

Comparaison des coûts totaux de possession de véhicules électriques et conventionnels au Québec

Analyse financière pour les modèles
les plus en circulation au Québec



Rapport d'étude no 01 | 2021

COMPARAISON DES COÛTS TOTAUX DE POSSESSION DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET CONVENTIONNELS AU QUÉBEC

Analyse financière pour les modèles les plus en circulation au Québec

Charlotte DOUILLARD

Étudiante à la maîtrise en management et développement durable, HEC Montréal

Rapport d'étude réalisé sous la co-supervision de **Sylvain Audette**, professeur invité, Département de Marketing et associé à la Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal, et **Francis Gosselin**, consultant en management.

NOTE AUX LECTEURS

Les rapports d'étude de la Chaire de gestion du secteur de l'énergie sont des publications aux fins d'information et de discussion. Ils ont été réalisés par des étudiants sous la supervision d'un professeur. Ils ne devraient pas être reproduits sans l'autorisation écrite du (des) auteur(s). Les commentaires et suggestions sont bienvenus, et devraient être adressés à (aux) auteur(s).

À PROPOS DE LA CHAIRE DE GESTION DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE

La Chaire de gestion du secteur de l'énergie de HEC Montréal a pour mission d'augmenter les connaissances sur les enjeux liés à l'énergie, dans une perspective de développement durable, d'optimisation et d'adéquation entre les sources d'énergie et les besoins de la société. La création de cette chaire et de ce rapport est rendue possible grâce au soutien d'entreprises partenaires.

REMERCIEMENTS

L'équipe de la Chaire tient à remercier le Club Tesla Québec, ainsi que **Yuani Fragata**, consultant, pour leur apport à l'étude.

Dans le cadre de cette étude, les Membres suivants du Club ont contribué comme conseillers en partageant leur expérience de l'usage courant et leurs connaissances des coûts récurrents liés à la transition d'un véhicule à moteur à combustion interne vers l'électrique.

Le Club Tesla Québec est un organisme à but non lucratif, créé pour les propriétaires et enthousiastes de véhicules électriques au Québec. Le Club agit sur plusieurs axes d'intérêt mais toujours dans le but de faire avancer l'électrification des transports et de mieux faire connaître les voitures électriques.

Contributeurs du Club Tesla

Contributeur principal : **Francis Gosselin**, administrateur
Consultant en management, associé chez Acronyme et économiste de formation,
Francis s'intéresse à la transition énergétique depuis une vingtaine d'années.

Eric Rondeau, VP Marketing

Stéphane Pascalon, Président

Cette étude a été réalisée de manière indépendante.

Chaire de gestion du secteur de l'énergie HEC Montréal

3000, ch. de la Côte-Sainte-Catherine
Montréal (Québec) Canada H3T 2A7

Février 2021

energie.hec.ca

©2021 HEC Montréal.

Tous droits réservés pour tous pays.
Toute traduction et toute reproduction
sous quelque forme que ce soit sont
interdites. Les textes publiés dans la
série des rapports d'étude n'engagent
que la responsabilité de(s) auteur(s)

Sommaire exécutif

Ce rapport présente les résultats d'une analyse financière comparative des coûts totaux de possession (CTP) de 11 véhicules électriques (VÉ) en circulation au Québec avec leur proche équivalent à combustion interne (VCI), ainsi que deux modèles de camions électriques actuellement éligibles aux subventions provinciales au Québec avec leur proche équivalent VCI. La comparaison des coûts totaux des modèles de véhicules électriques avec leur équivalent à moteur à combustion interne permet d'avoir une analyse plus pertinente pour un consommateur sensible aux impacts financiers devant le choix d'une option électrique lors de l'achat d'un véhicule. Bien que le choix d'un véhicule ne soit pas uniquement influencé par des considérations strictement financières, cette étude permet de calculer si l'investissement additionnel requis pour l'achat d'un VÉ est partiellement, ou totalement, compensé, notamment grâce aux économies d'énergie et d'entretien réalisées au cours de la durée de possession du véhicule.

