

# Les transports électriques en France : un développement nécessaire sous contraintes

**L**e soutien du gouvernement au développement des modes de transport électriques est fort et pérenne : en attestent le Grenelle de l'environnement, et plus particulièrement la Loi Grenelle 1 votée en juillet 2009, le plan Véhicule électrique annoncé par le président de la République lors du Salon de l'automobile à l'automne 2008, la Stratégie nationale de déploiement des infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides lancée en février 2009, ainsi que le Plan de relance du secteur automobile<sup>1</sup>. **Les transports électriques présentent de nombreux atouts environnementaux et aident les transports à s'affranchir de la dépendance au pétrole.** En termes d'émissions de gaz à effet de serre, le développement des transports électriques à grande échelle, couplé à des mesures de réduction

de la demande de transport, de transfert modal et d'amélioration des performances des véhicules, est indispensable pour mettre les transports individuels de personnes sur la voie d'objectifs ambitieux comme le «facteur 4» à l'échelle française et le «facteur 2» à l'échelle mondiale. Les grands objectifs de développement annoncés doivent cependant faire l'objet d'une analyse en termes d'impact sur le système de production électrique afin d'en évaluer les conséquences sur l'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>. Ce vingt-et-unième numéro de *Stratégie & études* présente une première analyse de l'ADEME sur les conditions optimales de développement des transports électriques en France en liaison avec la production électrique telle qu'elle est envisagée aujourd'hui. Il ressort de cette analyse les principaux points suivants :

1. Un objectif de 100 000 véhicules électriques répartis dans les flottes publiques et celles des principaux groupes français est annoncé.

**La lettre ADEME & vous - Stratégie & études est une lettre d'information régulière destinée aux décideurs du monde de l'environnement et de l'énergie, partenaires et contacts de l'ADEME. Chaque numéro est consacré à la présentation d'un sujet à vocation stratégique, économique ou sociologique : recherche et études, travaux de synthèse, propositions dans l'un des domaines de compétences de l'Agence. L'objectif est de faciliter la diffusion de connaissances et d'initier réflexions et débats.**

- 
- Le développement des transports ferrés électriques est une alternative toujours intéressante aux autres modes de transport pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Ils sont donc à privilégier.
  - À l'horizon 2020, l'intégration d'un million de véhicules électriques dans le parc ne poserait pas de problèmes majeurs si une gestion intelligente de la charge est assurée et si le niveau de consommation est faible. Ce développement doit se faire dans des conditions permettant des émissions inférieures aux véhicules thermiques à cet horizon.
  - À un horizon plus lointain, plus de 4 millions de véhicules électriques sont positionnables, sous réserve du respect des engagements du Grenelle, au vu des capacités moyennes non carbonées envisagées pour l'instant à cet horizon (8 GW en puissance instantanée et 60 GWh en énergie quotidienne), avec cependant la difficulté de gérer certains jours de pointe. Les progrès envisagés sur les véhicules à cet horizon peuvent permettre d'augmenter ce nombre.
  - Pour les particuliers, la « charge intelligente » (lente et en période creuse) devra être privilégiée, et la charge rapide exceptionnelle. La tarification de ces deux types de charge devra être fixée en conséquence.
- 

## Un important programme de soutien au développement de transports électriques en France

Dans le cadre de la Loi Grenelle 1, la France s'est dotée d'objectifs ambitieux en matière de développement des transports électriques. Pour les transports ferrés, il est prévu de quasiment doubler la part du fret ferroviaire, de doubler le réseau des lignes à grande vitesse et le trafic interurbain, d'accroître de 25 % en région parisienne et de multiplier par 6 en province les infrastructures de transport en commun en site propre.

Pour les véhicules électriques, un important plan de soutien est mis en place par le gouvernement français. Ainsi, le Plan de relance du secteur automobile, dans le prolongement du plan véhicules « décarbonés » présenté par le président de la République lors du dernier Mondial de l'automobile à Paris, prévoit la mobilisation de prêts pour un montant maximum de 250 M€ pour participer au financement de programmes de recherche et développement collaboratifs sur les véhicules électriques. Un des objectifs majeurs est de faire émerger en France une filière pour les batteries et la chaîne de traction.

“ La stratégie nationale pour le déploiement des infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides évoque 100 000 véhicules à l'horizon 2015. ”

De plus, afin d'accompagner la multiplication des initiatives industrielles sur ces sujets, la dotation du fonds démonstrateurs de l'ADEME consacrée aux projets de recherche véhicules électriques et hybrides vient d'être augmentée de 50 M€. Onze projets ont déjà été instruits pour un montant d'aide de 57 M€.

