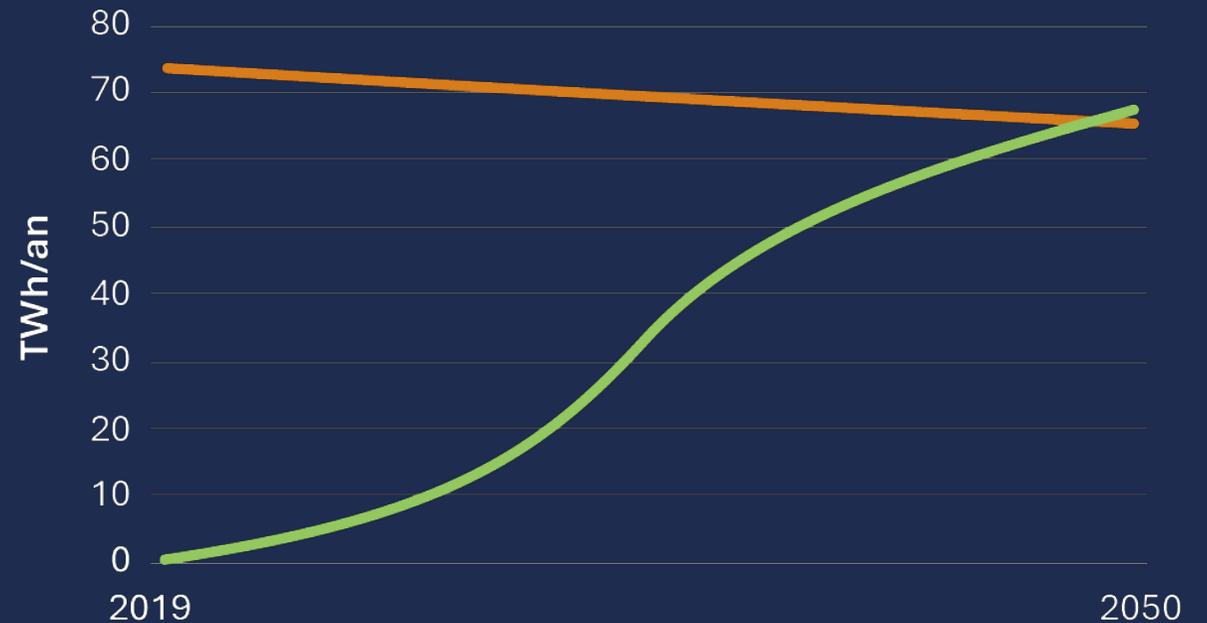
- 1** Une électrification croissante accompagnée d'un effort de rénovation énergétique, dans le tertiaire comme dans le résidentiel : les pompes à chaleur pourraient assurer le chauffage de 60 % des bâtiments en 2050.
- 2** Un développement du véhicule électrique qui, conduira à un parc de plus de 36 millions de VE légers en 2050.
Ces VE se rechargeront, pour l'essentiel, au domicile ou sur le lieu de travail.
- 3** Un développement très important des installations photovoltaïques de toiture qui produiront des quantités considérables d'électricité dans la journée.

Un pôle de consommation qui deviendra majeur

À horizon 2050, la consommation des VE légers excédera celle du secteur résidentiel pour ses besoins thermiques : 67 TWh vs 65,3 TWh*.



Parc de véhicules électriques légers
(en millions de véhicules)



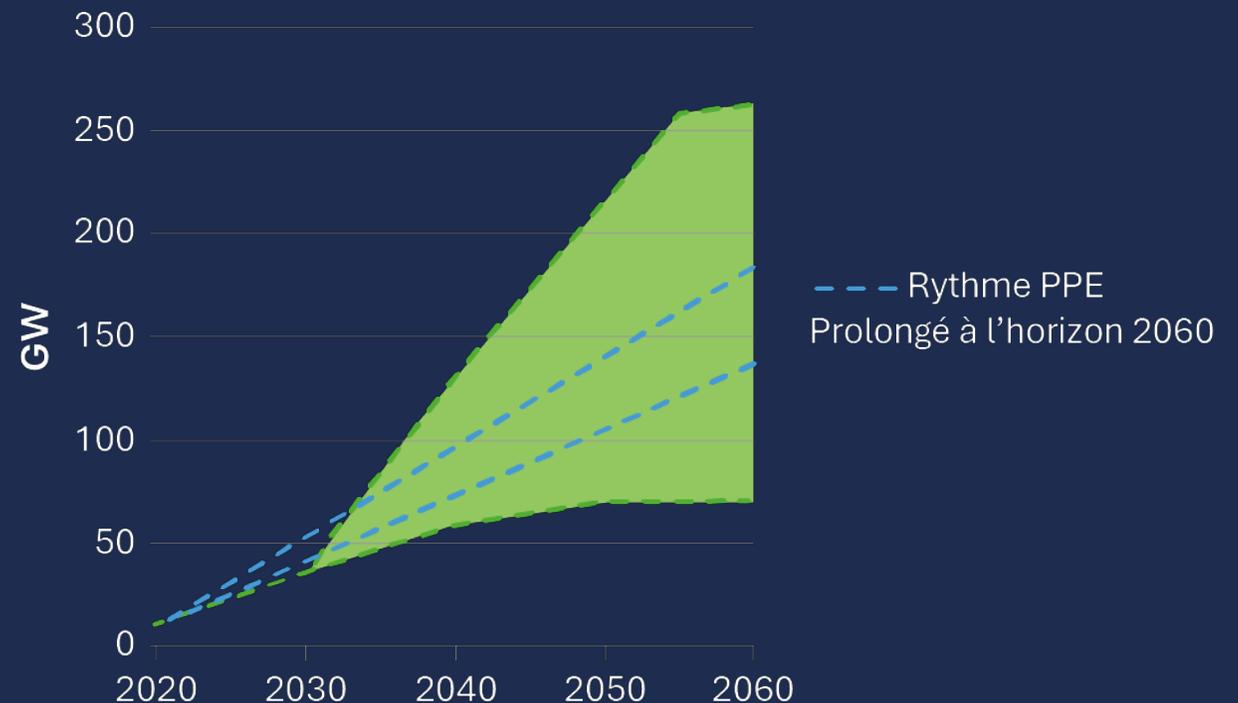
— Secteur résidentiel (chauffage, ECS, ventilation, climatisation)
— Véhicules électriques légers

* Source : RTE (2022) – Futurs énergétiques 2050.

