



Commission économique pour l'Europe**Comité des transports intérieurs****Groupe de travail des statistiques des transports****Soixante-treizième session**

Genève, 15-17 juin 2022

Point 7 c) de l'ordre du jour provisoire

**Collecte de données, évolution méthodologique
et harmonisation des statistiques des transports :
Statistiques des véhicules****Recharge des véhicules électriques :
analyse des émissions de CO₂****Note du secrétariat***Résumé*

Le présent document est une analyse provisoire réalisée par les secrétariats du Groupe de travail des statistiques des transports, du Groupe de travail de la pollution et de l'énergie, du projet d'outil de modélisation des futurs systèmes de transport intérieur (ForFITS) et du Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports. L'idée est d'étudier les émissions en temps réel associées à la recharge des véhicules électriques et d'évaluer les implications pour les politiques publiques. Elle s'appuie, à titre d'exemple, sur les données de la Grande-Bretagne sur la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité, demi-heure par demi-heure.

I. Cadre général

1. On dénombre aujourd'hui quelque 7 millions de véhicules électriques purs à batterie dans le monde¹, et la part des nouvelles immatriculations qu'ils représentent devrait augmenter considérablement à l'avenir. Beaucoup de pays ont déjà fixé une date pour l'arrêt définitif de la vente de véhicules à moteur à combustion interne neufs, et d'autres devraient leur emboîter le pas. Certains constructeurs automobiles ont également annoncé qu'ils cesseraient prochainement de vendre des moteurs à combustion interne et investissent massivement dans la technologie des véhicules électriques à batterie pour supprimer les émissions d'échappement. Bien que ces véhicules ne produisent aucun gaz polluant lorsqu'ils circulent, il faut de l'électricité pour les recharger, et la production de cette électricité entraîne des émissions de CO₂ dont la quantité varie selon la source d'énergie. D'après l'Initiative

¹ Agence internationale de l'énergie, Global EV Outlook 2021, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.



mondiale pour les économies de carburant², les voitures électriques produisent globalement moins d'émissions en circulation lorsque la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité est inférieure à 800 grammes de CO₂ par kWh (g/kWh). À l'échelle mondiale, la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité était en moyenne de 479 g/kWh en 2018, et pratiquement tous les pays sont en dessous de 800 g/kWh en moyenne annuelle. Les données sur l'intensité en carbone de la production d'électricité sont facilement accessibles en ce qui concerne la plupart des pays, mais il ne s'agit généralement que de moyennes annuelles, qui peuvent masquer d'importantes variations au cours d'une journée, d'une semaine, d'un mois ou d'une saison. Les véhicules électriques, qui sont écologiquement avantageux si l'on prend en compte leur intensité carbone annuelle moyenne, pourraient donc l'être encore plus lorsqu'ils sont rechargés au moment où l'intensité en carbone de la production d'électricité est la plus faible ou, inversement, moins lorsqu'ils sont rechargés lorsque l'intensité en carbone de la production d'électricité est la plus élevée. Il peut donc être très utile aux pouvoirs publics de connaître l'intensité en carbone en temps réel, non seulement pour surveiller et déclarer les émissions de CO₂ liées à la production d'électricité et pour les associer au secteur d'utilisation finale correspondant, mais aussi pour encourager les utilisateurs de voitures électriques à recharger leur véhicule au meilleur moment, lorsque la teneur en carbone de l'électricité est la plus faible. Le présent document porte sur la nécessité de surveiller les émissions des véhicules électriques en fonction du moment de la recharge et on y souligne l'incidence de la résolution temporelle sur le calcul des émissions associées à la recharge et l'incidence de l'heure de la recharge sur les émissions annuelles.

