

Annexe technique à la Note économique « Doit-on subventionner l'achat de voitures électriques? » publiée en novembre 2014

Plan de l'annexe

1. Calcul de la subvention annuelle pour la Norvège
2. Calcul des émissions de GES évitées pour la Norvège
3. Calcul de la subvention annuelle au Québec
4. Calcul des émissions de GES évitées pour le Québec
5. Coût d'évitement en incluant les émissions dues à la fabrication de la batterie
6. Calcul du bilan environnemental : Émissions de GES et consommation de pétrole
7. Analyse pour le scénario réaliste : calcul pour le scénario réaliste
8. Calcul des voitures électriques par habitant
9. Calcul des émissions dues à la fabrication d'une voiture électrique

1. Calcul de la subvention annuelle pour la Norvège

Afin de calculer le coût du soutien annuel que le gouvernement norvégien verse par voiture électrique, nous nous sommes basés sur les estimations d'un rapport pour *The committee on Climate Change*¹ qui évalue l'ensemble des incitations gouvernementales pour un véhicule d'une valeur de 46 515 \$ avant taxes. Ce montant est représentatif pour l'ensemble du parc automobile électrique, puisque la Nissan Leaf, véhicule avec la plus grande part de marché², se vend un peu plus de 40 000 \$ en Norvège³.

Pour le soutien initial à l'achat, il y a une exemption à la taxe sur la valeur ajoutée de 11 629 \$ ainsi qu'une exemption de la taxe à l'enregistrement de 8209 \$, pour un total de 19 837 \$. Pour

¹ Celine Cluzel *et al.*, *Pathways to high penetration of electric vehicles*, Element Energy Limited, préparé pour le comité sur les changements climatiques, décembre 2013.

² EV Norway, *What does the Norwegian EV market look like today?*

³ Bjart Holtsmark a, Anders Skonhoft, « The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries? », *Environmental Sciences & and policy*, vol. 42, 2014, p. 160 – 168; Banque du Canada, « Moyenne annuelle des taux de change » (Moyenne de 250 jours), Département des marchés financiers, 2013.

obtenir un coût annuel, on doit amortir ce montant sur la durée de vie utile d'une voiture électrique que nous avons estimée à 10 ans, avec un coût de capital de 5 %. L'annuité correspondante est de 2569 \$. Si la durée de vie utile du véhicule est de 15 ans, l'annuité est de 1911 \$.

À ce montant, on doit ajouter le coût du soutien à l'utilisation annuel. Ce dernier est constitué de l'exemption de la taxe sur les routes (657 \$) et sur les différents postes de péages (1245 \$) ainsi que des stationnements gratuits (854 \$). On obtient donc un soutien annuel total de 5234 \$ par année pour une durée de vie utile de 10 ans et de 4667 \$ pour une durée de vie utile de 15 ans.

2. Calcul des émissions de GES évitées pour la Norvège

Pour calculer les émissions évitées, nous émettons l'hypothèse que chaque kilomètre effectué par une voiture électrique va en remplacer un par une voiture conventionnelle. Cette hypothèse est très conservatrice puisque les sondages auprès des propriétaires norvégiens de voiture électrique indiquent que ces dernières constituent principalement une deuxième ou une troisième voiture⁴. Ceci implique qu'une fraction du kilométrage total parcouru se fait avec une voiture électrique et de ce fait, les tonnes de GES évitées nettes sont moindres que si la totalité du kilométrage était effectué à partir d'une voiture électrique.

Nous avons pris la cible européenne de consommation d'essence de 5.6 L/100 km⁵ (cible atteinte) pour déterminer les émissions annuelles de GES d'une voiture à essence. Compte tenu du fait que la consommation d'un litre d'essence émet 2,4 kg de GES⁶ et que les Norvégiens ont parcouru en moyenne 12 560 Km en 2013⁷, on peut déterminer que chaque voiture à essence norvégienne émet 134,4 g/km.

Comme la production d'électricité vient à plus de 97 % d'hydroélectricité⁸, le chargement des batteries des voitures électriques se fera en émettant une quantité négligeable de GES. On peut donc émettre l'hypothèse que chaque kilomètre parcouru par une voiture électrique va permettre d'éviter 134,4 g de GES.