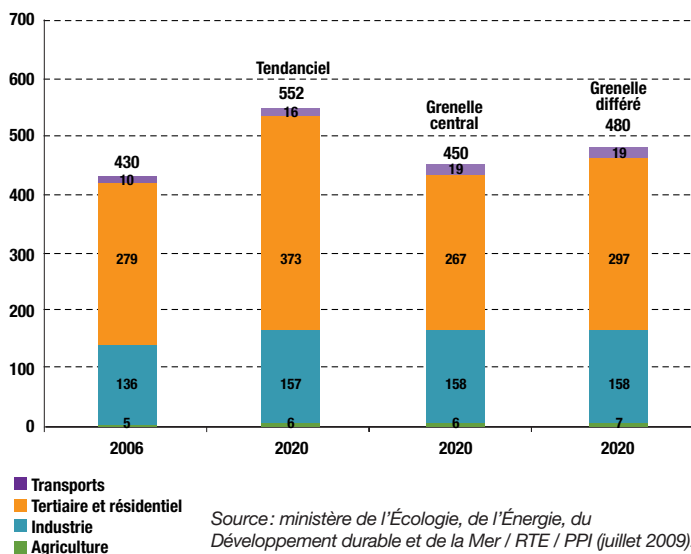
La Stratégie nationale pour le déploiement des infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables évoque 100 000 véhicules à l'horizon 2015 (objectif réparti dans les flottes publiques et celle des principaux groupes français) afin de lancer le marché.

**Le développement des transports électriques devrait permettre de réduire la pollution urbaine et le bruit, et sous certaines conditions les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur des transports. Avec leurs contraintes propres, ces modes de transport doivent cependant s'intégrer dans l'équilibre offre-demande du système de production d'électricité de manière judicieuse pour présenter le meilleur bilan environnemental et le moins de contraintes techniques sur le réseau électrique.**

## Un développement à intégrer dans le cadre d'un parc de production électrique en 2020 relativement figé

Les évaluations réalisées dans le cadre de la Planification pluriannuelle d'investissements (PPI) de 2009 fournissent des indications sur l'évolution de la structure de production qui permettra à cet horizon de répondre aux besoins de consommation. Ces estimations tiennent compte de la mise en œuvre des mesures prévues dans la loi Grenelle 1 en matière d'efficacité énergétique pour le scénario Grenelle central. Le scénario Grenelle différé correspond à l'hypothèse d'un retard dans la prise en compte des objectifs du Grenelle et dans l'application des mesures prévues (*graphique 1*).

## Graphique 1 : Consommation finale d'électricité en TWh en 2020 par scénario : tendanciel, Grenelle et Grenelle différé



Ainsi, les travaux de modélisation réalisés par le MEEDDAT avec le RTE identifient une baisse prévisible de consommation de 18 % en 2020 par rapport à la tendance, soit l'équivalent d'environ 100 TWh économisés. Parallèlement, la production d'électricité par les énergies renouvelables augmenterait de 30 %, ce qui permettrait en partie de compenser la baisse programmée de la production des moyens thermiques<sup>2</sup>, et donc de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de la production d'électricité. Ces chiffres ne rendent cependant qu'en partie du développement de la demande électrique des transports (un million de véhicules électriques en 2020) et ne prennent pas en compte les dynamiques, notamment après 2020.

Il est difficile de faire l'hypothèse que le parc de production d'électricité sera systématiquement

adapté à la demande. En ce qui concerne les véhicules électriques, la contrainte n'est vraisemblablement pas du côté du volume de cette nouvelle demande mais du côté de la puissance appelée. En effet, l'autonomie des véhicules électriques pourrait impliquer pour certains usagers des recharges fréquentes, notamment dans des périodes de pointe.

### Le développement des transports ferrés électriques : un avantage environnemental comparatif incontestable

Afin de mesurer les avantages réels mais aussi les éventuelles contraintes sur l'équilibre offre-demande du système électrique que présenterait le développement des transports électriques, l'ADEME a estimé l'impact maximal de ce développement en termes de quantité d'électricité à produire et de puissance à mobiliser. Cette estimation a été faite d'une part pour les transports ferrés, et, d'autre part, pour le véhicule électrique.

“ L'efficacité en émissions de CO<sub>2</sub> par voyageurs.km ou tonne.km des transports ferroviaires par rapport aux autres modes est incontestable. ”

Les consommations des transports ferrés (train à grande vitesse, transports en commun en site propre, fret, voyageurs interurbains) ont été évaluées avec les hypothèses de développement présentées dans le projet de Loi Grenelle 1. Les ratios de consommations énergétiques actuels ont été projetés à l'identique (ce qui sous-tend l'hypothèse d'une stabilité des taux d'occupation, des taux de chargement et des niveaux semblables de consommation du matériel roulant). La consommation électrique supplémentaire est évaluée à 12,5 TWh en 2020 (cf. tableau 1).