Un très fort développement attendu des productions photovoltaïques

- Selon le projet de PPE 3, la puissance installée en PV passera de 20 GW en 2023 à 54/60 W en 2030 et 75/100 GW en 2035.
- Dans le scénario M1 des Futurs énergétiques de RTE, il y aurait près de 35 GW d'installations photovoltaïques en toiture résidentielle à l'horizon 2050 soit huit millions de ménages autoproducteurs.
- L'autoconsommation est un moyen d'éviter la surcharge des réseaux et les épisodes de prix négatifs du MWh sur les marchés spot (plus de 300 en 2024).

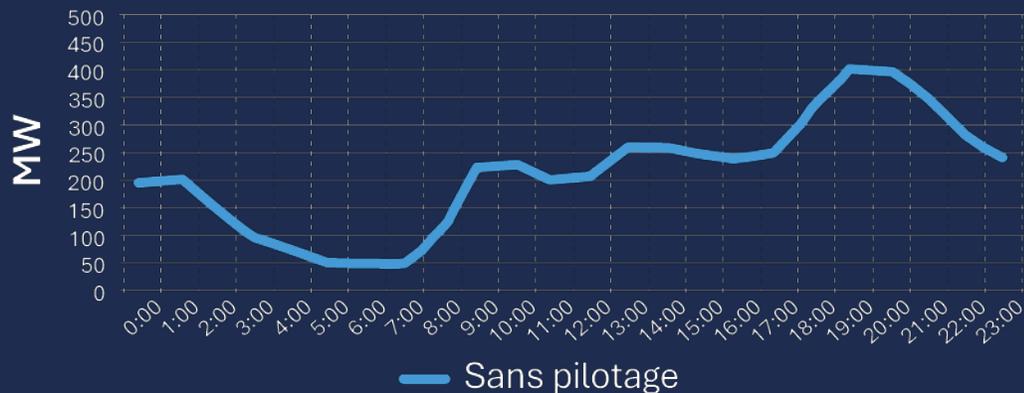
Évolution des capacités installées de la filière photovoltaïque dans divers scénarios, pour la consommation de référence (RTE Futurs énergétiques 2050)



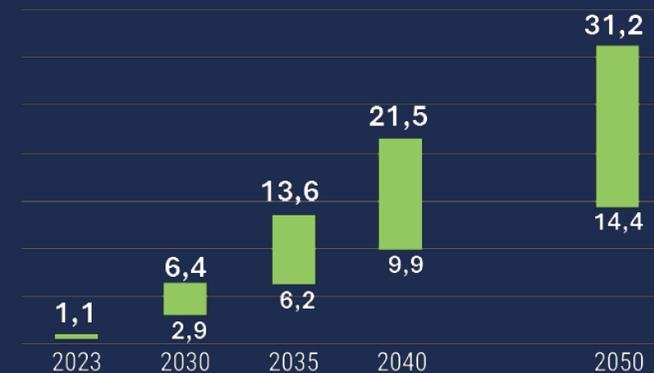
En l'absence de pilotage, les véhicules électriques peuvent entraîner un appel de puissance additionnel important

- Selon les hypothèses, le VE pourrait générer, en l'absence de pilotage, un appel de puissance additionnelle sur les réseaux de 6 à 13 GW en 2035 et de 15 à 31 GW en 2050.
- En contrepartie, le parc de VE en circulation en 2050 représentera une capacité brute de stockage par batterie de 2 150 GWh (en supposant une capacité moyenne de 60 kWh par véhicule).
Nota : la capacité de stockage des STEP est aujourd'hui d'environ 100 GWh.

Courbe de charge journalière pour un million de VE en 2035. Source : RTE



Puissance électrique appelée à la pointe (en GW)



Les synergies entre mobilité électrique et bâtiment : un enjeu trois fois gagnant

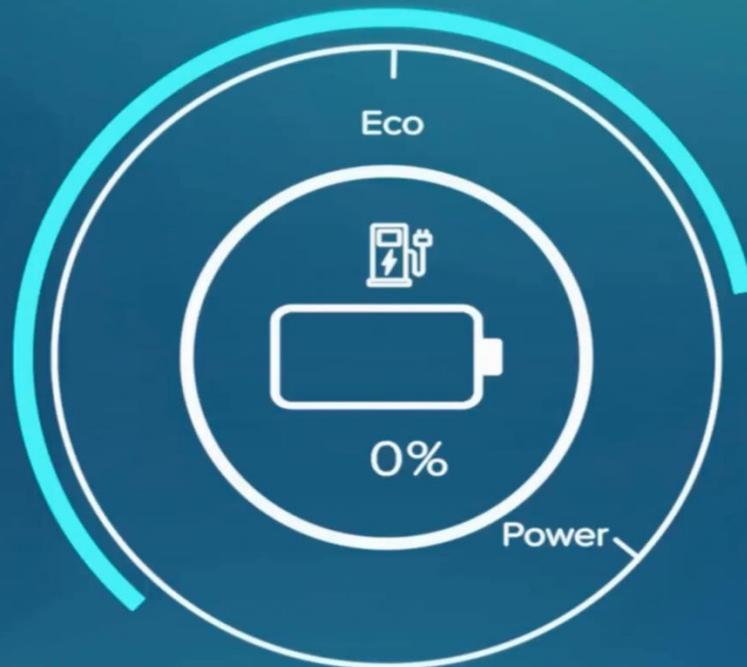
- 1 Pour les fournisseurs : valoriser les disponibilités en kWh aux moments où elles sont les plus abondantes et les moins coûteuses.
- 2 Pour les gestionnaires du réseau et les producteurs : éviter les surcharges de réseau et les investissements additionnels qu'elles pourraient entraîner.
- 3 Pour les consommateurs : diminuer le coût de la recharge.

Aujourd'hui, ces synergies sont encore faiblement exploitées.

L'étude avait pour objectif de les identifier, de chiffrer les avantages qui peuvent en résulter et de lister les conditions à remplir pour leur exploitation.



Le pilotage de la recharge



Le pilotage de la recharge permet de tirer parti de ces synergies.