Il est donc possible de calculer les émissions sauvées par voiture électrique à l'utilisation selon une durée de vie de 10 ou 15 ans. Nous calculons aussi les émissions évitées sur le cycle de vie complet de l'automobile, c'est-à-dire en incluant les émissions supplémentaires émises lors de la fabrication en incluant la batterie. Les batteries ont une durée de vie allant de 12 à 15 ans dans des climats modérés et de 8 à 12 ans dans des climats extrêmes. Comme la Norvège est un

⁴ Petter Haugneland et Hans Håvard Kvisle, *Norwegian electric car user experiences*, novembre 2013, p. 3.

⁵ Commission Européenne, Reducing CO₂ emissions from passenger cars.

⁶ Ressources naturelles Canada, Calcul des émissions annuelles estimatives de dioxyde de carbone.

⁷ Statistics Norway, Road traffic volumes, 2013, mai 2014.

⁸ US Energy Information Administration, « Norway Overview », avril 2014, p. 1.

pays nordique, les propriétaires de voiture électrique norvégiens devront nécessairement utiliser une deuxième batterie sur la durée de vie utile du véhicule⁹.

La construction d'une voiture conventionnelle génère 6,5 tonnes de GES comparativement à 13,7 tonnes de GES pour une voiture électrique¹⁰. Cet excédent de 7,2 tonnes de GES, qui s'explique principalement par les 5,2 tonnes de GES émises pour produire une batterie, a pour effet de réduire les tonnes de GES évitées nettes suivant l'intégration d'une voiture électrique sur la route.

Nous pouvons ensuite déduire le coût d'évitement d'une tonne de GES, pour l'utilisation d'une voiture électrique et sur son cycle de vie total. Le tableau suivant résume les résultats pour les différentes hypothèses en utilisant le kilométrage moyen d'une voiture électrique en Norvège (5721)¹¹. On peut constater que sur une durée de vie utile de 15 ans, le faible kilométrage parcouru par les propriétaires de voiture électrique ne permet pas de compenser les émissions supplémentaires de la production de la deuxième batterie.

Les 39 520 voitures électriques présentes sur les routes de la Norvège en novembre 2014¹² permettent d'éviter 30 387 tonnes de GES par année. La valeur marchande d'une tonne de GES sur la bourse du carbone européenne est de 7,84 \$¹³. On peut donc déduire que chaque voiture électrique permet d'éviter des émissions de GES d'une valeur de 6 \$ par année. Ces montants représentent la subvention justifiée par l'externalité positive liée à l'utilisation d'une voiture électrique.

⁹ Us Department of Energy, Benefits and Considerations of Electricity as a Vehicle Fuel, janvier 2013.

¹⁰ Voir section 9

¹¹ Statistics Norway, *op. cit.*, note 7.

¹² Grønnbil, EVs in Norge okt, 2014.

¹³ Il s'agit d'un prix moyen pour les 9 premiers mois de 2014. European Energy Exchange, « ECarbix History 2014 ».

Tableau 1 : Émissions de GES sauvées annuellement par voiture électrique et coût d'évitement pour la Norvège

	DVU 10 ans (1 batterie)	DVU 15 ans (1 batterie)	DVU 15 ans (2 batteries)
Subvention annuelle (\$)	5324	4667	4667
Émissions annuelles évitées à l'utilisation (tonnes de GES/an)	0,77	0,77	0,77
Coût d'évitement à l'utilisation (\$/tonne de GES)	6925	6069	6069
Émissions annuelles additionnelles dues à la fabrication de la batterie (tonne de GES)/an)	0,72	0,48	0,83
Subvention annuelle justifiée selon l'externalité estimée de l'utilisation d'une VE (\$)	6	6	6
Émissions annuelles évitées incluant la fabrication (tonne de GES/an)	0,05	0,29	-0,06
\$/tonne de GES pour cycle de vie complet	108 878	16 153	Économie négative
Subvention annuelle justifiée selon l'externalité estimée pour le cycle de vie complet de la VE (\$)	0,38	2,26	Économie négative