L'impact en termes de puissance maximale appelée peut être significatif et amener à des pointes de consommation liées aux transports ferrés de plus de 3,5 GW, contre 1,7 actuellement.

Aujourd'hui, le contenu en CO<sub>2</sub> du kWh pour les transports ferroviaires est faible, puisqu'il est considéré en base (40 g CO<sub>2</sub>/kWh)<sup>3</sup>.

Pour l'horizon 2020, il a été pris, comme hypothèse défavorable aux modes ferroviaires, que les besoins en puissance supplémentaire pourraient

**Tableau 1 : Prévisions maximalistes des consommations électriques des transports ferrés**

Consommation électrique TWh							
Fret		TCSP*		LGV*		Autres circulations ferrées	
2007	2020/2030	2007	2020/2030	2007	2020/2030	2007	2020/2030
2	4,2	2,5	9	3,4	7	2,5	2,7

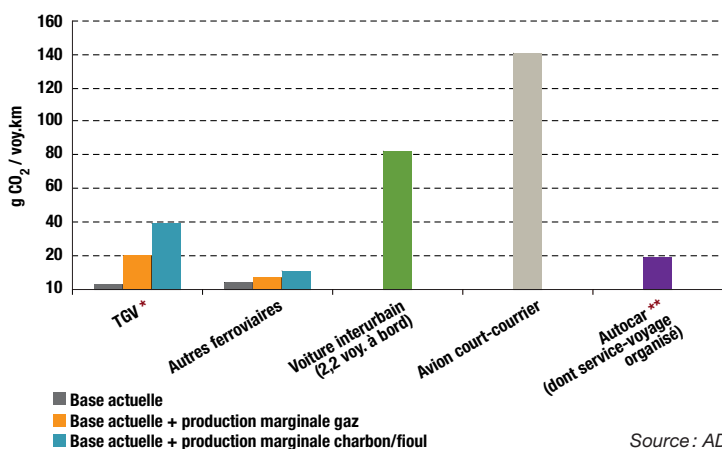
Consommation électrique : opérateurs et RTE pour 2007, et ADEME pour prévisions.  
\* TCSP : transport en commun en site propre; LGV : ligne à grande vitesse.

2. Bien que l'on estime que la production d'électricité dans des cycles combinés gaz passerait de 4,9 TWh en 2006 à 23,6 TWh en 2020.

3. Note de cadrage sur le contenu CO<sub>2</sub> du kWh en France, Ademe-EDF, 2005.

## Évolution possible de la performance des modes ferrés électriques à l'horizon 2020

**Graphique 2: Émissions de CO<sub>2</sub> « du puits à la roue<sup>4</sup> » – Transport de voyageurs interurbain**

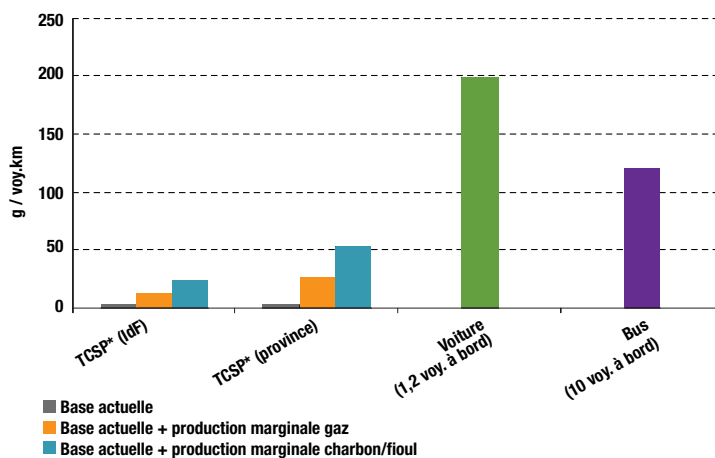


\* Train à grande vitesse.

\*\* Les services de voyage organisé ont des taux de remplissage proches de 100%. Ils sont aussi performants voire meilleurs que le TGV. En revanche, les services de liaison par autocar ne sont pas aussi performants que les modes ferrés électriques.