L'étude a considéré quatre modes de pilotage en les comparant à la recharge « naturelle » (recharge spontanée, sans tenir compte des besoins et des circonstances) :

- 1 Le pilotage tarifaire statique
- 2 Le pilotage dynamique mono-directionnel
- 3 Le pilotage bidirectionnel avec réinjection, afin de contribuer à la couverture des besoins du bâtiment (V2H ou V2B)
- 4 Le pilotage bidirectionnel avec réinjection sur le réseau électrique (V2G)

Le pilotage tarifaire statique

- ▶ Consiste à positionner la recharge pendant les périodes où l'électricité est la moins chère (heures creuses).
- ▶ Méthode très simple, s'apparentant à la gestion des ballons d'eau chaude mais avec un enjeu très supérieur : dès 2035, le pilotage tarifaire de la recharge permettrait de décaler 8 à 10 GW de puissance appelée (à comparer à la flexibilité de 4 GW apportée par les ballons d'eau chaude) (source : RTE).
- ▶ Peut se faire par connexion d'une borne pilotable avec le compteur communicant ou par programmation sur le véhicule.
- ▶ **Très facile à mettre en œuvre, il reste aujourd'hui trop faiblement utilisé. En 2024, seuls 32 % des usagers déclarent piloter leur recharge** (enquête Enedis).



Le pilotage dynamique

- ▶ Pilotage de la recharge en fonction de paramètres évolutifs provenant du réseau, du véhicule, du fournisseur, de la production locale, des autres postes de consommation, etc.
- ▶ Le pilotage dynamique, ou V1G, suppose une communication entre la borne de recharge, ou le véhicule, avec un agent extérieur (fournisseur, opérateur de recharge, agrégateur) qui envoie des signaux numériques à la borne ou au véhicule afin d'adapter la recharge en fonction de l'objectif visé :
 - pilotage tarifaire, à un pas de temps plus ou moins court, pour permettre au consommateur de bénéficier des conditions tarifaires les plus favorables ;
 - maintien de la puissance appelée dans les limites de la puissance souscrite ;
 - contribution à l'équilibrage du réseau, à l'initiative du système électrique, dans un contexte de tension.



Enjeux et prérequis du pilotage dynamique

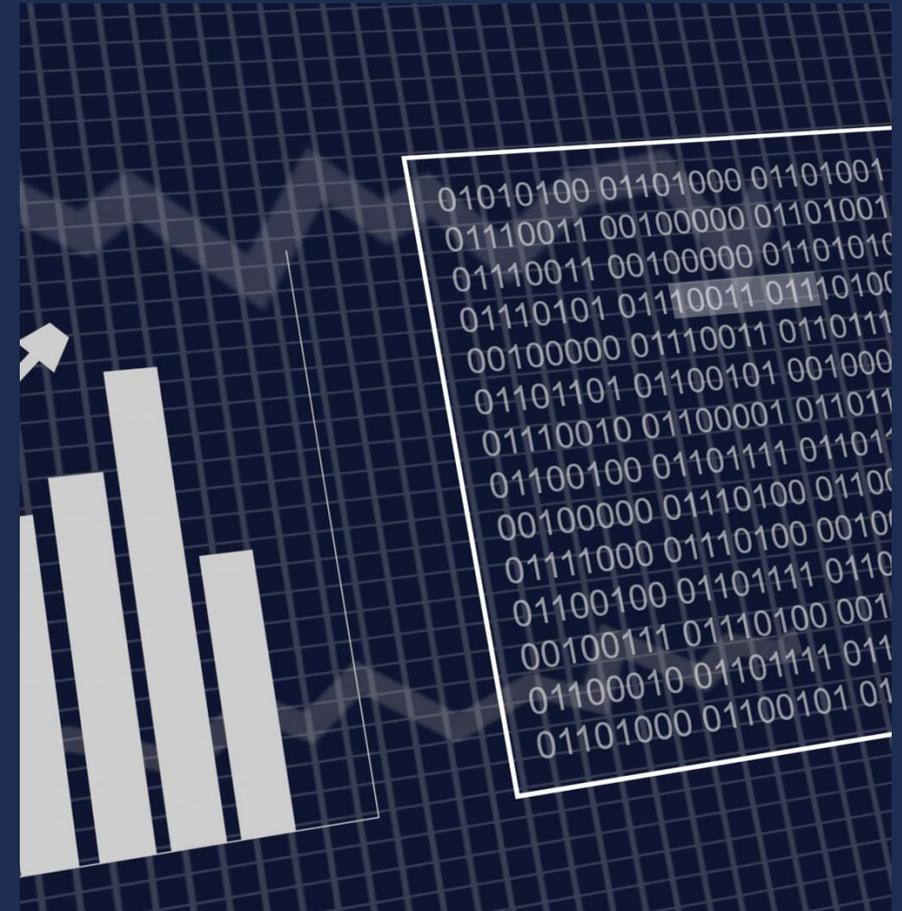
Le pilotage dynamique est une extension du pilotage statique.

Son enjeu est difficile à chiffrer. Dans l'hypothèse où les besoins de flexibilité sur les réseaux sont élevés, il pourrait doubler ou tripler le potentiel du pilotage statique (RTE).

Les prérequis :

- ▶ respecter le service attendu par l'utilisateur ;
- ▶ avoir accès aux données de la batterie (state of charge ou SOC) ;
- ▶ permettre la communication entre la borne, ou le véhicule, et un organe de pilotage interne au bâtiment ou externe ;
- ▶ si possible, intégrer la borne ou l'IRVE dans le système énergétique local du bâtiment.

Aujourd'hui, le pilotage dynamique reste peu répandu.



La recharge bidirectionnelle en V2H et V2B

Consiste à utiliser, à certaines périodes de la journée, l'énergie stockée dans la batterie du véhicule pour satisfaire les besoins énergétiques du bâtiment.

La batterie devient alors, comme les panneaux solaires à d'autres moments, une source d'énergie.

L'enjeu du V2B/V2H est élargi par rapport au V1G car l'optimisation porte sur l'ensemble des consommations d'énergie du bâtiment :

Les prérequis (outre ceux du V1G) :

- ▶ permettre la bidirectionnalité (support par la borne et le véhicule de la norme ISO 15118-20) ;
- ▶ intégration de la borne et de l'IRVE dans le système énergétique local selon un protocole commun (protocole unificateur Matter) ;
- ▶ traitement des problèmes de sécurité : sécurité électrique, cybersécurité.



Les premières offres apparaissent sur le marché : Renault, Volkswagen

La recharge bidirectionnelle vers le réseau (V2G)

Consiste à réinjecter vers le réseau électrique une partie de l'électricité stockée dans la batterie au-delà de la satisfaction des besoins locaux.