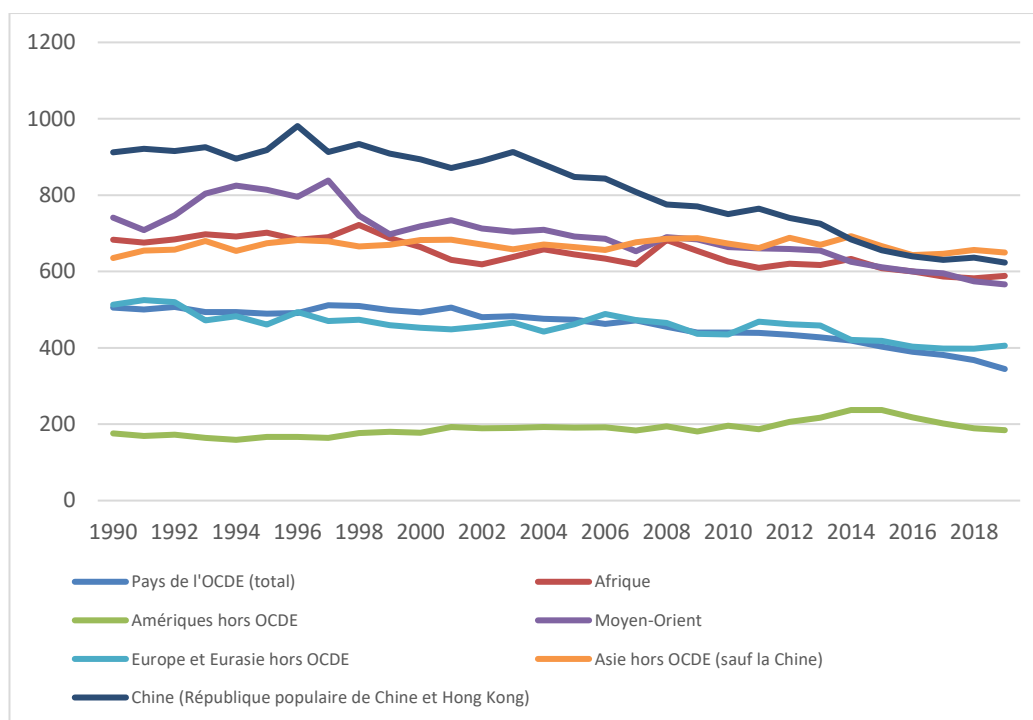
II. Bouquet énergétique et teneur en carbone

2. Selon les données de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les émissions mondiales de gaz à effet de serre provenant de la consommation de combustibles représentaient 34,2 Gt d'équivalent CO₂ en 2019, dont 8,2 Gt d'émissions de CO₂ directement associées aux transports. Dans beaucoup de pays ayant réduit leurs émissions de CO₂ ces dernières années, le secteur des transports est le seul dans lequel ces émissions ont effectivement augmenté.

3. Grâce aux efforts croissants de décarbonation de l'électricité, les émissions de CO₂ par kWh produit sont passées en moyenne, à l'échelle mondiale, de 537 g en 2000 à 479 g en 2018. De toutes les régions (telles qu'elles sont définies par l'AIE), c'est celle de la Chine qui a le plus réduit son la quantité de CO₂ émise par kWh (figure 1). Ce résultat est imputable à une production électrique faisant davantage appel à des sources d'énergie à émissions plus faibles ou nulles, par exemple en remplaçant le charbon par le gaz et des sources renouvelables.

² GFEI Working Paper, 2021, <https://www.globalfueleconomy.org/data-and-research/publications/gfei-working-paper-22>.

Figure 1
Quantité de CO₂ émise par kWh d'électricité produit, par région
 (selon la nomenclature de l'AIE)



Source : Agence internationale de l'énergie.

4. L'électricité est une énergie secondaire, produite à partir d'une source d'énergie primaire. Chaque source d'énergie primaire ayant une intensité en carbone différente, la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité à un moment donné dépend de la part relative des différentes sources. Au cours des dernières années, on a assisté au déploiement intensif de sources d'électricité renouvelables telles que le solaire ou l'éolien, qui ont une intensité en carbone plus faible que les autres sources.

5. La plupart des sources d'énergie renouvelables sont intermittentes et ne peuvent pas fournir de l'électricité en continu au réseau. Le solaire et l'éolien, par exemple, ne permettent de produire de l'électricité que lorsqu'il y a suffisamment de soleil ou de vent. Pour rendre compte précisément des émissions d'un appareil électrique, il faut donc pouvoir relier l'utilisation de l'électricité au moment où celle-ci a été produite, qui correspond à celui où le véhicule est branché au réseau pour être rechargé.