Dans ce rapport, nous présentons d'abord les paramètres retenus dans le modèle, décrivant notamment la méthode que nous avons développée pour calculer la valeur résiduelle des véhicules en nous basant sur une approche unique utilisant des courbes de tendances. Nous détaillons ensuite trois scénarios que nous avons développés afin de tester des hypothèses plus ou moins favorables à l'acquisition d'un véhicule électrique. Finalement, nous présentons les résultats de notre analyse pour les onze véhicules de promenade et les deux camions électriques choisis pour cette étude, avec leur équivalent à combustion interne.

Ce document vient contribuer aux autres outils qui existent actuellement pour estimer le CTP, notamment ceux développés par le CAA¹, Atlas Policy², ainsi que l'IRÉC³. Cette analyse se distingue des autres outils existants parce qu'elle porte spécifiquement sur le contexte québécois, prenant notamment en compte les spécificités liées au climat, et parce qu'elle base ses résultats sur trois scénarios (Base 2020, Favorable aux VCI et Favorable aux VÉ) afin de proposer des hypothèses diversifiées et réalistes; les situations d'utilisation proposées sont telles qu'il n'y a pas encore une conclusion définitive entre les VÉ et VCI. Finalement, notre analyse se distingue au niveau de l'évaluation de la perte de valeur annuelle des véhicules. En effet, nous avons construit des courbes de dépréciation à partir d'un ensemble de points de données provenant de diverses sources, ce qui nous permet de comparer la perte de valeur des VÉ et celle des VCI et d'en évaluer la tendance.

Parmi les 11 paires de véhicules de promenade analysées, le VÉ le plus avantageux financièrement est la Tesla Model 3 (principalement en raison de la subvention!) lorsque comparée à une BMW 330i.

Notre analyse des 11 modèles de promenade jugés équivalents permet de mesurer la valeur actuelle nette (VAN) marginale du choix des VÉ, représentant l'écart entre les coûts totaux des VÉ et des VCI équivalents, pour chacun des trois scénarios proposés. Pour notre scénario de base, parmi les 11 paires de véhicules de promenade analysés, le VÉ le plus avantageux financièrement est la Tesla Model 3 (principalement en raison de la subvention!) lorsque comparée à une BMW 330i.

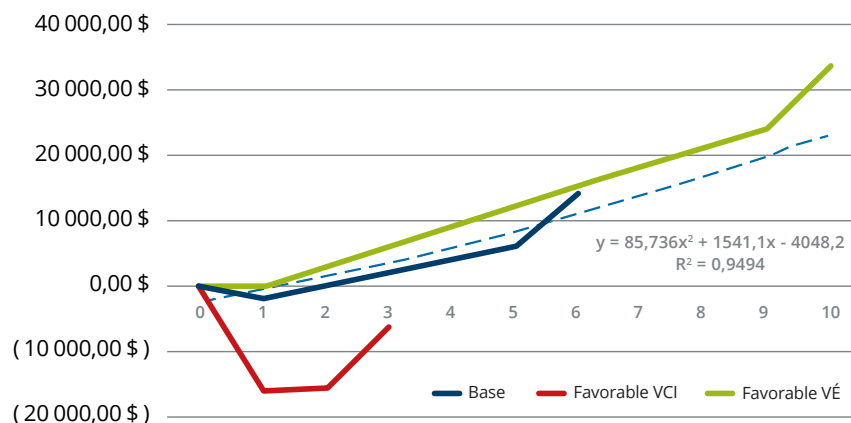
¹ CAA (2020). *Coûts d'utilisation d'un véhicule*. Récupéré de <https://coutsdutilisation.caa.ca/fr/>

² Atlas Public Policy (2020). *Fleet Procurement Analysis Tool*, Atlas Public Policy, récupéré de <https://atlaspolicy.com/rand/fleet-procurement-analysis-tool/>

³ Bourque, Gilles L. et Jonathan Ramacieri (2019). *Étude sur la comparaison du coût total de possession des véhicules à essence et électriques*, Note de recherche, Institut de recherche en économie contemporaine, 22 p.

