



MOBILITÉ – ÉNERGIE

Février 2021 • [www.institutparisregion.fr](http://www.institutparisregion.fr)

**Environ 40**

SMART GRIDS EN FRANCE FIN 2020

**Environ 7 %**

DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET  
4,5 % DE VÉHICULES HYBRIDES  
RECHARGEABLES DANS LES VENTES  
DE VÉHICULES EN FRANCE EN 2020

**200 000**

VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET HYBRIDES  
IMMATRICULÉS FIN 2020, SOIT 2,8 FOIS  
PLUS QUE FIN 2019

**Environ 30 000**

BORNES DE RECHARGE PUBLIQUES  
EN FRANCE FIN 2020

**100 000**

BORNES : L'OBJECTIF NATIONAL  
FIN 2021

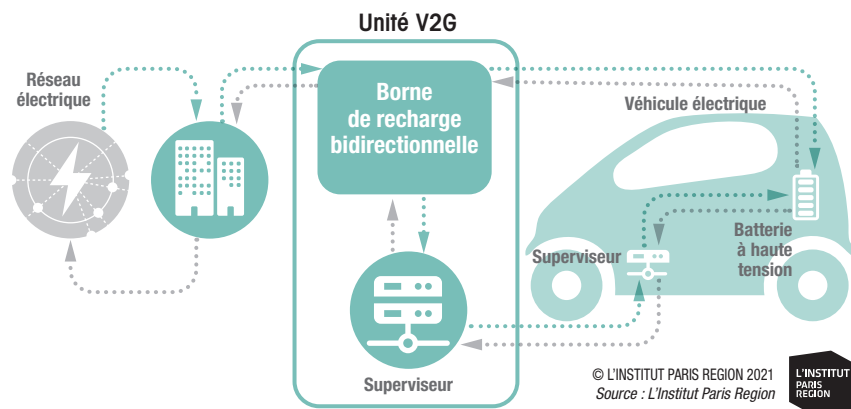
## MOBILITÉ ÉLECTRIQUE ET SMART GRIDS : UNE SYNERGIE À DÉVELOPPER

TENDRE VERS LE ZÉRO ÉMISSION CARBONE EST L'UN DES PRINCIPAUX DÉFIS RETENUS PAR L'UNION EUROPÉENNE POUR LUTTER CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET RÉDUIRE LA DÉPENDANCE AUX ÉNERGIES FOSSILES. LA FIN DES VÉHICULES THERMIQUES, À TERME, ET LA PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUELEBLE SONT LES PRINCIPAUX LEVIERS IDENTIFIÉS POUR ATTEINDRE CET OBJECTIF. LE DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS DE PILOTAGE DE L'ÉNERGIE ET L'INTELLIGENCE DES RÉSEAUX, PERMETTENT DE CONJUGUER CES DEUX LEVIERS.

La mobilité électrique se développe de manière rapide mais pose les défis de l'augmentation de la demande d'électricité et des sources d'énergie mobilisées. Dans le même temps, les *smart grids*, ces réseaux électriques « intelligents » capables d'optimiser le triptyque production-stockage-consommation, tentent de se développer. La mobilité électrique en tant que nouvel usage pourrait servir de levier au développement de *smart grids* locaux, quand ceux-ci pourraient relever les défis posés par la première. Les deux trouvent ainsi des intérêts communs à se développer concomitamment. Dans le but d'expérimenter et d'évaluer des *smart grids* couplés à des flottes de véhicules électriques, en vue d'une possible application en Île-de-France, L'Institut Paris Region s'est engagé dans le projet européen CleanMobilEnergy.