Source : ADEME

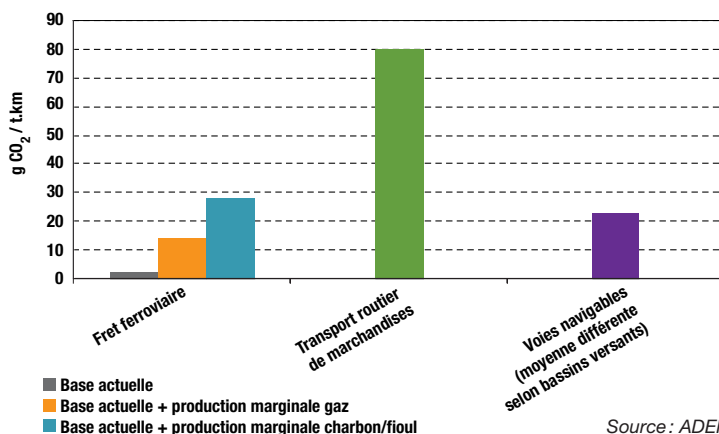
**Graphique 3: Émissions de CO<sub>2</sub> « du puits à la roue » – Transport de voyageurs urbain et périurbain**



\* TCSP: Transport en commun en site propre.

Source : ADEME

**Graphique 4: Émissions de CO<sub>2</sub> « du puits à la roue » – Transport de marchandises**



Source : ADEME

être couverts à partir de moyens thermiques, ce qui serait probablement le cas pour une partie de ces consommations en heure de pointe, mais très vraisemblablement pas pour la plupart des consommations, et notamment pas pour le fret dont la circulation s'effectue essentiellement la nuit avec de l'électricité en base.

Néanmoins, même en supposant que toutes les consommations nouvelles soient couvertes par des centrales gaz à cycle combiné (c'est-à-dire les capacités de puissance les plus développées actuellement) ou des centrales charbon (peu probable au vu des projets en cours mais pouvant correspondre à de la pointe ou à de l'électricité importée), l'efficacité en termes d'émission de CO<sub>2</sub>, par voyageur.km ou par tonne.km, des transports ferroviaires par rapport aux autres modes, reste incontestable (cf. graphiques 2, 3, 4).

Les modes ferroviaires présentent donc des atouts importants en termes de consommation énergétique et d'émissions de CO<sub>2</sub>. Leur développement significatif est donc à favoriser. Il faudra toutefois veiller à terme à profiter pleinement de leurs performances intrinsèques (consommation énergétique réduite, taux d'occupation de la demande électrique ne pose pas de problèmes majeurs sur le réseau électrique, ni de dérive trop importante du contenu CO<sub>2</sub> du kilowattheure appelé.

### Le véhicule électrique : un avantage environnemental certain en circulation urbaine et périurbaine

La motorisation électrique présente un avantage environnemental certain en circulation urbaine et périurbaine :

- > Un bien meilleur rendement énergétique que la motorisation thermique (couple maximum au démarrage et récupération possible de l'énergie au freinage) ;
- > Un fonctionnement silencieux ;
- > L'absence de rejets polluants au niveau du véhicule.

L'opportunité des véhicules électriques est intéressante sous réserve de respecter certaines contraintes techniques et socio-économiques.

4. L'expression « du puits à la roue » traduit le cycle sur lequel l'évaluation des consommations énergétiques ou émissions de CO<sub>2</sub> est observée. Ainsi, la partie de production et transformation d'énergie est prise en compte dans les comparaisons. Même si sur les étiquettes des véhicules actuels, seules les émissions du « réservoir à la roue » sont données, dans le cas des transports électriques, une telle approche est indispensable, étant donné que les émissions de CO<sub>2</sub> de la partie amont, du « puits au réservoir », concentrent la totalité des émissions.

## Encadré 1 : Véhicules électriques : technologies

À bord du véhicule électrique, l'électricité peut :

- > Soit être stockée via des batteries embarquées : c'est le véhicule électrique pur. Son autonomie dépend du type et de la quantité de batteries embarquées (actuellement de l'ordre de 100 à 200 km maximum) ;
- > Soit être une solution mixte, associant au sein d'un véhicule hybride une capacité de stockage suffisante pour permettre le fonctionnement du véhicule en mode électrique sur quelques kilomètres, principalement en ville, et un moteur thermique pour les longues distances : c'est l'hybride rechargeable.

Dans ce travail, l'expression « véhicules électriques » est employée indifféremment pour des véhicules « tout-électrique » ou « hybrides rechargeables ».

L'objectif étant ici d'observer l'impact des charges électriques ; la technologie utilisée importe peu. Environ un tiers du kilométrage des véhicules hybrides rechargeables est effectué en ville. Dans l'analyse qui suit, l'Ademe a considéré que 1 véhicule électrique = 3 véhicules hybrides rechargeables en terme de consommation électrique.

P. 5

Les travaux des groupes thématiques de travail de la « Stratégie nationale pour le déploiement des infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables » permettent de distinguer des usages relativement différents du véhicule électrique avec des

modèles de développement économiques tout aussi différents : flotte à usages prédictibles (entreprises), flottes à usages non prédictibles (véhicules partagés/ libre-service) et grand public. Le tableau suivant présente quelques alternatives de financement étudiées.