6. L'augmentation de la part des véhicules électriques dans le parc automobile entraînera une hausse de la demande d'électricité, mais pour éviter d'avoir à augmenter la capacité de production d'électricité il sera nécessaire de pouvoir recharger les véhicules électriques pendant les heures creuses ou aux moments où les sources intermittentes produisent en abondance de l'électricité à faible intensité en carbone. Bien qu'une part négligeable de l'électricité servant à recharger les véhicules électriques puisse être produite par des sources générant plus de carbone, dans le présent document, seul le bouquet énergétique instantané moyen est pris en compte.

III. Émissions de CO₂ en temps réel imputables à la production d'électricité : le cas de la Grande-Bretagne

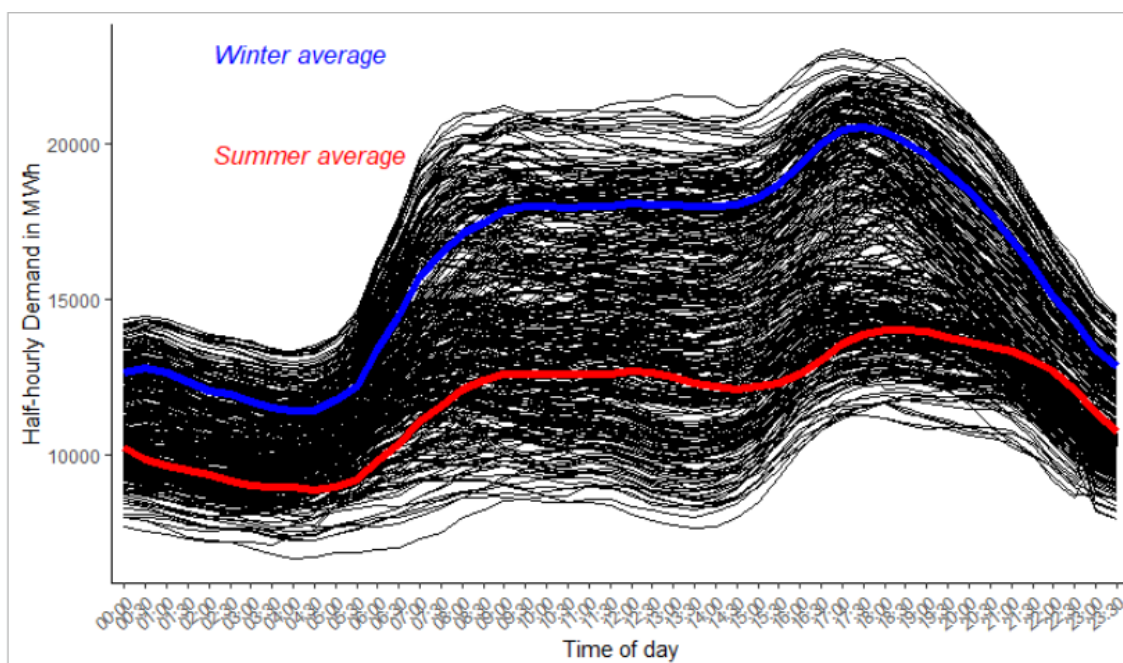
7. La plupart des exploitants du réseau électrique, également appelés gestionnaires de réseau de distribution, sont en mesure de déterminer la part relative des différentes sources d'électricité en temps réel dans leur réseau, et bon nombre d'entre eux publient ces données. C'est pour la Grande-Bretagne que la Commission économique pour l'Europe a trouvé la meilleure série chronologique. C'est donc à partir de ces données qu'elle a analysé la

réduction potentielle des émissions de CO₂ en fonction du moment et de la durée de la recharge des véhicules électriques. Certains sites Web tels que electricitymap.org permettent d'obtenir ces données à un niveau multinational, mais certaines des données et des méthodes employées sont parfois protégées. L'étude de cas ci-après porte donc uniquement sur la Grande-Bretagne.