### Les smart grids : un développement à accélérer

Les *smart grids*<sup>1</sup> sont des réseaux d'électricité qui, grâce aux nouvelles technologies et à la collecte d'informations en temps réel, permettent d'optimiser la consommation d'électricité issue de la production d'énergies renouvelables (EnR). Ils ont vocation à se développer à l'échelle locale (un bâtiment, un quartier, une ville...), contribuant ainsi à la décentralisation de la production de l'électricité et à la minimisation de sa distribution, en rapprochant les lieux de production et de consommation. Ils constituent un nouveau paradigme de réseau électrique, où la production décentralisée supplée au système de centrales thermiques et nucléaires très puissantes, associé à un réseau général de distribution. La France avait identifié, dès 2013, la filière des *smart grids* comme l'un des axes importants de sa stratégie industrielle pour accompagner la transition énergétique et créer des emplois. À l'origine, les *smart grids* ont été conçus pour le secteur du bâtiment, mais



**LE V2G, OU VEHICLE-TO-GRID**

C'est un système dans lequel les véhicules branchés communiquent avec le réseau électrique et équilibrent les différences entre l'offre et la demande d'énergie, en renvoyant l'électricité au réseau. Le V2G permet aux véhicules électriques de stocker et de décharger l'électricité produite à partir d'EnR en fonction de la demande par d'autres usages.

leur déploiement s'est avéré en deçà des attentes : fin 2020, seulement une quarantaine de *smart grids* étaient déployés en France, dont dix en Île-de-France, souvent des sites expérimentaux, car la rentabilité fait encore défaut. Le passage à la phase industrielle n'est pas encore d'actualité.

**La mobilité électrique en pleine expansion**

Après des débuts balbutiants, l'année 2020 restera celle de la percée de l'électrification du parc automobile en France. Les véhicules électriques et hybrides rechargeables représentent en 2020 respectivement près de 7 % et 4,5 % des ventes, contre 2 % et 0,8 % en 2019. Environ 200 000 véhicules électriques et autres hybrides étaient immatriculés fin 2020, soit 2,8 fois plus qu'en 2019. Les primes à l'achat, les malus et la perspective de l'interdiction de circulation des véhicules à moteur thermique dans un horizon proche, ainsi que la mise sur le marché de nouveaux modèles électriques par les constructeurs expliquent cette percée. Le dernier frein reste cependant le maillage insuffisant du réseau de bornes de recharge publiques : il y en avait environ 30 000 sur l'ensemble du territoire français fin 2020. L'objectif national ambitieux des 100 000 bornes fin 2021 - début 2022 reste de mise.

**Convergence entre smart grids et mobilité électrique**

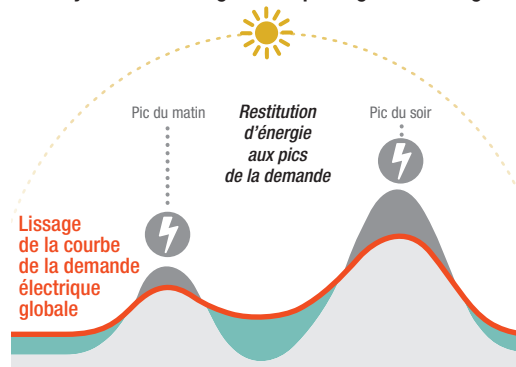
Avec le développement à marche forcée actuel de la mobilité électrique, les *smart grids* pourraient trouver un second souffle dans le secteur des

transports et se déployer à grande échelle. Les batteries des véhicules stationnés présentent, de plus, un nouvel avantage : elles peuvent servir de dispositif de stockage et de restitution dans le réseau pour d'autres usages de l'électricité dans l'habitat, le tertiaire, l'industrie ou l'équipement. C'est le système « *vehicle-to-grid* », ou V2G. Et, réciproquement, la mobilité électrique pourrait bénéficier de la production d'électricité par les énergies renouvelables dans le cadre de *smart grids* locaux pour réduire son bilan carbone, surtout lorsque l'énergie électrique ne provient pas du nucléaire. Aujourd'hui, les *smart grids* locaux continuent à être connectés au réseau général et ne sont donc pas autonomes. Avec la massification à l'œuvre des véhicules électriques, une partie de l'énergie peut être stockée dans les batteries lors des périodes de pointe de production, puis réinjectée localement en cas de forte demande d'autres usages pour permettre de gagner en autonomie. Les études de Réseau de transport d'électricité (RTE), en 2013, sur le bilan socio-économique des *smart grids* avaient déjà montré que l'usage de l'électricité par des véhicules apporte un gisement de flexibilité supplémentaire et que la mutualisation des usages (chauffage, véhicule électrique, etc.) permettrait d'atteindre la rentabilité des *smart grids*.