Pourrait apporter une contribution positive à l'équilibrage des réseaux.

Les prérequis :

- ▶ permettre la bidirectionnalité (support par la borne et le véhicule de la norme ISO 15118-20)
- ▶ gérer la complexité et les exigences des gestionnaires de réseau
- ▶ régler les problématiques réglementaires (caractérisation de l'origine de l'électricité réinjectée) et économiques (fiscalité sur l'électricité réinjecté - accise, TURPE)
- ▶ veiller à la qualité du courant réinjecté, traiter les problèmes de sécurité



Des offres émergent sur le marché (Renault, Volkswagen) mais dans des configurations propriétaires (ristournes sur services). Il est généralement admis que le V2G se déploiera essentiellement dans le cadre de parcs de véhicules importants fédérés par un même gestionnaire.

Quatre cas d'usage Trois scénarios de prix



L'étude a consisté à analyser quatre cas d'usage usuels où sont susceptibles d'être valorisées les synergies entre véhicule électrique et bâtiment.

Les gains potentiels ont été évalués, en se plaçant :

- 1 du point de vue du consommateur et des acteurs concernés
- 2 dans différentes hypothèses de pilotage
- 3 à deux horizons : 2024 et post 2026
- 4 dans trois hypothèses de prix et de tarifs

Les cas d'usage

CAS 1

La maison individuelle de 114 m² des années 2000, chauffée à l'électricité dotée d'un emplacement de stationnement. Véhicule doté d'une batterie de 60 kWh.

- ▶ en cas de base : usage du véhicule électrique essentiellement pendulaire, 14 000 km/an, dont 4 000 km en longues distances. Pilotage de la recharge sans réinjection.
- ▶ en variantes, ont été testées :
 - la recharge bidirectionnelle en V2H
 - l'impact d'un usage plus sédentaire (télétravail notamment)
 - l'optimisation d'une production locale photovoltaïque (huit panneaux – 3 kWc)
 - la recharge bidirectionnelle en V2G

CAS 2

Les bâtiments collectifs à usage résidentiel dotés d'un parking

- ▶ Variante 1 : IRVE extension du réseau public
- ▶ Variante 2 : IRVE exploitée par un opérateur privé

CAS 3

Les bâtiments à usage tertiaire multi-occupants dotés d'un parking

CAS 4

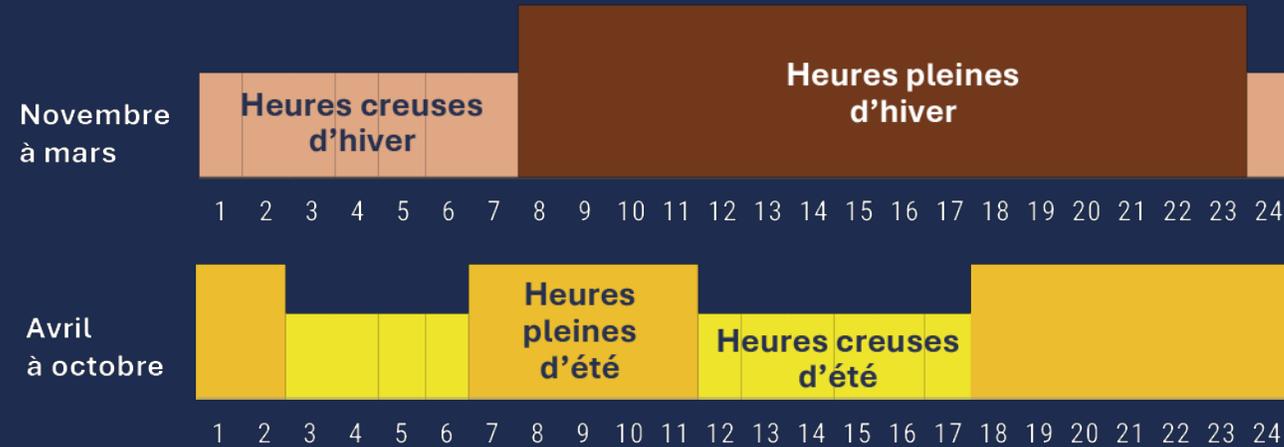
Les bâtiments à usage tertiaire mono-occupants et les entreprises industrielles

- ▶ Variante 1 : siège d'entreprise
- ▶ Variante 2 : site mixte (industriel et tertiaire)

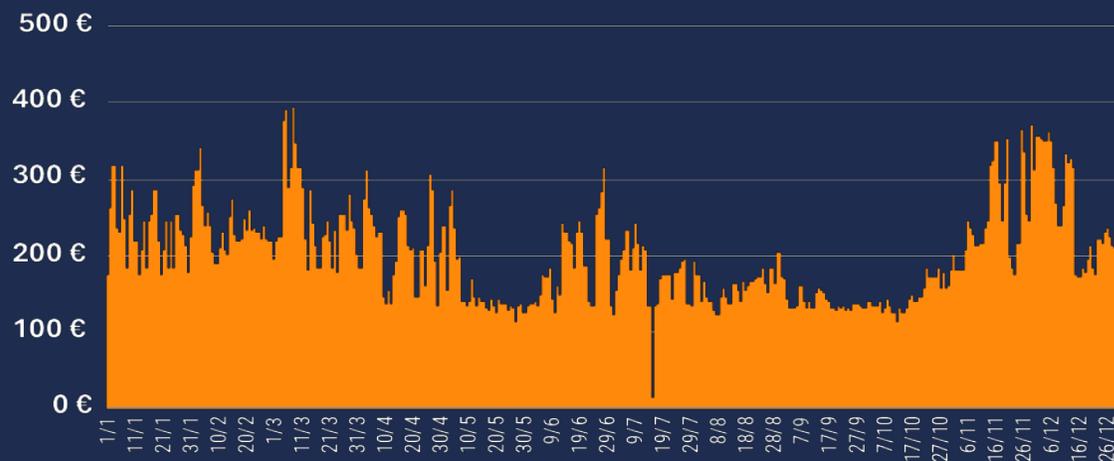
Les trois scénarios tarifaires

Scénario 2024 : Prix et tarifs 2024

1^{er} scénario post 2026 : A prix moyen inchangé, mise en place d'une horo-saisonnalisation des heures creuses, avec HC d'hiver et HC d'été.