8. Avant d'étudier l'intensité en carbone à proprement parler, il convient d'examiner les principaux facteurs qui influent sur les émissions de CO₂. La variation de la part des sources d'énergie renouvelable joue un rôle dans l'intensité en carbone, au même titre que celle de la demande de la part des utilisateurs. La figure 2 représente la demande quotidienne d'électricité en Grande-Bretagne en 2020, ainsi que les moyennes hivernale et estivale.

Figure 2

Demande quotidienne d'électricité en Grande-Bretagne et moyennes saisonnières (2020)

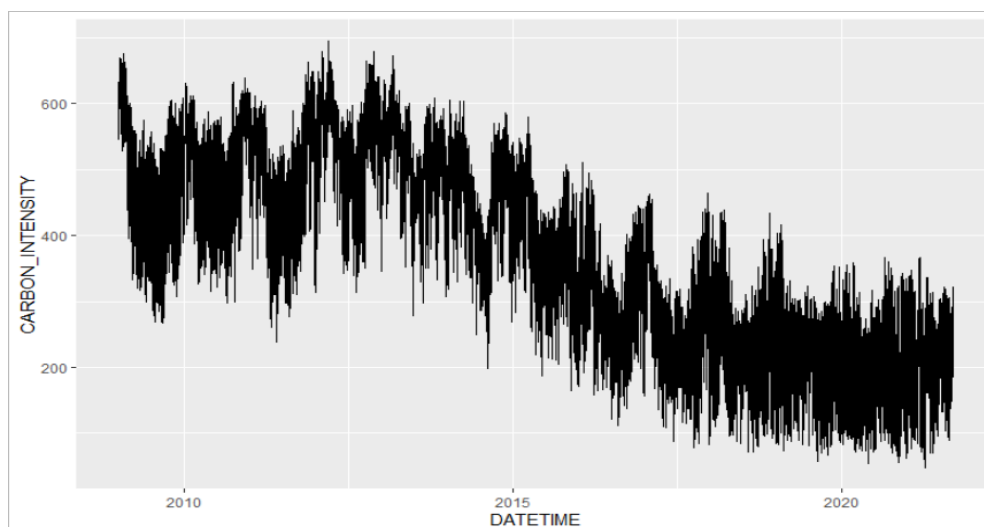


Source : National Grid.

9. Tout au long de l'année, après des valeurs basses pendant la nuit, la demande augmente fortement à partir de 5 h du matin, reste constante pendant la journée, de 8 h à 16 h environ, et atteint un pic le soir entre 16 h et 19 h. La moyenne estivale est toujours inférieure à la moyenne hivernale, quelle que soit l'heure de la journée, ce qui correspond aux besoins supérieurs en électricité pour le chauffage en hiver.

10. Pour continuer l'analyse, on dispose de la figure 3, qui montre l'intensité en carbone du réseau électrique britannique depuis le 1^{er} janvier 2009, demi-heure par demi-heure. On constate les progrès considérables obtenus en matière de décarbonation de la production d'électricité. Par exemple, en 2010, les émissions moyennes de CO₂ s'élevaient à 498,3 g/kWh, alors qu'en 2020, ce chiffre s'établissait à 192,3 g/kWh, soit une baisse de 61 %.

Figure 3
Évolution de la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité
en Grande-Bretagne (g/kWh)