**L'intermittence des EnR résolue**

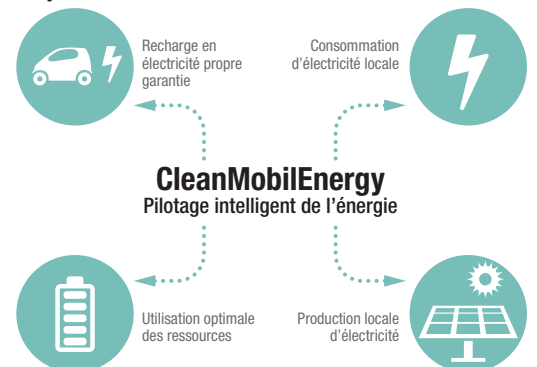
En adoptant le Green Deal, début 2020, l'Europe s'est donné pour objectif en 2030 de réduire les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 55 % par rapport à 1990 et de porter la part des énergies renouvelables à au moins 32 %. Or, la production d'EnR étant intermittente et peu prévisible, ces énergies posent un défi technique. Par exemple, l'énergie solaire est encore rarement utilisée efficacement, car produite en journée alors que la demande atteint son pic le soir. Ce décalage entre l'offre et la demande d'électricité nécessite de stocker l'énergie produite ou de faire appel au réseau général pour compenser. Un *smart grid* permet justement de stocker, de piloter et d'optimiser le recours à l'électricité provenant des productions locales d'EnR, et de limiter ainsi l'importation d'électricité du réseau général, voire de l'éviter totalement.

**Les enjeux du stockage et du pilotage de l'énergie**



© L'INSTITUT PARIS REGION 2021  
Source : L'Institut Paris Region d'après Ressourcefully

**Projet CME**



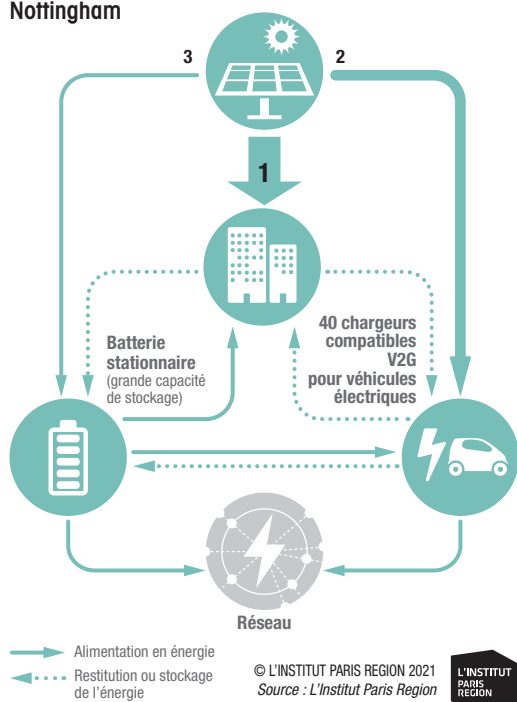
© L'INSTITUT PARIS REGION 2021  
Source : L'Institut Paris Region