3. Calcul de la subvention annuelle au Québec

La subvention annuelle par voiture électrique au Québec est actuellement de 4000 \$ ou 8000 \$ selon la taille de la batterie. Il y a aussi une subvention de 50 % des frais d'acquisition et d'installation pour les bornes rechargeables jusqu'à concurrence de 1000 \$¹⁴. Pour évaluer l'annuité correspondant à la subvention, nous utilisons une subvention de 7720 \$ puisque 93 %¹⁵ des ventes québécoises de voitures électriques pour 2012 et 2013 ont eu droit à la subvention maximale de 8000 \$. Pour le coût de la borne résidentielle, nous avons utilisé la valeur marchande d'une borne Leviton 240 Volt (850 \$)¹⁶ à laquelle on rajoute deux heures de frais d'électricien (150 \$) et les taxes de vente provinciale et fédérale (150 \$). Le coût pour le gouvernement est donc de 575 \$ (50 % de 1150 \$).

L'annuité correspondant à une subvention de 8295 \$ (7720 \$ + 575 \$) sur une durée de vie utile de 10 ans est de 1074 \$. Étant donné le faible nombre de voitures électriques sur les routes du Québec aujourd'hui, nous émettons l'hypothèse que ce montant est insuffisant pour que la croissance des ventes soit assez importante pour atteindre un objectif de 300 000 voitures électriques tel que fixé par le *Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques* du gouvernement québécois¹⁷.

Nous estimons que la subvention nécessaire, qu'elle soit sous la forme d'une subvention directe ou d'une incitation fiscale, devrait être au moins l'équivalent de celle actuellement en vigueur en Norvège, seul pays où les ventes de voitures électriques permettent de croire qu'il pourrait y avoir d'ici quelques années un parc de voitures électriques d'une taille appréciable.

Toutefois, les prix des voitures électriques sont différents en Norvège et au Québec. Pour avoir une meilleure estimation du soutien offert en Norvège, il est utile de l'exprimer en proportion du prix du véhicule. Le soutien aux Norvégiens de 5234 \$ pendant 10 ans équivaut à un montant de 41 114 \$ au moment de l'achat du véhicule (avec un coût de capital de 5 %). Sachant que l'annuité a été calculée avec une voiture d'une valeur de 46 515 \$, on peut déterminer que la valeur du soutien est égale à 88,4 % du prix du véhicule.

La réaction des consommateurs à une variation de prix, donnée par l'élasticité, s'exprime en pourcentage du prix de vente. En postulant une élasticité identique au Québec et en Norvège, nous appliquons donc ce ratio de 88,4 % à la valeur moyenne du prix de base des deux voitures électriques les plus vendus au Québec (Volt : 38 895 \$ et Leaf : 31 798 \$). Nous en arrivons ainsi à un soutien à l'achat nécessaire au Québec de 31 242 \$. Ce montant correspond à une annuité de 4046 \$ pour une durée de vie utile de 10 ans ou de 3010 \$ pour 15 ans. Le support annuel devrait donc être bonifié de 2935 \$ (22 667 \$ en termes de support à l'achat initial).

¹⁴ Gouvernement du Québec, Québec roule à la puissance verte!

¹⁵ Calcul de l'auteur à partir des sources suivantes : Gouvernement du Québec, Québec roule à la puissance verte!; « De plus en plus de voitures électriques au Québec », *Radio-Canada*, 17 avril 2014.

¹⁶ Leviton, 240 Volt 32-Amp Home Charging Station for Indoor Installation, EVB55-P8F.

¹⁷ Gouvernement du Québec, *Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques*, 2011, p. 8.

4. Calcul des émissions de GES évitées pour le Québec

La consommation d'essence des voitures nord-américaines est plus élevée que celle des voitures européennes. De plus, le kilométrage parcouru par les Québécois est supérieur à celui de Norvégiens. Selon l'hypothèse où une voiture électrique remplace une voiture conventionnelle, ces deux facteurs vont permettre au Québec de réduire davantage les émissions de GES et, par le fait même, le prix par tonne évitée.

Pour trouver la consommation moyenne d'une voiture au Québec, nous avons obtenu la consommation moyenne d'un panier de treize voitures¹⁸, en présupposant que la conduite est de 55 % en ville et de 45 % en autoroute. Le tableau ci-dessous détaille le type de voiture ainsi que la consommation. Nous obtenons un résultat moyen de 8,2 L /100 km.