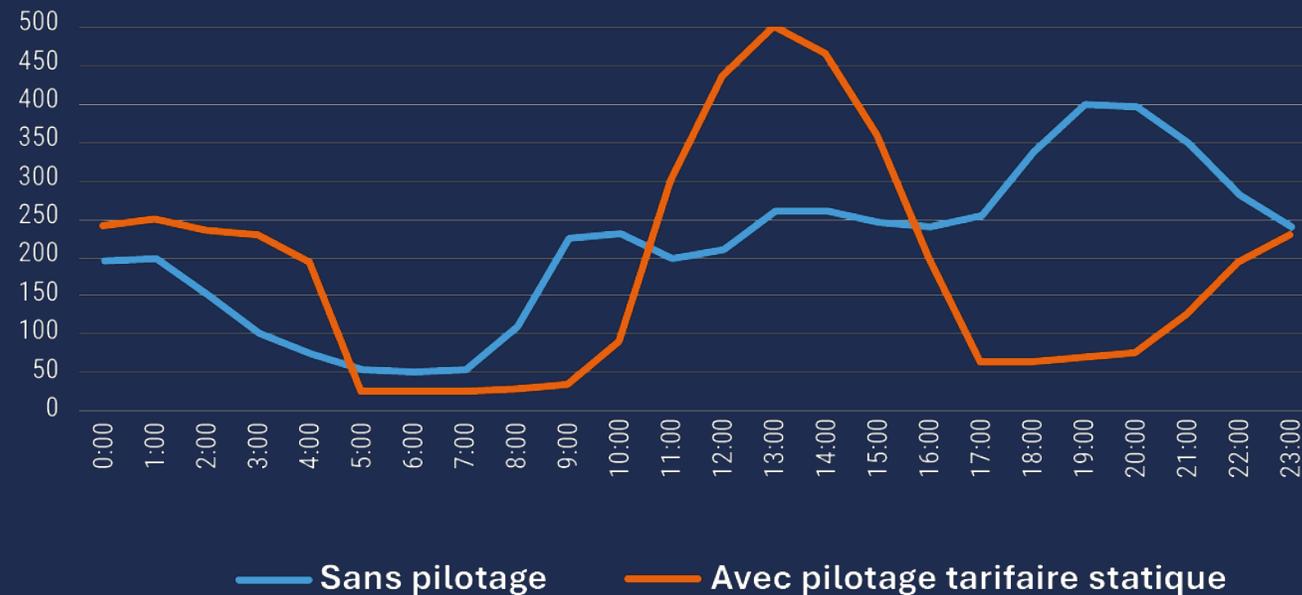
2^{ème} scénario post 2026 : Tarification dynamique, heure par heure, connue de la veille pour le lendemain (calquée sur l'exemple des pays scandinaves).



Maison individuelle : incidence du pilotage sur la courbe de charge

Le pilotage tarifaire permet de repositionner la courbe de charge en fonction du mix électrique (travaux RTE).

Courbe de charge journalière pour un million de VE en 2035

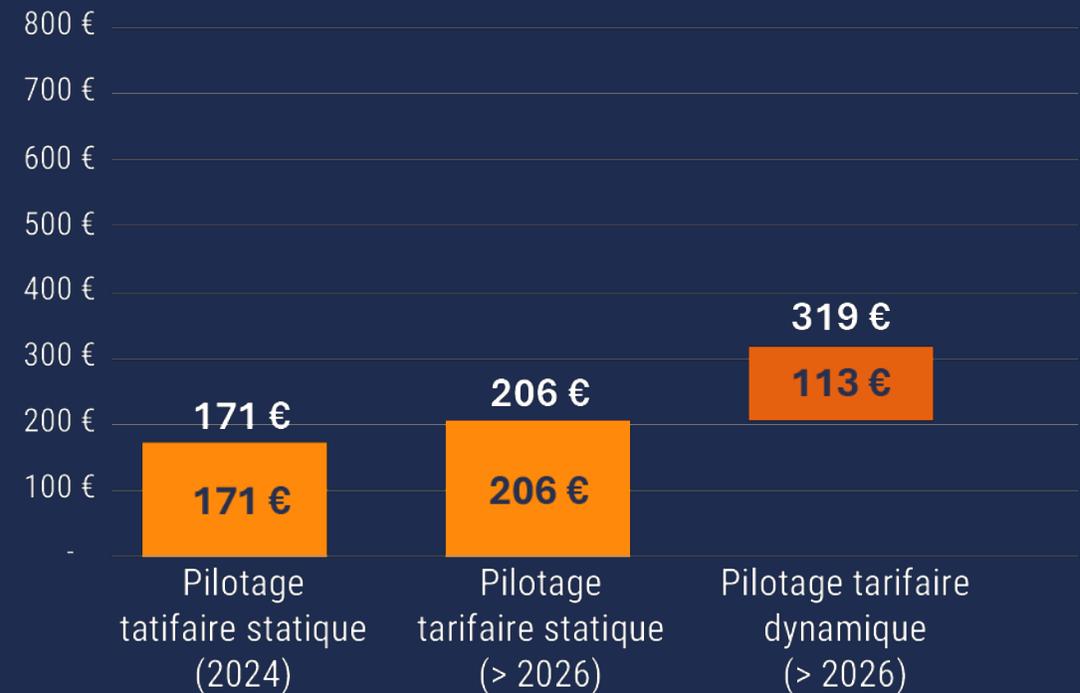


Maison individuelle : intérêt du pilotage tarifaire pour le consommateur

Pilotage de la recharge (hors V2H ou VB)

- ▶ Le gain maximal apporté par un pilotage tarifaire dynamique est de l'ordre de 40 % du coût de la recharge sans pilotage.
- ▶ Le gain apporté par le seul pilotage tarifaire statique représente les **2/3** du gain maximal accessible par pilotage tarifaire dynamique.
- ▶ **A noter :** A niveau tarifaire moyen inchangé, la dépense liée à la recharge sans pilotage s'accroîtra avec l'horo-saisonnalisation des heures creuses (désoptimisation accrue) mais l'avantage apporté par le pilotage tarifaire statique augmente.