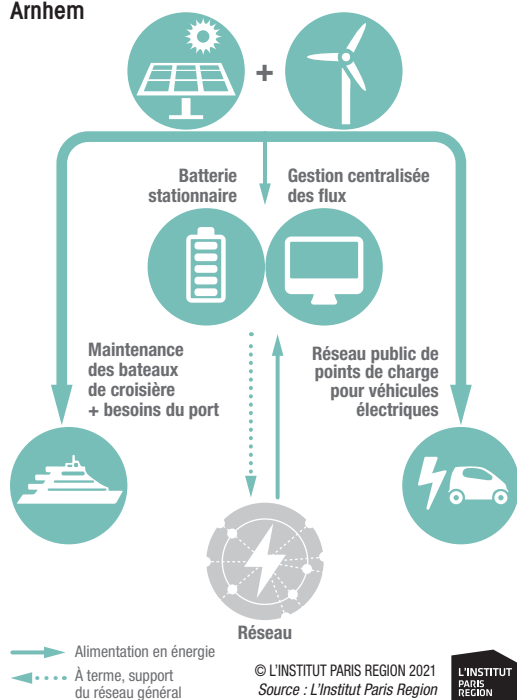
### Les objectifs du projet CME

CleanMobilEnergy (CME) est un projet du programme européen Interreg Nord-Ouest, regroupant dix partenaires de six pays différents, dont L'Institut Paris Region. Commencé en janvier 2018 pour une durée de quatre ans et demi, ce projet vise à expérimenter des *smart grids* locaux et autonomes, associant une autoproduction locale d'énergies renouvelables à une autoconsommation par une flotte de véhicules électriques (véhicules professionnels, vélos électriques et bateaux de croisière). Le pilotage intelligent est effectué par un système informatique développé à l'occasion.

#### Nottingham



#### Arnhem



Quatre sites pilotes ont été choisis initialement, à Arnhem (Pays-Bas), Londres, Nottingham (Royaume-Uni) et Schwäbisch-Gmünd (Allemagne). S'ils ont des usages distincts de l'électricité, les bénéfices attendus sont similaires : une réduction significative des émissions de CO<sub>2</sub> et, à plus long terme, une meilleure rentabilité du système local de production-stockage-consommation d'énergie. Le budget total du projet s'élève à 7,2 millions d'euros, dont 60 % de subventions européennes.

### Des outils de pilotage intelligent

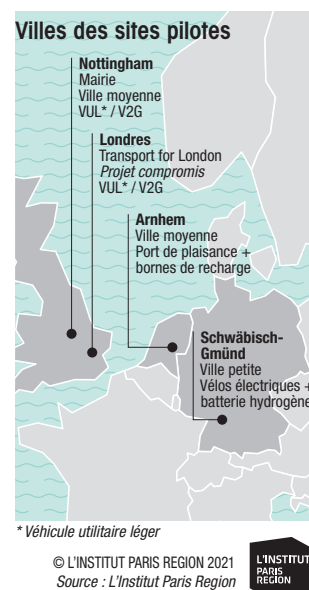
L'Institut de science et de technologie du Luxembourg (List), l'un des partenaires du projet, assisté de la société néerlandaise Open Remote, développe la solution de pilotage intelligent dans le cadre de CME. Ce programme, appelé iEMS (interoperable energy management system, ou système interopérable de pilotage de l'énergie), intègre un module de prédiction de la production d'EnR en tenant compte des données météorologiques. En France, le Centre d'enseignement et de recherche en mathématiques et calcul scientifique (Cermics) réalise également des travaux de modélisation sur la thématique des *smart grids*. Le pilotage de la charge dépend du caractère intermittent et donc aléatoire des EnR, auquel s'ajoute une forte variabilité de la demande, induite par la petite taille du réseau. Dans ce type de configuration aux données peu prévisibles, les outils de pilotage intelligent transforment une production a priori non flexible et dépendante des conditions météorologiques en une production flexible, en ajustant l'offre à la demande et en puisant, si besoin, l'électricité stockée dans les batteries, tout en maîtrisant le coût de l'ensemble du système. L'iEMS comprend des fonctions de gestion active de la demande, des fonctions d'écêtement<sup>2</sup> de la production d'EnR et de stockage pour équilibrer l'offre et la demande, des fonctions de suivi en temps réel grâce à un système de capteurs et des fonctions de prédiction.