Tableau 2 : Consommation d'essence (L/100 km) pour un panier de 13 voitures

Voiture	Ville	Autoroute
Toyota Yaris	6,8	5,5
Ford Fiesta	6,9	5,1
Chevrolet Cruze	7,8	5,2
Honda Civic	7,2	5
Hyundai Sonata	8,7	5,6
Ford Fusion	9,5	6,6
Chevrolet Equinox	10,1	6,9
Subaru Forester	9,9	7,5
Ford Explorer	12,5	8,8
Honda Odyssey	11,7	7,2
Toyota Sienna	11,3	7,9
Dodge Grand Caravan	12,2	7,9
Ford F150	14	9,6

Pour calculer les émissions évitées grâce au remplacement d'un véhicule conventionnel par une voiture électrique au Québec, il faut tenir compte de la proportion de voiture totalement électrique et voiture hybride rechargeable. Contrairement au cas de la Norvège où la quasi-totalité des voitures électriques vendus sont des voitures tout électriques¹⁹, le Québec compte une forte proportion de voitures hybrides rechargeables. Pour 2013, 66 % des ventes ont été

¹⁸ Ressources naturelles Canada, Cotes de consommation de carburant.

¹⁹ Peter Mock et Zifei Yang, « Driving Electrification: A Global Comparison Of Fiscal Incentive Policy For Electric Vehicles », White paper, may 2013, p. 3.

des voitures hybrides rechargeables contre 34 % pour des voitures tout électriques²⁰. Nous émettons l'hypothèse que cette proportion va rester stable pour les ventes futures.

Cette proportion importe puisqu'il faut tenir compte de la différence d'émissions entre une voiture conventionnelle et une voiture tout électrique et aussi entre une voiture conventionnelle et une voiture hybride rechargeable. Cette différence dépend du nombre de kilomètres parcourus par un véhicule conventionnel remplacé par une voiture électrique. En 2011, un véhicule parcourait 15 681 km au Québec²¹.

Une voiture tout électrique qui remplace une voiture conventionnelle roulant 15 681 km/an avec une consommation d'essence de 8,2 L/km réduit les émissions de 3,09 tonnes de GES par année. Pour calculer l'évitement d'une voiture hybride rechargeable, nous avons utilisé les statistiques de 185 utilisateurs québécois de la Chevrolet Volt²², voiture hybride rechargeable la plus vendue. Ces derniers consomment 1,99 litre d'essence par 100 kilomètres. Le remplacement d'une voiture conventionnelle par une voiture hybride rechargeable permet donc d'éviter 2,34 tonnes de GES par année. Étant donné que la proportion de voitures hybrides rechargeables est de 66 %, nous pouvons déterminer que chaque voiture électrique sur les routes permet d'éviter en moyenne 2,59 tonnes de GES annuellement.

Le coût d'évitement à l'utilisation est donc de 1560 \$/tonne de GES pour 10 ans et de 1161 \$/tonne de GES pour 15 ans.

5. Coût d'évitement en incluant les émissions dues à la fabrication de la batterie

Les émissions dues à la fabrication d'une voiture tout électrique sont les mêmes que celles en Norvège, soit 13,7 tonnes de GES. Pour une voiture hybride rechargeable, il s'agit plutôt de 9,9 tonnes de GES (1,5 tonnes pour la batterie)²³. La construction d'une voiture conventionnelle produit 6,5 tonnes de GES. La fabrication d'une voiture tout électrique génère donc 7,2 tonnes de GES de plus qu'une voiture conventionnelle (3,5 pour une voiture hybride rechargeable). Avec la proportion des ventes québécoises de ces deux types de voitures, on calcule des émissions additionnelles pondérées de 0,48 tonnes de GES par année sur 10 ans et de 0,32 sur 15 ans. En émettant l'hypothèse qu'on devra changer la batterie sur une période de 15 ans, il s'agit plutôt de 0,64 tonnes de GES supplémentaires dues à la fabrication d'une voiture électrique.

²⁰ « De plus en plus de voitures électriques au Québec », *Radio-Canada*, 17 avril 2014.

²¹ Ressources naturelles Canada, Tableau de la Base de données complète sur la consommation d'énergie, janvier 2014.

²² *Volt Stats!*, Quebec Volt, Group Statistics.

²³ Marcello Contestabile *et al.*, « Electric Vehicles: A Synthesis of the Current Literature with a Focus on Economic and Environmental Viability », *LCAworks*, juin 2012, p. 5.