**Tableau 2 : Usages et financements envisagés du véhicule électrique**

	Financement possible de l'infrastructure de charge	Financement possible de l'électricité fournie
Flottes à usages prédictibles	Entreprise	Entreprise avec sous-comptage possible
	Salarié	Salarié, avec sous-comptage possible
Flottes à usages non prédictibles	Collectivité	Collectivité, et inclus dans la facturation globale du service
	Station-service	Sous-comptage possible pour utilisateurs
	Parc de stationnement	Sous-comptage possible pour utilisateurs
Grand public	Particulier	Particulier, inclus dans sa facture globale ou sous-comptage
	Entreprise (et possibilité de modèle intégré de location par exemple)	Entreprise avec sous-comptage possible
	Station-service	Sous-comptage possible pour utilisateurs

Source : groupe de travail Infrastructures de charge pour les véhicules électriques et hybrides

L'ADEME avait par ailleurs déjà entrepris en 2007 un travail de réflexion prospective sur la mobilité, à travers la « Feuille de route sur le couple véhicules particuliers / carburants » à l'horizon 2050 proposant des options pour répondre aux enjeux énergétiques et environnementaux dans les transports. Les résultats de ce travail ont permis de mettre en évidence la

pertinence d'un petit véhicule urbain. Ainsi, depuis fin 2008, le fonds démonstrateur de recherche a permis de soutenir les premiers projets dans le domaine des transports. Ces derniers devront permettre de répondre aux dernières questions d'ordre technique, économique et/ou organisationnel à l'aune des expérimentations en conditions réelles.

## La capacité de puissance électrique en base disponible en 2020 permet de positionner 4 millions de véhicules

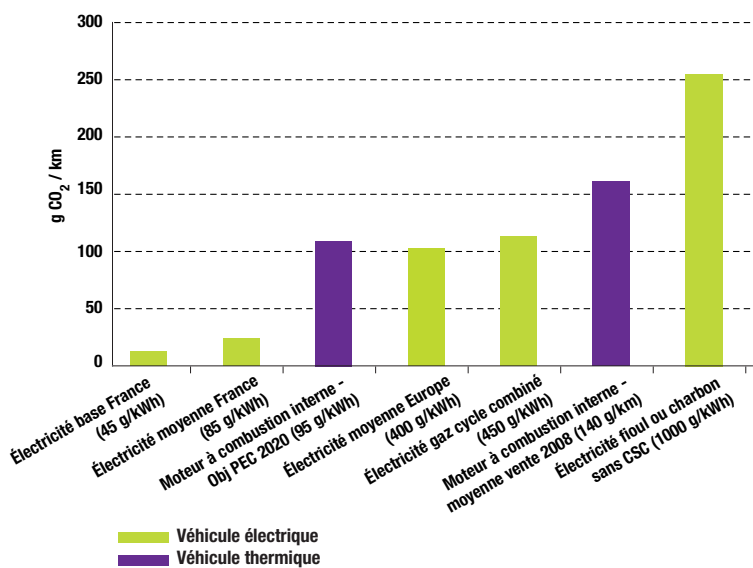
Les conditions de production de l'électricité nécessaires à la traction du véhicule électrique et, donc, à son autonomie, sont des points cruciaux pour s'assurer d'un avantage comparatif en termes d'émission de CO<sub>2</sub> du véhicule électrique sur son équivalent thermique.

En effet, concernant les émissions de CO<sub>2</sub>, à la différence des modes ferrés, les véhicules particuliers électriques ne présentent pas un bilan global, « du puits à la roue »<sup>4</sup>, systématiquement à leur avantage par rapport aux autres modes de transport, notamment par rapport au véhicule thermique.

En effet, si le véhicule électrique est nettement plus efficace énergétiquement que son équivalent thermique et produit donc moins de CO<sub>2</sub> à l'usage, il fait appel à une chaîne de production-distribution d'énergie qui est moins efficace énergétiquement : le facteur CO<sub>2</sub> de la production d'électricité est l'élément sensible.

Dès lors que la recharge des véhicules est réalisée à partir d'un mix électrique moyennement émetteur de CO<sub>2</sub> (400 g/kWh, soit environ la moyenne européenne aujourd'hui, moyenne qui devrait toutefois s'améliorer si les objectifs du PEC<sup>5</sup>, entre autres, sont respectés), le bilan du véhicule en émissions de CO<sub>2</sub> /km est proche des voitures de classe B actuellement (126 g CO<sub>2</sub>/km du « puits à la roue », contre 161 g/km pour la moyenne des ventes en 2008<sup>6</sup>) (cf. graphique 5).