Pour ce sommaire exécutif, nous avons également effectué une analyse basée sur la moyenne des 7 modèles plus représentatifs des VÉ courants sur le marché, excluant toutefois la Tesla Model S⁴. Il s'agit de 7 modèles de véhicules entièrement électriques (VEÉ). Ces résultats regroupant les 7 catégories sélectionnées montrent que, pour un VÉ moyen, pour un scénario de base où 15 000 km sont parcourus annuellement, celui-ci doit attendre de parcourir 20 000 km (1 an et 4 mois) avant que le coût d'acquisition – souvent supérieur aux VCI – soit compensé par les économies annuelles (voir Figure 1). Par contre, l'écart marginal moyen n'est pas positif pour le VEÉ avec des hypothèses favorables aux VCI, qui présume notamment une durée de possession de trois années seulement.

Figure 1 | VAN différentielle moyenne des VEÉ selon les scénarios et selon le nombre d'années de possession



À partir d'un seuil de 20 000 km, il est plus avantageux financièrement de rouler avec un VÉ moyen qu'avec le VCI équivalent (scénario de base)

Toujours avec le même échantillon de 7 modèles de VÉ, notre analyse nous permet aussi de dresser le portrait des coûts mensuels pour le VÉ moyen et son VCI équivalent pour notre Scénario de base 2020 (voir Figure 2)⁵. Selon les hypothèses retenues, le coût mensuel d'un VÉ moyen est d'au moins 5 % inférieur à celui du VCI moyen équivalent. On constate toutefois que la répartition des coûts diffère significativement entre les deux options : le VÉ comprend une portion fixe des coûts plus importante (+20 %) mais un coût d'opération mensuel nettement inférieur (-86 % en énergie et -50 % en entretien). On peut en conclure qu'un conducteur qui soit 1) effectue plus de kilométrage que dans le scénario de référence ou 2) garde le véhicule plus longtemps, bénéficiera pour son VÉ d'un gain net supérieur à 5%.

Le coût mensuel d'un VÉ moyen est de 5 % inférieur à celui d'un VCI moyen (scénario de base), et un usage accru en termes de kilométrage et de durée de possession permettrait un gain net supérieur à 5 %

⁴ Nous nous sommes ici basés sur la moyenne, pour notre Scénario de base 2020, des 7 VEÉ analysés dans ce rapport, à l'exception de la Tesla Model S, dont le coût d'acquisition est très largement supérieur et qui n'entre donc pas dans la même gamme de véhicules.

⁵ Pour ce calcul, nous avons supposé un financement sur 72 mois au taux de 4,99 % avec une mise de fond d'une valeur de 15 % du prix de vente.

Figure 2 | Coût mensuel pour le VÉ moyen (Scénario de base 2020)

	Catégorie	Moyenne VÉ	Moyenne VCI
		Électrique	Essence
CAPEX	Coût d'acquisition total	818,12	681,47
	Paiements mensuels	504,29	487,00
	Valeur de dépréciation	301,33	194,47
	Infrastructure recharge	20,83	-
	Subvention pour infra.	(8,33)	-
	Delta (\$ et %)	136,65 \$	20 %
OPEX	Coût d'énergie mensuel	18,07	130,99
	Delta (\$ et %)	(112,92 \$)	-86 %
	Coût d'entretien mensuel	80,50	160,88
	Delta (\$ et %)	(80,38 \$)	-50 %
	Coût d'assurance mensuel	83,21	80,06
	Delta (\$ et %)	3,15 \$	4 %
TOTAL	Coût total mensuel	1 000,13	1 053,39
	Delta total (\$ et %)	(53,27 \$)	-5 %