Le tableau suivant récapitule les calculs mentionnés-ci-haut en plus d'y indiquer les émissions annuelles de GES évitées (incluant la fabrication de la batterie) ainsi que le coût par tonne de GES évitée.

Tableau 3 : Émissions de GES sauvées annuellement par voiture électrique et coût d'évitement pour le Québec

Durée de vie utile	10 ans	15 ans (1 batterie)	15 ans (2 batterie)
Subvention annuelle (\$)	4046	3010	3010
Émissions annuelles évitées à l'utilisation (tonnes de GES/an)	2,59	2,59	2,59
Coût d'évitement à l'utilisation (\$/tonne de GES)	1560	1161	1161
Subvention annuelle justifiée selon l'externalité estimée de l'utilisation d'une VE (\$)	29,5	29,5	29,5
Émissions annuelles additionnelles dues à la fabrication de la batterie (tonne de GES/an)	0,48	0,32	0,64
Émissions annuelles évitées incluant la fabrication (tonnes de GES/an)	2,12	2,28	1,96
Coût d'évitement pour le cycle de vie complet (\$/tonne de GES)	1910	1323	1538
Subvention annuelle justifiée selon l'externalité estimée pour le cycle de vie complet de la VE (\$)	24	26	22

Note : les données étant arrondies, certaines additions ne sont pas exactement la somme des données indiquées dans le tableau.

La valeur marchande d'une tonne de GES sur la bourse du carbone de la *Western Climate Initiative* dont le Québec fait partie est d'environ 11,34 \$²⁴. On peut donc déduire que chaque voiture électrique permet d'éviter des émissions de GES d'une valeur de 29,5 \$ cette année. Ce montant représente la subvention appropriée, c'est-à-dire la subvention qui permet de refléter l'externalité positive liée à l'utilisation d'une voiture électrique.

Notons que l'aide annuelle nécessaire pour atteindre 300 000 voitures électriques de 4046 \$/an (pour 10 ans) correspond à une subvention à l'achat de 31 242 \$, ce qui revient à un coût de 1 560 \$ par tonne de GES évitée. Cela est 137 fois trop élevé comparativement au prix actuel des droits d'émission d'une tonne de GES sur le marché du carbone. La subvention actuelle de 8295 \$ (incluant le rabais à l'achat d'une borne électrique), qui nous semble insuffisante pour stimuler les ventes de façon significative, est quant à elle 37 fois trop élevée puisqu'elle correspond à un coût de 414 \$ par tonne de GES évitée.

6. Calcul du bilan environnemental : Émissions de GES et consommation de pétrole

Nous avons tout d'abord calculé le taux de croissance nécessaire pour l'inclusion de 300 000 voitures électriques sur les routes du Québec en 2024. Nous trouvons ensuite les émissions évitées en multipliant le nombre de voitures électriques à chaque année par les émissions évitées par voiture électrique (2,6 tonnes de GES). Le bilan environnemental de l'inclusion de ces voitures électriques est calculé en additionnant les émissions sauvées annuellement jusqu'à 2033, dernière année de la vie utile des véhicules introduits en 2023. Les 300 000 voitures électriques permettent d'éviter 7,8 millions de tonnes de GES sur l'ensemble de la période.

En appliquant le taux de croissance des émissions de GES du Québec entre 1990 et 2012 à la période 2013-2033 (-0,32 %), on arrive à la conclusion que l'inclusion de 300 000 voitures électriques permettrait d'éviter 0,5 % des émissions de GES. Pour l'année 2024, celle où il y aura 300 000 voitures électriques, et donc celle qui permet pleinement d'évaluer l'impact environnemental, on réussit à éviter 1,03 % des émissions de GES.

7. Analyse pour le scénario réaliste : calcul pour le scénario réaliste

Le kilométrage parcouru utilisé pour ce scénario est celui obtenu en utilisant la proportion du kilométrage annuel d'une voiture électrique en Norvège (5721) par rapport à une voiture conventionnelle (12 560), soit 46%. Les Québécois parcourraient donc 7218 kilomètres selon cette même proportion (46 % de 15 691).

²⁴ California Air Resources Board et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, « Avis sur le prix minimum d'une vente aux enchères CA-QC », septembre 2014, p. 1.