Avantage apporté au consommateur par le pilotage de la recharge, par rapport à une dépense de référence (sans pilotage) de 618 €/an en 2024 et de 673 € en 2026

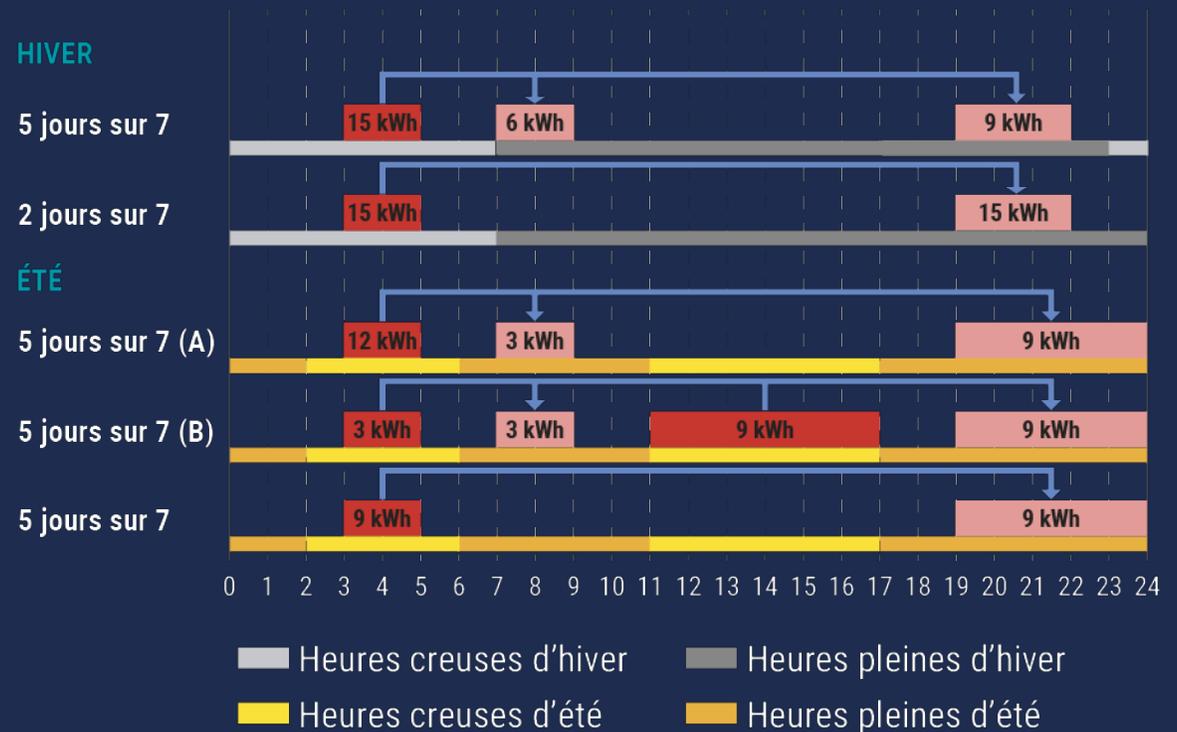


Maison individuelle : intérêt du V2H

Le V2H suppose :

- ▶ que le véhicule soit branché à sa borne au bon moment ;
- ▶ que le bâtiment puisse accepter l'excédent d'électricité disponible ;
- ▶ que la capacité de la batterie permette de transférer des blocs de kWh significatifs (9, 12 ou 15 kWh) sans porter atteinte à la qualité de service.

Cas d'un usage où le consommateur se rend en entreprise deux jours par semaine



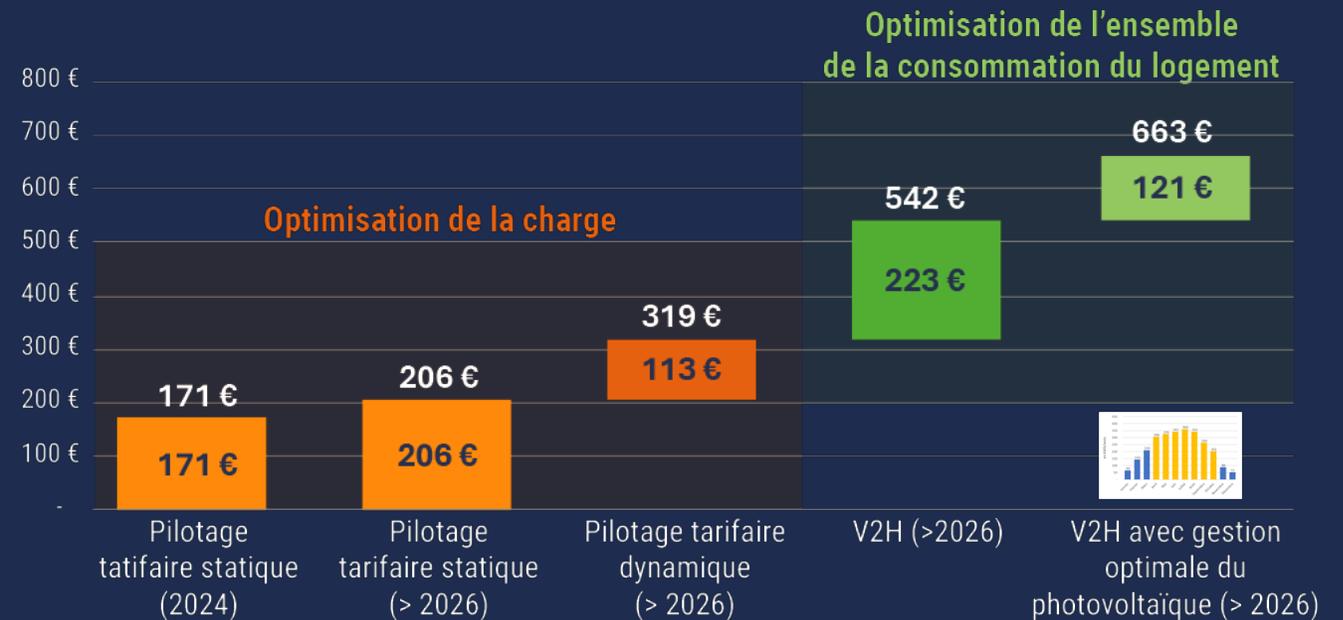
Maison individuelle : intérêt pour le consommateur du V2H et du pilotage couplé à celui du photovoltaïque