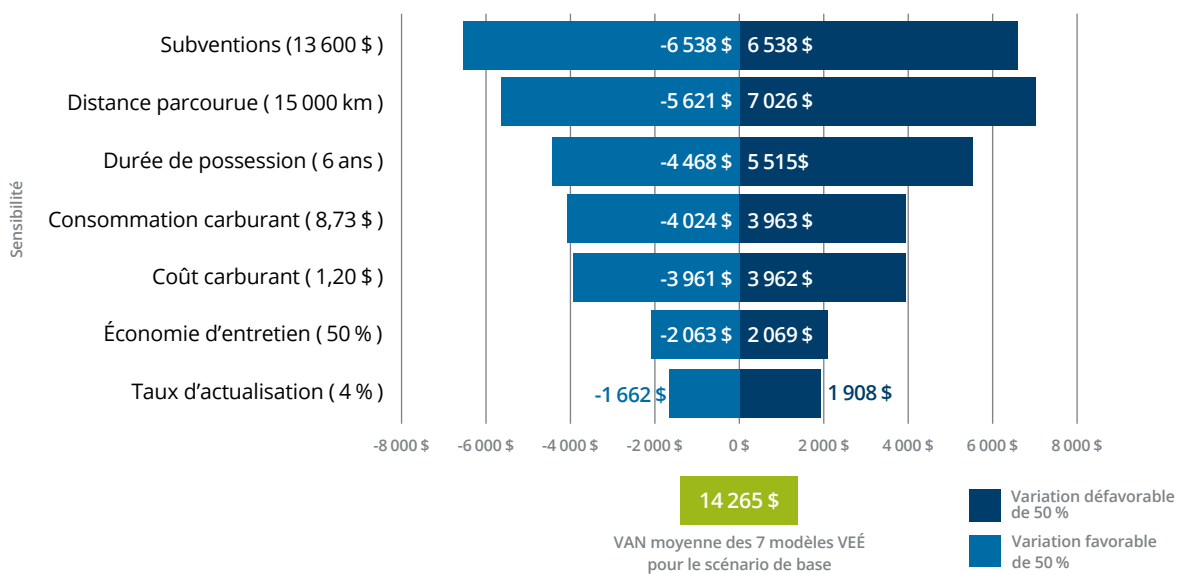
Afin d'avoir une idée générale des variables les plus importantes pouvant affecter la rentabilité de choisir un VÉ par rapport à un VCI au Québec, nous avons fait varier de +50 % et de -50 % chacune des 7 variables du scénario de base : subventions, distance parcourue, durée de possession, consommation de carburant, coût de carburant, économie d'entretien et taux d'actualisation. Bien qu'intuitivement logique pour le marché québécois, notre analyse de sensibilité démontre que les subventions à l'achat de véhicules électrique influencent le plus les résultats de notre analyse comparative pour le VÉ moyen à partir du scénario de base avec les données de 2020. L'analyse démontre aussi que l'intensité d'utilisation d'un véhicule, c'est-à-dire durée de possession et la distance parcourue, sont après les subventions les deux variables ayant le plus de poids dans l'analyse des bénéfices financiers liés à l'utilisation d'un véhicule électrique par rapport à un véhicule à moteur à combustion interne.

À titre indicatif, une variation défavorable de 50 % de ces trois variables ferait diminuer les bénéfices financiers liés à l'acquisition du VÉ moyen d'environ 16 600 \$, le rendant ainsi moins intéressant que son équivalent à essence (voir Figure 3).

Le graphique montre aussi que la variable dont l'impact est le plus minime est le taux d'actualisation, qui varie entre 2 % et 6 %, selon qu'il soit défavorable ou favorable à la possession d'un VÉ (voir Figure 3). Encore une fois, cette analyse de sensibilité ne porte que sur la moyenne des 7 modèles plus représentatifs des VÉ courants.