La consommation d'essence est diminuée pour ce scénario pour refléter le fait que les consommateurs décidant d'acheter une voiture électrique, le font en évaluant un panier d'autos substituables, donc en évaluant des voitures compactes avec une consommation d'essence relativement faible. Nous avons donc utilisé les quatre premiers modèles du Tableau 2, soit la Toyota Yaris, la Ford Fiesta, la Chevrolet Cruze et la Honda Civic, pour arriver à une consommation moyenne de 6,1 L/100 km. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Émissions de GES sauvées annuellement par voiture électrique et coût d'évitement pour le Québec (scénario réaliste)

Durée de vie utile	10 ans	15 ans (1 batterie)	15 ans (2 batterie)
Subvention annuelle (\$)	4046	3010	3010
Émissions annuelles évitées à l'utilisation (tonne de GES/an)	0,82	0,82	0,82
Coût d'évitement à l'utilisation (\$/tonne de GES)	4933	3670	3670
Subvention annuelle justifiée selon l'externalité estimée de l'utilisation d'une VE (\$)	9,3	9,3	9,3
Émissions annuelles additionnelles dues à la fabrication de la batterie (tonne de GES /an)	0,48	0,32	0,64
Émissions annuelles évitées incluant la fabrication (tonne de GES/an)	0,34	0,50	0,18
Coût d'évitement pour le cycle de vie complet (\$/tonne de GES)	11 816	6000	16 432
Subvention annuelle justifiée selon l'externalité estimée pour le cycle de vie complet de la VE (\$)	3,90	5,71	2,09

8. Calcul des voitures électriques par habitant

La population de la Norvège était de 5 109 056²⁵ habitants en date du 1^{er} janvier 2014. On y comptait 39 520 voitures électriques en octobre 2014²⁶, pour une proportion de 7,7 voitures électriques par 1000 habitants. Pour le Québec et le Canada nous avons utilisé les données de ventes de voitures électriques compilées par Matthew Klippenstein²⁷. Les ventes de voitures électriques y sont compilées par province jusqu'en juillet 2013 tandis que les ventes pour l'ensemble du Canada le sont jusqu'à octobre 2014. Nous avons postulé que la proportion des voitures électriques canadiennes provenant du Québec est restée la même en Octobre 2014 qu'en juillet 2013, soit 41 %. Sur les 9870 voitures électriques au Canada, il y en aurait donc environ 4047 au Québec. Avec une population canadienne de 35,5 millions et québécoise de 8,1 millions²⁸, il y a 0,28 et 0,5 voitures électriques par 1000 habitants respectivement.

9. Calcul des émissions dues à la fabrication d'une voiture électrique

Les émissions dues à la fabrication d'une voiture tout électrique varient entre 87 et 95 grammes de GES par km pour une voiture parcourant 150 000 Km. Nous avons utilisé la moyenne de 91 grammes pour arriver à un résultat de 13,7 tonnes de GES. La fabrication de la batterie est responsable à elle seule de 35 à 41 % des GES, soit 5,2 tonnes. La fabrication d'une voiture conventionnelle est plutôt de 43 grammes de GES par km, ce qui fait un total de 6,5 tonnes de GES²⁹.

Pour une voiture hybride rechargeable, la fabrication de la batterie nécessite de 6,5 à 13 grammes de GES par kilomètre pour un cycle de vie de 150 000 km. En utilisant la moyenne de 9,75 grammes, on obtient un total de 1,5 tonne de GES³⁰. En additionnant, ce montant aux 8,5 tonnes de GES émises par la fabrication d'une voiture tout électrique sans la batterie, on obtient un total de 9,9 tonnes de GES pour la fabrication d'une voiture hybride rechargeable.

²⁵ Statistics Norway, Population 1 January, 2014, février 2014.

²⁶ Gronnbil, *op. cit.*, note 12.

²⁷ GreenCarReports, Canadian Plug-in Electric Vehicle Sales.

²⁸ Statistique Canada, Population par année, par province et territoire; Institut de la statistique du Québec, *Le bilan démographique du Québec, Édition 2013*, décembre 2013, p. 5.

²⁹ Troy R. Hawkins *et al.*, « Comparative Environment Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 17, no. 1, 2012, p. 56 et 57.

³⁰ Marcello Contestabile *et al.*, *op. cit.*, note 23.