Incidence du V2H

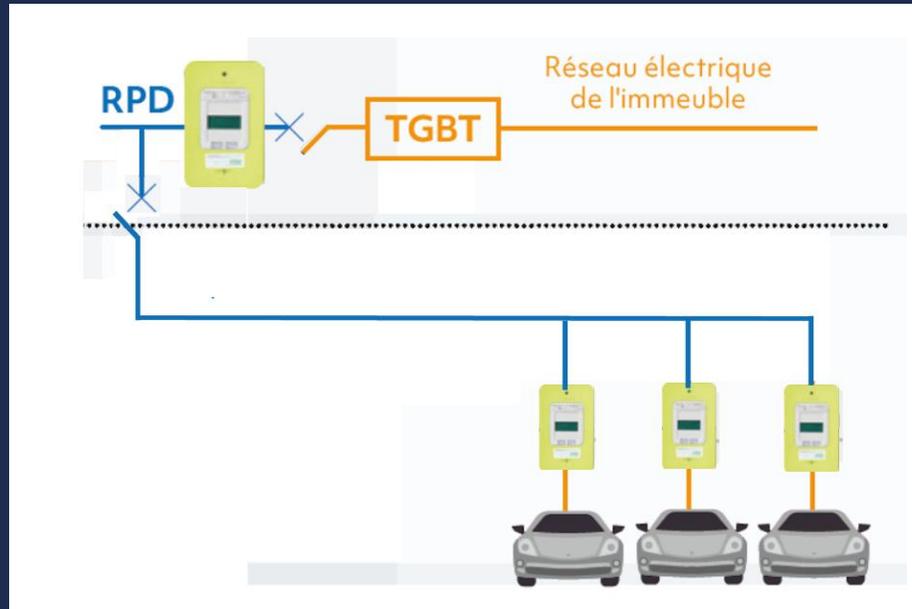
- ▶ Le V2H accroît fortement l'avantage consommateur.

Incidence d'un pilotage associé au PV

- ▶ Le pilotage de la recharge en V2H, associé à la gestion du PV si elle est possible, conduit à un avantage allant jusqu'à compenser le supplément de dépenses induit par le VE et représentant environ 15 % de l'ensemble des consommations du logement.

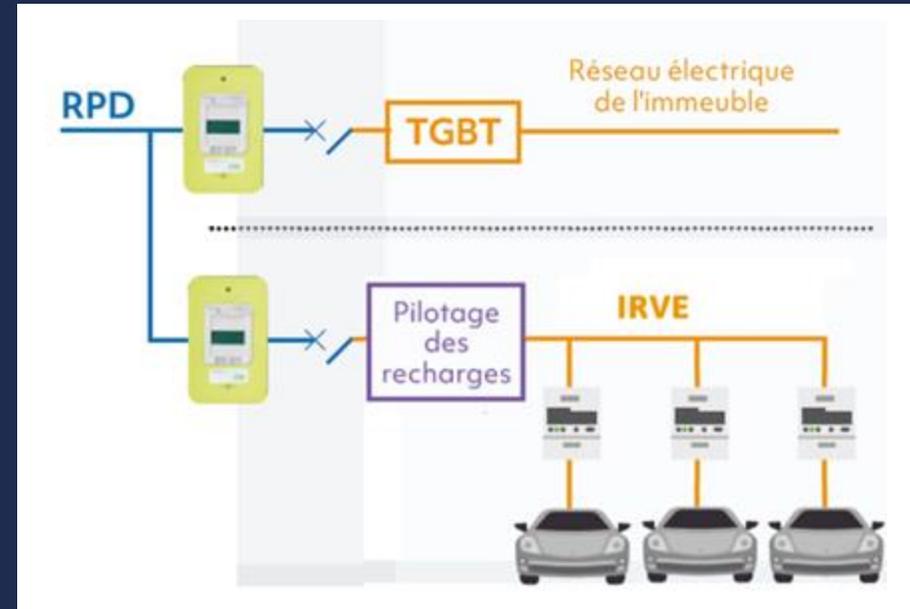


Résidentiel collectif : deux variantes



IRVE installée et exploitée par le gestionnaire de réseau

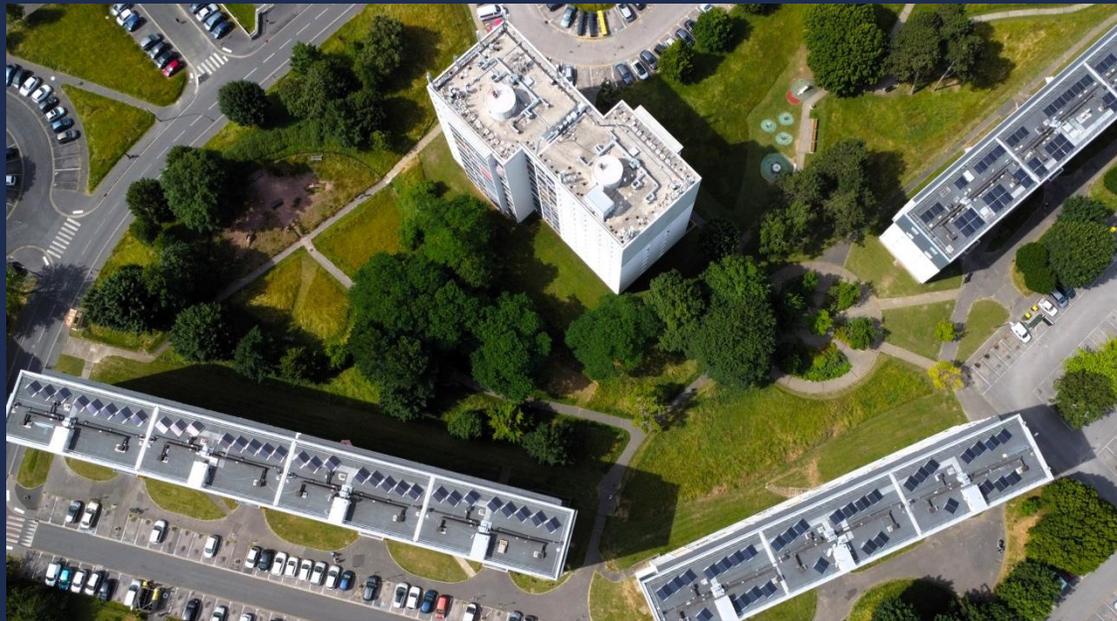
- ▶ Le V2B et le V2G ne sont pas accessibles.



IRVE installée et exploitée par un opérateur privé

- ▶ La gestion de la puissance est essentielle. L'exploitant déploie et gère un système de pilotage répartissant la puissance disponible entre les véhicules connectés.
- ▶ Le V2B a peu d'intérêt. Le V2G pourrait être accessible.