Graphique 5 : Émissions de CO<sub>2</sub> « du puits à la roue » des véhicules électriques et thermiques



Source : ADEME

5. Paquet énergie climat : ensemble des directives européennes votées en décembre 2008 fixant les objectifs de lutte contre le changement climatique pour l'UE à l'horizon 2020. Il reprend l'objectif de 95 g CO<sub>2</sub>/km, c'est-à-dire 110 g/km avec les émissions du puits au réservoir en plus.

6. Les émissions considérées sont celles du milieu de la classe B (110 g CO<sub>2</sub> / km), auxquelles les émissions du « puits au réservoir » sont ajoutées (rendement de la filière de 87%). La moyenne des ventes en 2008 se situe à 140 g/km, du « réservoir à la roue », soit 161 g du « puits à la roue ». Toutes les émissions présentées sont les émissions d'homologation en usage mixte ; les émissions sont généralement plus élevées en ville et en usage réel.

7. Par non carboné, il faut entendre ici nucléaire, hydraulique et éolien, le solaire photovoltaïque n'ayant pas encore de contribution sur la production nocturne.

8. Il n'est pas tenu compte des exportations qui font que cette électricité est effectivement consommée aujourd'hui, même si la demande intérieure est inférieure à la production. Le caractère de « disponible » est donc abusif mais utilisé pour la démonstration. Pour faire un bilan complet en termes de CO<sub>2</sub>, il conviendrait de regarder avec quels moyens de production seraient couverts les besoins auxquelles les exportations répondent aujourd'hui.

Le développement massif de véhicules électriques et d'hybrides rechargeables pose ainsi deux questions importantes :

> Quelle serait la puissance électrique en base (bas contenu CO<sub>2</sub>) disponible la nuit, une fois les autres usages pris en compte ?

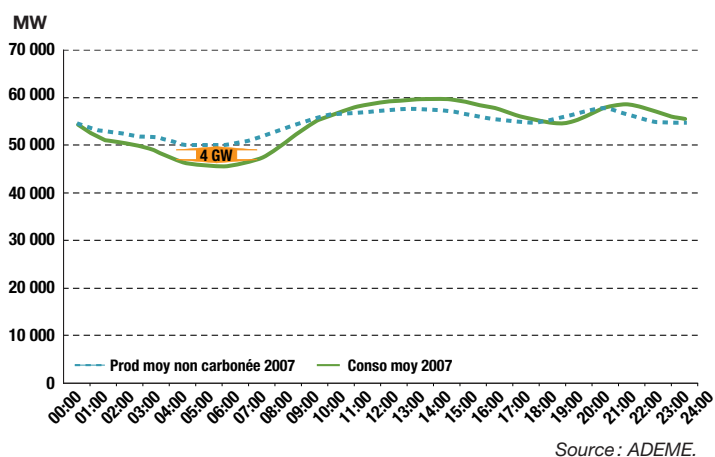
> Quand les contraintes d'utilisation du parc de véhicules imposent des recharges hors de ces périodes spécifiques, comment conserver un avantage comparatif sur le véhicule thermique ?

À l'horizon 2020, l'inertie du parc de véhicules en France (2 millions de véhicules neufs vendus par an, sur plus de 30 millions de véhicules légers) ne permettra pas d'imaginer un « raz-de-marée » de véhicules électriques. Si les options de développement évoquées dans les différents travaux en cours sont atteintes, ce sont un peu plus d'un million de véhicules électriques qui sont imaginables à cet horizon, soit environ 3 % du parc.

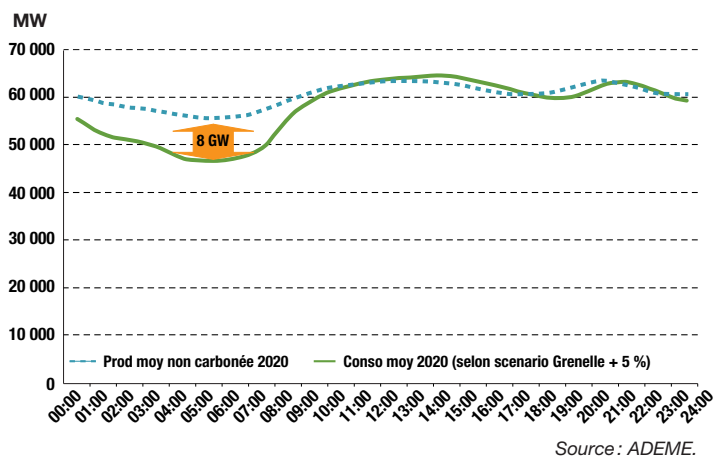
Pour répondre à la question de la capacité de charge de nuit, l'ADEME a évalué les capacités de puissance moyenne non carbonées<sup>7</sup> disponibles<sup>8</sup> pour recharger des véhicules électriques. Bien que limitées à une plage horaire réduite (de minuit à 7 h), les capacités actuelles représentent jusqu'à 4 GW (cf. graphique 6). Un parc d'un million de véhicules (correspondant à 3 GW de puissance appelée avec une charge lente nocturne), reposant déjà sur un développement important de la filière, peut être géré de manière intelligente avec les ressources en place.