Les 3 facteurs qui ont le plus d'impact sur les bénéfices financiers liés au VÉ moyen sont les subventions, la durée de possession du véhicule et la distance parcourue

Figure 3 | Analyse de sensibilité pour le VÉ moyen



Ainsi, cette analyse nous permet de conclure que même si la subvention venait à disparaître, ou, alternativement, que les coûts des VÉ diminuaient dans le futur par rapport aux VCI, plus un véhicule électrique est conservé longtemps et plus il parcourt de kilomètres annuellement, plus il est probable que les économies liées au carburant, à l'entretien et à la dépréciation surpassent le coût d'acquisition initialement supérieur (dans la majorité des cas) des véhicules électriques.

Mise en garde et limites de l'étude

Ce document n'est pas une étude classique de type « CTP » qui analyse un seul véhicule à la fois. Les auteurs ont fait des choix méthodologiques basés sur des prémisses importantes à comprendre pour les lecteurs, soit :

- les dépenses sont analysées à travers la lunette suivante : dans quelle mesure les coûts d'acquisition et d'opération du véhicule électrique sont-ils supérieurs ou inférieurs aux coûts du véhicule conventionnel ? Autrement dit, on analyse le différentiel de coût en partant du point de vue du véhicule électrique ;
- l'achat d'un véhicule, peu importe qu'il soit électrique, à essence ou hybride, est abordé dans le document comme une dépense et non un investissement ;
- cette étude traite « l'écart de prix à l'achat » entre VÉ et VCI, pour des modèles jugés équivalents par l'auteur, comme « l'investissement supplémentaire » à faire au moment du choix d'un VÉ par rapport à l'équivalent VCI, et traite la rentabilité de ce choix sur la durée de vie en prenant en considération une certaine valeur de revente ;
- toute question relative aux facteurs de motivation intrinsèque, ou extrinsèque, qui poussent les entreprises ou les individus à acquérir un véhicule, n'est aucunement considérée dans le document ;
- le choix d'acquérir un modèle de véhicule en particulier, par nécessité ou pour le plaisir, peut être motivé par une multitude de facteurs ayant des retombées économiques, sociales ou environnementales en soi, qui ne sont pas non plus considérées dans cette analyse.

Table des matières

Sommaire exécutif	4
Liste de figures	9
1 Description du modèle d'analyse financière	10
1.1 Description des paramètres pour les coûts de capital	12
1.2 Description des paramètres pour les coûts d'opération	13
1.3 Présentation des scénarios de comparaison	15
1.3.1 <i>Scenario de base 2020</i>	15
1.3.2 <i>Scenario favorable aux VCI</i>	16
1.3.3 <i>Scenario favorable aux VÉ</i>	17
2 Comparaison des coûts totaux de possession	18
2.1 Analyse détaillée des scénarios	18
2.2 Résultats généraux	22
3 Analyse de sensibilité	25
4 Conclusion	26
Annexe 1	27
Annexe 2	28
Annexe 3	30
Méthodologie	35
Bibliographie	38