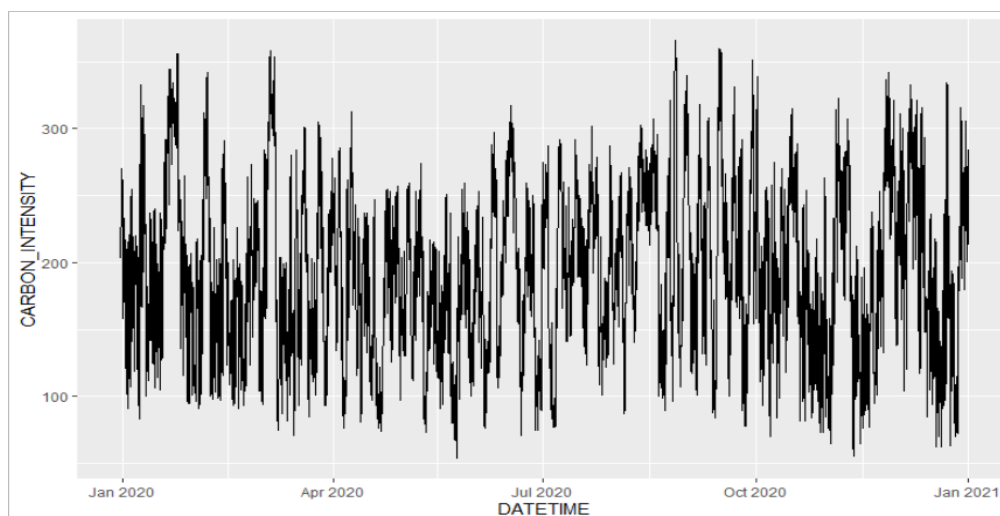


Source : National Grid.

11. Tout comme la demande d'électricité, l'intensité en carbone varie fortement en fonction de la saison : en moyenne, elle est environ 30 % plus élevée pendant les mois d'hiver que pendant les mois d'été. Ainsi, la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité est en moyenne de 332,5 g/kWh en juin, juillet et août, et de 405,6 g/kWh en décembre, janvier et février. Cette tendance semble toutefois s'atténuer au cours des dernières années, peut-être à cause du déploiement massif de l'énergie éolienne, qui a moins d'effets saisonniers.

12. Ensuite, afin de masquer les effets de la diminution des coefficients d'émission au fil du temps, une analyse demi-heure par demi-heure a été effectuée pour la seule année 2020. La figure 4 représente la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité demi-heure par demi-heure sur l'année entière. Ce graphique, aussi irrégulier soit-il, montre bien que même les pics les plus élevés enregistrés en 2020 sont inférieurs à la moyenne pour 2010 (498 g/kWh).

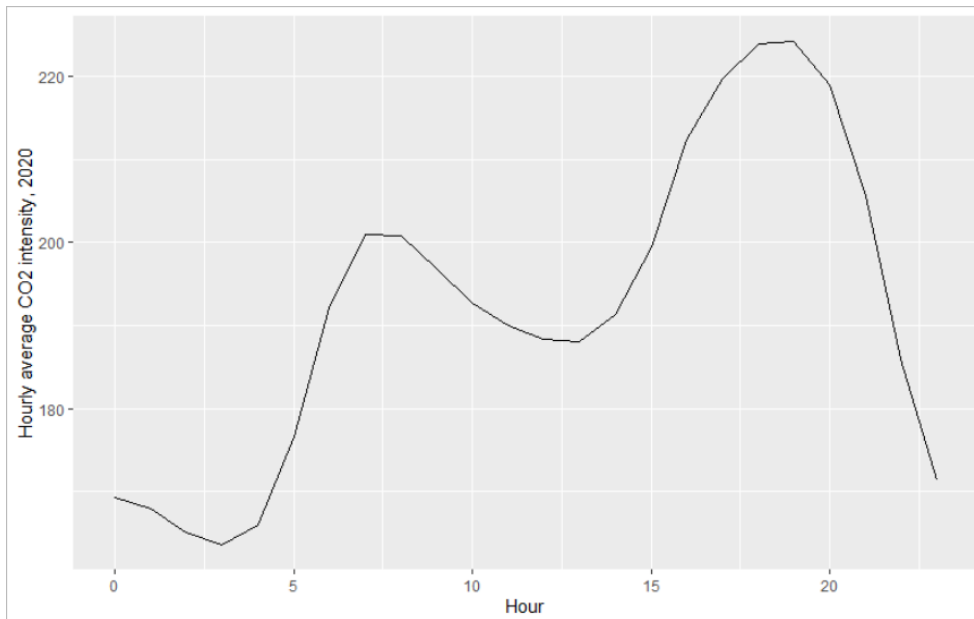
Figure 4
Quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité en Grande-Bretagne en 2020,
demi-heure par demi-heure (g/kWh)



Source : National Grid.