Une grande partie des technologies *smart grids* existe, mais elle est fragmentée : convertisseurs de courant, solutions de stockage, technologie de l'information, compteurs intelligents, infrastructures de recharge... Le projet CME adopte une approche globale et intégrée de toutes ces solutions techniques via le système iEMS.

Ce système est en cours de déploiement dans les sites pilotes et adapté à leurs spécificités respectives. Une fois testé sur les quatre sites pilotes, et son efficacité et sa rentabilité prouvées à long terme, il est prévu que l'iEMS soit accessible en *open source* à d'autres porteurs de projets en Europe, afin de permettre une appropriation large de ce nouvel outil par tous les acteurs du secteur de l'électricité.

### Quatre villes pilotes

Les quatre projets pilotes sont mis en œuvre en parallèle, selon le plan suivant : conception, réalisation, application et test de l'iEMS, monitoring des performances, y compris les réductions de CO<sub>2</sub>,



### LE PROJET CME :

- Quatre sites pilotes prévus
- 7,2 M€ de budget total initial
- 60 % de subventions européennes



calculs de rentabilité et analyse du comportement des utilisateurs finaux.

À Arnhem, l'iEMS doit relier un grand parc solaire municipal avec un centre de stockage de batteries stationnaires, un port de maintenance de bateaux de croisière et le réseau de bornes de recharge de véhicules électriques accessibles au public.

À Nottingham, des panneaux photovoltaïques sont installés sur des toits de bâtiments municipaux. L'installation du site est complétée par un lieu de stockage d'énergie, des chargeurs bidirectionnels et des véhicules de service compatibles V2G utilisés par les agents de maintenance de la Ville.

Ayant pris du retard dans leur mise en œuvre, les sites de Londres et Schwäbisch-Gmünd seront juste cités ici. À Londres, il était prévu une production d'énergie solaire photovoltaïque dans un dépôt ferroviaire qui devait alimenter une flotte de véhicules électriques de maintenance capables de faire du V2G en réinjectant l'électricité dans le réseau de métro<sup>3</sup>. À Schwäbisch-Gmünd, des stations de vélos électriques en libre-service conçues avec des panneaux photovoltaïques permettront de recharger les batteries à hydrogène échangeables des vélos.

### L'évaluation des sites pilotes

Les différents sites pilotes font l'objet de deux évaluations : une évaluation de l'acceptabilité sociale du projet auprès des différentes catégories d'acteurs concernés, ainsi qu'une évaluation financière et environnementale. L'Institut Paris Region est chargé de réaliser ces évaluations et de mettre à disposition des éléments de retour d'expérience aux porteurs de projets souhaitant implanter à leur tour l'iEMS. Pour la première évaluation, les différents acteurs concernés par la mise en œuvre du projet (des conducteurs de véhicules électriques, en particulier) ont été interviewés au démarrage du projet pour juger de l'acceptabilité sociale du dispositif. Ils seront réinterrogés après quelques semaines d'utilisation du système de pilotage de l'énergie (iEMS). Ces retours d'expérience permettront des ajustements du programme iEMS, ou plus largement du projet CME, et d'aider à sa dissémination auprès d'autres porteurs de projets en Europe.

Pour la seconde évaluation, L'Institut Paris Region développe un calculateur baptisé Smarty pour déterminer le bilan financier et le bilan environnemental (bilan carbone) à moyen terme et à long terme d'un projet de *smart grid* couplé à une flotte de véhicules électriques. Cet outil « *business model* » permettra aux investisseurs, opérateurs et autres promoteurs de *smart grids* intéressés par la solution iEMS déployée dans le cadre du projet CME de choisir les meilleures options opérationnelles afin d'optimiser leur projet selon différents critères.