À moyen terme, dans une approche dynamique à l'horizon 2020, considérant la hausse des consommations globales (Source : Évaluation Grenelle Observatoire de l'énergie) et le développement

## Graphique 6 : Production électrique non carbonnée – consommation en 2007



## Graphique 7 : Production électrique non carbonnée – consommation à l'horizon 2020



9. La PPI précise que toute latitude doit être laissée à l'ASN pour se prononcer sur le prolongement des tranches nucléaires en fin de vie. Les tranches de Fessenheim 1&2 (1,7 GW) et Bugey 2&3 (1,8 GW), mises en service en 1980, auront atteint leur durée de vie initiale de 30 ans en 2010.

Une prolongation de 10 ans repoussera l'échéance de leur fin de service à 2020, l'Autorité de sûreté nucléaire devra en tout état de cause se prononcer autour de 2010.

10. La « journée moyenne » caractérise les données annuelles moyennées (365 jours). Elle est peu pertinente pour une analyse fine de l'équilibre offre-demande en puissance à un instant t, mais vise à donner des ordres de grandeur des capacités disponibles, qui pourront donc être parfois plus restreintes et parfois plus importantes.

En hiver, la puissance moyenne journalière appelée peut être sensiblement plus élevée du fait de la spécificité française d'équipement en chauffage électrique. La situation sera donc d'autant plus tendue et complexe à gérer sur des périodes de froid important. Ainsi, sur l'année 2007, ce sont plus de 50 jours répartis sur 6 mois « d'hiver » pendant lesquels la consommation fut supérieure à la production, entre minuit et 7 h, donc autant de jours où de l'électricité a été importée avec un contenu CO<sub>2</sub> conséquent.

11. Le record historique de consommation électrique sur le réseau français a été de nouveau franchi au cours de cet hiver 2009 avec 92,4 GW, le 7 janvier à 19 heures.

d'énergies renouvelables, principalement d'éoliennes (25 GW de puissance installée. Source: Comop 10), on devrait disposer de capacités supplémentaires non carbonnées en période nocturne pouvant aller jusqu'à 8 GW<sup>9</sup>. L'efficacité énergétique du transport ferré par rapport aux autres modes étant bien meilleure, les capacités électriques non carbonnées sont « affectées » de manière privilégiée à ces modes de transport plutôt qu'aux véhicules électriques.

Néanmoins, les capacités nocturnes non carbonnées, pour une journée moyenne<sup>10</sup>, ne seraient que faiblement affectées par le développement des transports ferroviaires (passage de 9 GW à 8 GW disponibles, soit 60 GWh environ – cf. graphique 7). Les capacités de recharge lissées entre minuit et 7 h sont équivalentes à **plus de 4 millions de véhicules, flotte qui ne sera pas atteinte à l'horizon 2020, même dans les scénarios les plus volontaires de développement**. Les économies de CO<sub>2</sub> associées à 4 millions de véhicules, avec les hypothèses les plus favorables – mix de production non carbonné –, pourraient être d'environ 6 Mt annuelles.

## Une charge intelligente systématique et un niveau de consommation efficient doivent être recherchés pour le véhicule électrique

Les recharges « flash », de quelques dizaines de minutes, sont à éviter car elles créent de forts appels de puissance, très probablement en cours de journée, ce qui constitue une contrainte supplémentaire forte sur le réseau électrique.

Ainsi, si 50 000 véhicules électriques venaient à solliciter simultanément une recharge rapide (40 kW de puissance), c'est l'équivalent de 2 GW qui seraient sollicités avec une réactivité à laquelle uniquement des moyens thermiques à flamme permettraient de répondre (ou des centrales hydrauliques mais dont les capacités sont aujourd'hui déjà mobilisées).

En période de grand froid, ces pointes de consommation rendraient la gestion du réseau de transport encore plus complexe<sup>11</sup>.

Cela se traduirait par des émissions significatives de CO<sub>2</sub>, soit liées aux productions de centrales thermiques sur le territoire français, soit faisant appel à de l'électricité importée carbonnée.