Résidentiel collectif : inclusion de la gestion des bornes dans une opération d'autoconsommation collective



Résidence Mac Orlan à Amiens
(@Amsom Habitat)

- ▶ 424 m² de panneaux, 86 kWc de puissance installée, 75 MWh de production annuelle



Halle Chrétien à Amiens
(@Amsom Habitat)

- ▶ 516 m² de panneaux, 105 kWc de puissance installée, 93 MWh de production annuelle

Résidentiel collectif : les enseignements

IRVE constituant une extension du réseau public

Les avantages pour le consommateur sont similaires à ceux dégagés en maison individuelle. Cependant :

- ▶ il est préférable d'opter pour une borne de 7,4 kW pour mieux tirer parti des heures creuses ;
- ▶ il serait souhaitable de pouvoir fusionner l'abonnement lié à la borne avec celui de l'appartement.

IRVE exploitée par un opérateur privé

Le pilotage est de la responsabilité de l'opérateur :

- ▶ sa priorité est de négocier des conditions de fourniture avantageuses et de répartir au mieux la puissance disponible entre les bornes actives ;
- ▶ il peut être intéressant de prévoir une opération d'autoconsommation collective intégrant production d'électricité photovoltaïque et recharge des véhicules ;
- ▶ le V2B n'a pas d'intérêt mais le V2G est susceptible de se développer.

Bâtiment tertiaire multi-occupant

- ▶ L'IRVE est généralement exploitée par un opérateur commun à l'immeuble,
- ▶ Celui-ci peut être le propriétaire ou une société tierce spécialisée.
- ▶ Présence des véhicules aux heures de bureau et généralement pas la nuit.
- ▶ Peu d'intérêt, au niveau des usagers, pour une tarification dynamique.
- ▶ La gestion d'une production photovoltaïque n'est généralement pas prise en compte mais peut s'envisager si un mandat de gestion est donné à l'opérateur de recharge : il faut que le consommateur et le producteur soient une même personne morale, sinon le surcoût lié à une opération d'autoconsommation collective rend l'opération peu compétitive.



Bâtiment tertiaire multi-occupant : les enseignements

- ▶ La gestion de la puissance appelée est primordiale pour limiter les surcoûts et l'impact sur le réseau.
- ▶ Les heures creuses diurnes peuvent être utilisées au mieux.
- ▶ **La recharge en entreprise est plus avantageuse que la recharge à domicile pour le consommateur et pour le système électrique.**
- ▶ L'intérêt pour l'employé dépend du contrat signé avec l'opérateur de recharge et aussi de la refacturation ou non par l'employeur de l'électricité.
- ▶ Les systèmes actuels permettent une refacturation interne aisée.



Bâtiments tertiaires mono-occupant et entreprises industrielles

- ▶ Situations variées : petit tertiaire en centre-ville, établissements industriels, sièges d'entreprise, nouveaux quartiers...
- ▶ Plusieurs types de véhicules : véhicules de fonction, véhicules de service (la nuit), véhicules de collaborateurs.
- ▶ L'entreprise assure généralement la responsabilité de l'IRVE.
- ▶ Il est souhaitable que toutes les bornes soient pilotables et que les recharges soient pilotées par un automate de façon différenciée selon les catégories de véhicules de façon à tirer parti des rythmes d'utilisation différents.



Bâtiment tertiaire mono-occupant et entreprises industrielles : les enseignements

- ▶ Le pilotage de la recharge permet de retarder le moment où il faudra accroître la puissance soutirée en lissant les courbes de charge
- ▶ La mutualisation de l’abonnement et la possibilité d’avoir des coûts négociés (grands sites) permettent de réduire la facture d’énergie pour les IRVE.
- ▶ La présence d’une production photovoltaïque importante peut être intégralement absorbée par la recharge des VE, hors week-ends.

↳ **La recharge en entreprise des collaborateurs doit être encouragée car elle présente un réel intérêt pour l’ensemble de la chaîne (producteur, distributeur et utilisateur).**

	Référence	Tertiaire collectif	Tertiaire mono-occupant ou entreprise industrielle		
			Siège	Site industriel	
			Véhicule collaborateur	Véhicule collaborateur	Véhicule de service
Prix de revient de la recharge (en €/kWh)	0,25 €	0,22 €	0,23 €	0,22 €	0,16 €

Recommandations



Le pilotage de la recharge permet de valoriser les synergies entre bâtiment et véhicule électrique et de rendre la mobilité électrique encore plus attractive.

Recommandations principales (1)

- ▶ **Le pilotage tarifaire statique doit devenir le mode de pilotage par défaut :**
 - sensibiliser et informer les consommateurs dans le cadre du plan de sobriété ;
 - transformer en obligation réglementaire les spécifications techniques applicables aux bornes pilotables bénéficiant du crédit d'impôt.
- ▶ **L'horo-saisonnalisation des heures creuses renforcera l'avantage du pilotage tarifaire pour le consommateur.**
- ▶ **La connexion directe au compteur communicant facilitera la tâche au consommateur.**
- ▶ **Ne pas exclure le pilotage tarifaire dynamique qui permet une économie additionnelle :**
 - de nouvelles offres sont à encourager mais doivent conduire à un partage équitable de l'avantage entre système électrique et consommateur.
- ▶ **En résidentiel collectif, un abonnement commun à la borne de recharge et à l'appartement permettrait une optimisation des deux points de livraison.**

Recommandations principales (2)

- ▶ **Encourager la recharge sur le lieu de travail :**
 - l'exonération de charges au titre des avantages en nature devrait être prolongée au-delà du 31 décembre 2024,
- ▶ **Ouvrir la voie à la recharge bidirectionnelle pour tirer parti de la capacité de la batterie :**
 - promouvoir le respect de la norme ISO 15118-20 par les bornes et les véhicules ;
 - achever les études en cours sur l'impact sur les batteries ;
 - faire connaître et faire respecter les règles de sécurité des installations ;
 - définir les règles relatives à l'accès aux données et à leur usage ;
 - définir les codes techniques de la réinjection sur réseaux et lever les restrictions à la réinjection de l'énergie stockée.
- ▶ **Intégrer le VE dans le système électrique local du bâtiment**
 - promouvoir l'adoption d'un protocole standardisé (protocole unificateur Matter).