13. Par rapport à la moyenne annuelle pour chaque heure de la journée, il apparaît de manière évidente qu'il existe d'importantes différences en fonction de l'heure (figure 5).

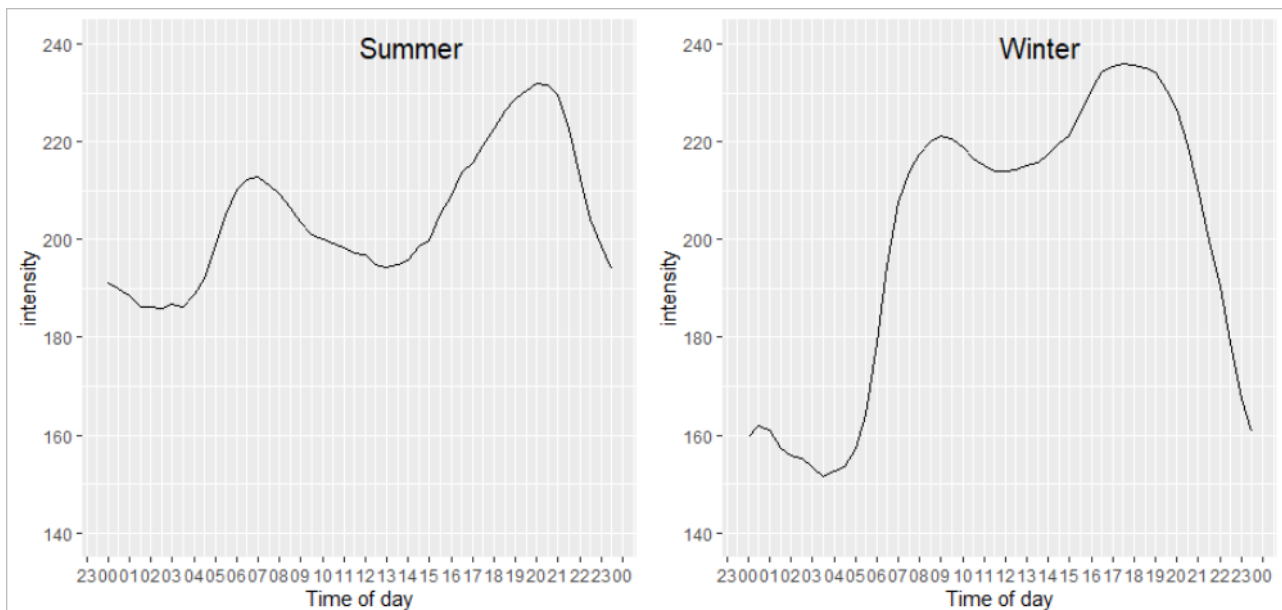
Figure 5
Quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité en Grande-Bretagne en 2020, en moyenne horaire (g/kWh)



Source : National Grid.

14. Cette analyse est approfondie dans la figure 6, où l'on distingue les moyennes horaires d'hiver (soit de décembre à février) et d'été (de juin à août) pour l'année 2020. En hiver, l'intensité en carbone atteint son maximum de 18 h à 19 h, ce qui correspond à l'heure du pic prévisible de la demande d'électricité en hiver (cela signifie qu'une part négligeable de l'électricité en Grande-Bretagne provient de sources générant plus d'émissions, comme le gaz naturel ou le charbon). En été, ce pic survient plus tard, après 20 h, et le creux de la demande pendant la nuit est beaucoup moins prononcé.

Figure 6
Intensité en carbone en Grande-Bretagne en 2020, tendances quotidiennes en été et en hiver