D'autre part, si le véhicule électrique doit se développer, cela ne pourra qu'être *a minima* à l'échelle européenne (dont le mix de production est nettement plus carbonné, environ 400 g CO<sub>2</sub>/kWh).

**Il est donc nécessaire d'agir à la fois sur la performance intrinsèque du véhicule électrique en recherchant le niveau de consommation le plus bas possible (cf. encadré Focus) et d'autre part de se donner les moyens de gérer de manière intelligente la charge du véhicule électrique.**

Au vu de leur performance énergétique et environnementale, les transports en commun ferrés, urbains et interurbains, sont à privilégier dans les développements des transports. Ensuite, tenant compte des contraintes du contenu CO<sub>2</sub>/kWh, les véhicules électriques légers à travers, dans un premier temps, les flottes captives et les services de voiture partagée, peuvent tenir un rôle important. Pour ces deux usages, il ne sera pas aisé de réaliser des charges en périodes nocturnes, notamment pour les services de voiture partagée. Un système d'échange de batteries pourrait être une solution, mais le niveau de consommation des véhicules électriques se doit d'être bas afin de conserver un

avantage comparatif quel que soit le moment de charge pour ces usages contraints. Le petit véhicule urbain trouverait ici toute sa légitimité. Pour les particuliers, le troisième usage des véhicules électriques amené à se développer, la « charge intelligente nocturne », devra être la norme, et la charge rapide ne présenter qu'un moyen de répondre à un besoin exceptionnel. Outre l'infrastructure de charge qui devra être adaptée à ces besoins, la tarification des types de charge devra donc être fixée en conséquence. Les onze projets de recherche sur les véhicules décarbonés soutenus par le Fonds démonstrateur de l'ADEME s'inscrivent d'ailleurs dans cette réflexion.

## Encadré 2 : Focus

Deux recommandations sont proposées par l'ADEME, dans le cadre des travaux de la Stratégie nationale de déploiement des infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables lancée en février 2009, et du sous-groupe de travail « Modèles économiques » notamment.

Tout d'abord, à l'échelle européenne avec le mix électrique prévu à l'horizon 2020 (environ 400 g CO<sub>2</sub>/kWh), des **seuils de performance** des véhicules électriques sont à respecter afin que le véhicule électrique ne se trouve pas en situation plus défavorable du point de vue des émissions de GES que le véhicule thermique à cet horizon. Avec un rendement de charge de 60 %, le véhicule ne doit pas consommer plus de 0,16 kWh/km ; pour un rendement de 95 % (batterie technologie lithium ion), le véhicule peut consommer jusqu'à 0,25 kWh/km (niveau de consommation des véhicules existants). Si les moyens de production à partir de charbon sans capture et stockage (CSC) se développaient

de manière conséquente, notamment pour répondre aux nouveaux besoins des véhicules électriques, les seuils de performance devraient alors être de 0,07 kWh/km (pour un rendement de charge de 60 %) et 0,10 kWh/km (avec des rendements de charge de 95 %). Ces derniers seuils, les plus exigeants, peuvent donc être considérés comme des seuils « sans regrets », où le véhicule électrique se positionne toujours meilleur que le véhicule thermique en termes d'émission de CO<sub>2</sub>. En outre, l'efficacité énergétique, au-delà des questions de CO<sub>2</sub>, permet de réduire le coût total de propriété (TCO) du véhicule, le coût à la tonne de CO<sub>2</sub>, les besoins en infrastructures de charge, les financements à mobiliser ainsi que les externalités et donc de trouver des convergences d'intérêts pour les différents acteurs. Ensuite, afin de ne pas amener des contraintes supplémentaires sur le réseau électrique, les charges intelligentes en période nocturne et avec une tarification adaptée doivent être favorisées.

contacts ALAIN MORCHEOINE – Directeur de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique

ÉRIC VIDALENC – Économiste au Service Observation Économie Évaluation



**ADEME & vous**  
www.ademe.fr

Cette lettre est diffusée gratuitement par voie électronique. Pour vous abonner, merci d'envoyer un mail à [strategie.etudes@ademe.fr](mailto:strategie.etudes@ademe.fr)

Adresse net : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) – rubrique Recherche Développement et Innovation/Stratégie et Orientation  
ADEME & Vous - BP 90406 - 49004 Angers Cedex 01 • **Directeur de la publication** : François Moisan •  
**Directeur adjoint de la publication** : Jean-Marie Bouchereau • **Rédacteur en chef** : Anne Chêne-Pezot ([anne.chene@ademe.fr](mailto:anne.chene@ademe.fr)) • SPÉCIFIQUE – [www.specifique.com](http://www.specifique.com)

N° ISSN : 1954-3794

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)