En entrée, le calculateur pourra utiliser par défaut des données fournies par les sites pilotes (la distance moyenne parcourue par un véhicule électrique, la taille du parc ou la tarification horaire, par exemple). Il intègre déjà un certain nombre de caractéristiques techniques des *smart grids* et des paramètres liés à la mobilité électrique.

A priori, le projet CME vise un objectif de réduction totale de CO<sub>2</sub> de 2 400 tonnes par an et une puissance supplémentaire d'énergie renouvelable d'environ 12 MW sur l'ensemble des sites pilotes<sup>4</sup> à partir de 2022. Le calculateur Smarty permettra de vérifier si cet objectif environnemental est atteint, et d'aider à la prise de décision et à la définition d'un « *business model* » pour l'iEMS. ■

**Frédérique Prédali, Dany Nguyen-Luong et Florian Tedeschi**  
département Mobilité et transports (*Dany Nguyen-Luong, directeur*)  
**Narjis Mimouni**, chargée de projets  
département Énergie Climat (*Christelle Inseguex, directrice*)  
**Adrien Le Franc** (Cermics)

1. Ou *micro-grids* lorsque le réseau est de très petite taille, constitué par exemple d'un seul bâtiment alimenté en photovoltaïque et de quelques véhicules électriques.  
2. L'écrêtement (ou commandabilité) est la capacité à adapter à la baisse le niveau de la puissance active des moyens de production d'EnR pour répondre aux besoins du système électrique.  
3. Ce site ne verra pas le jour dans le cadre du projet CME, étant donné la crise budgétaire que rencontre l'agence des transports londonienne chargée de sa mise en œuvre.  
4. À titre de référence, chaque Français émet en moyenne environ 11 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an (empreinte carbone incluse). La centrale thermique au charbon de Vitry-sur-Seine, fermée en 2015, avait une puissance de 500 MW.

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**  
Fouad Awada  
**DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION**  
Sophie Roquelle  
**RÉDACTION EN CHEF**  
Laurène Champalle  
**MAQUETTE**  
Jean-Eudes Tilloy  
**INFOGRAPHIE/CARTOGRAPHIE**  
Sylvie Castano

**MÉDIATHÈQUE/PHOTOTHÈQUE**  
Inès Le Meledo, Julie Sarris  
**FABRICATION**  
Sylvie Coulomb  
**RELATIONS PRESSE**  
Sandrine Kocki  
33 (0)1 77 49 75 78

**L'Institut Paris Region**  
15, rue Falguière  
75740 Paris cedex 15  
33 (0)1 77 49 77 49  
  
ISSN 2724-928X  
ISSN ressource en ligne  
2725-6839



## RESSOURCES

- « Valorisation socio-économique des réseaux électriques intelligents » RTE, juillet 2015.
- Florian Tedeschi et Frédérique Prédali « La recharge des véhicules électriques en Île-de-France - état des lieux et perspectives », L'Institut Paris Region, avril 2020.
- Marie-Laure Falque-Masset, Lionel Guy et Sandra Garrigou, « Les *smart grids* au service de la transition énergétique », *Note Rapide*, n° 805, L'Institut Paris Region, mars 2019.

### Pour suivre le projet, rendez-vous sur :

[www.en.institutparisregion.fr/know-how/mobility/cleanmobileenergy-an-interreg-north-west-europe-project.html](http://www.en.institutparisregion.fr/know-how/mobility/cleanmobileenergy-an-interreg-north-west-europe-project.html)

Cette Note rapide est la première d'une série de trois sur le projet européen CleanMobilEnergy (CME) : elle décrit ce projet. La deuxième traitera de l'outil de pilotage intelligent et la troisième présentera un bilan du projet.