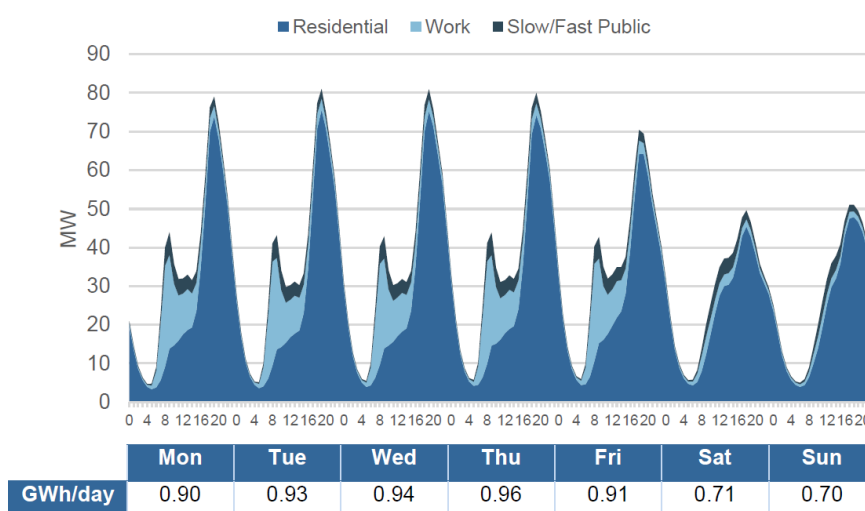
Source : National Grid.

IV. Habitudes en matière de recharge des véhicules électriques en Grande-Bretagne

15. D'après une enquête réalisée en 2017-2018 en Grande-Bretagne, le pic de la demande d'électricité pour la recharge des véhicules électriques survient l'après-midi ou en début de soirée, lorsque les propriétaires branchent leur véhicule chez eux au retour du travail (figure 7) ; comme cela a été montré plus haut, cela coïncide avec le moment où la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité est la plus élevée. Le potentiel de réduction du pic de la demande et des émissions de CO₂ serait donc considérable si les véhicules électriques pouvaient être rechargés à un moment où la quantité de CO₂ émise pour produire l'électricité est moindre, principalement pendant la nuit, ou lorsque la production d'énergie renouvelable est importante.

Figure 7

Profil de la demande d'électricité hebdomadaire moyenne pour la recharge des véhicules électriques en Grande-Bretagne



Source : Element Energy³.

16. Le pic de la demande pour la recharge des véhicules électriques semble donc être proche du pic de la demande d'électricité globale (si l'on compare les figures 2 et 7), ce qui démontre la nécessité de déployer des mesures d'incitation et des technologies qui contribueront à déplacer la recharge vers des plages horaires où la demande globale est moindre.

V. Déclaration des émissions et conclusion

17. Dans la plupart des études portant sur les émissions de carbone des véhicules électriques « de la source à la roue », celles-ci sont généralement déterminées à partir de la moyenne annuelle de l'intensité en carbone. La présente analyse montre que si l'on ne fait rien, il est probable que la recharge aura lieu lorsque l'intensité en carbone est à son maximum, c'est-à-dire pendant le pic du soir. Les émissions de CO₂ des véhicules électriques peuvent donc être sous-estimées, du moins dans le cas des réseaux électriques comme celui de la Grande-Bretagne, où l'intensité en carbone est plus élevée pendant le pic du soir, en particulier en hiver. La présente analyse préliminaire montre que les véhicules électriques consomment de l'électricité émettant en moyenne 192 g de CO₂ par kWh (moyenne pour 2020 en Grande-Bretagne), mais 364 g/kWh s'ils sont rechargés à la pire heure.

³ <http://www.element-energy.co.uk/wordpress/wp-content/uploads/2019/04/20190329-NG-EV-CHARGING-BEHAVIOUR-STUDY-FINAL-REPORT-V1-EXTERNAL.pdf>.

18. Recharger les véhicules électriques la nuit, pendant les heures où la demande est faible, permettrait de réduire considérablement les émissions. Le présent document ne constitue qu'une analyse préliminaire et le secrétariat devra poursuivre ces travaux dans le cadre de l'outil de modélisation des futurs systèmes de transport intérieur (ForFITS), afin de fournir davantage de données pour étayer l'hypothèse selon laquelle il est nécessaire de surveiller de près et de déclarer précisément les émissions en temps réel des véhicules électriques. Cela permettra aussi de montrer les avantages que pourrait apporter la mise en place de stratégies de recharge intelligente pour inciter les utilisateurs à recharger leur véhicule aux moments où la production d'électricité génère peu d'émissions de CO₂.