Liste de figures

Figure 1 VAN différentielle moyenne des VEÉ selon les scénarios.....	5
Figure 2 Coût mensuel pour le VÉ moyen (Scénario de base 2020)	6
Figure 3 Analyse de sensibilité pour le VÉ moyen.....	7
Figure 4 Véhicules de promenade (VÉ vs VCI)	10
Figure 5 Camion de livraison (VÉ vs VCI)	11
Figure 6 Subventions pour les véhicules de promenade électriques au Québec.....	12
Figure 7 Subventions pour les camions électriques au Québec.....	12
Figure 8 Valeur résiduelle en fonction des kilomètres parcourus VÉ vs VCI	13
Figure 9 Scénario de base 2020.....	15
Figure 10 Scénario favorable aux VCI	16
Figure 11 Scénario favorable aux VÉ.....	17
Figure 12 Coûts pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks (scénario de base 2020).....	18
Figure 13 Coûts pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks (scénario favorable VCI).....	19
Figure 14 Coûts pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks (scénario favorable VÉ).....	20
Figure 15 Comparaison de rentabilité (Nissan Leaf vs Kicks) pour chaque scénario	20
Figure 16 VAN différentielle pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks selon les scénarios	21
Figure 17 VAN différentielle pour Tesla Model 3 vs BMW 330i selon les scénarios	21
Figure 18 VAN différentielle moyenne des VEÉ selon les scénarios.....	22
Figure 19 VAN pour les véhicules de promenade (scénario de base 2020).....	23
Figure 20 VAN pour les véhicules de promenade (scénario favorable aux VCI).....	23
Figure 21 VAN pour les véhicules de promenade (scénario favorable aux VÉ).....	24
Figure 22 VAN différentielle pour Ford E-350 (VÉ et VCI) et Lion 6 vs Isuzu FTR	24
Figure 23 Analyse de sensibilité pour le VÉ moyen.....	25
Figure 24 Coûts d'acquisition des véhicules de promenade et subventions	27
Figure 25 Coûts d'opération des voitures et camions électriques	28
Figure 26 Coûts d'opération des voitures et camions à combustion interne	29
Figure 27 Coûts d'entretien Lion 6 et Isuzu FTR	29
Figure 28 Analyse de sensibilité (Nissan Kicks vs Leaf) Scénario de base.....	30
Figure 29 Analyse de sensibilité (Toyota Camry vs Prius Prime) Scénario de base	30
Figure 30 Analyse de sensibilité (Tesla 3 vs BMW 330i) Scénario de base.....	31
Figure 31 Analyse de sensibilité (Chevrolet Bolt vs Buick Encore) Scénario de base.....	31
Figure 32 Analyse de sensibilité (Mitsubishi Out. PHEV vs VCI) Scénario de base	31
Figure 33 Analyse de sensibilité (Ford Fusion Energi vs VCI) Scénario de base.....	32
Figure 34 Analyse de sensibilité (Hyundai IONIQ vs Elantra) Scénario de base	32
Figure 35 Analyse de sensibilité (Tesla S vs BMW 5) Scénario de base	32
Figure 36 Analyse de sensibilité (Kia Soul EV vs VCI) Scénario de base.....	33
Figure 37 Analyse de sensibilité (Hyundai Kona EV vs VCI) Scénario de base	33
Figure 38 Analyse de sensibilité (Volkswagen e-Golf vs Golf) Scénario de base	33
Figure 39 Analyse de sensibilité (Ford E-350 VÉ vs VCI) Scénario de base	34
Figure 40 Analyse de sensibilité (Lion 6 vs Isuzu FTR) Scénario de base.....	34
Figure 41 Estimation des coûts de réutilisation des batteries électriques.....	36

1 | Description du modèle d'analyse financière

Les véhicules électriques (VÉ) ont percé le marché de l'automobile au cours des dernières années et de plus en plus de consommateurs choisissent de se tourner vers cette alternative plutôt que vers les véhicules à moteur à combustion interne (VCI), tant pour des raisons environnementales que financières. En effet, si le coût d'achat est souvent plus élevé pour les VÉ, les économies de carburant et de frais d'entretien font drastiquement diminuer les coûts d'opération assumés par les propriétaires. Mais ces économies permettent-elles de compenser le coût initial qui peut s'avérer être un obstacle pour le consommateur moyen ?

Il faut, pour le savoir, comparer les coûts totaux de possession (CTP) des VÉ et des VCI, c'est-à-dire le prix d'achat plus les coûts d'opération de chaque véhicule. Bien que l'impact direct sur les décisions de consommation à court terme reste à déterminer, le véhicule dont le CTP est le plus faible est la meilleure valeur à long terme.⁶ Nous avons donc dressé une liste des 11 véhicules de promenade électrique les plus en circulation au Québec (64 % de la flotte québécoise)⁷ et des deux modèles de camions de livraison électriques actuellement commercialisés au Québec qui peuvent bénéficier d'une subvention provinciale à l'achat (voir Figures 4 et 5), et avons comparé les CTP de ces VÉ et VCI.

Figure 4 | Véhicules de promenade (VÉ vs VCI)

VÉ sélectionné	VCI équivalent
Nissan Leaf	Nissan Kicks
Toyota Prius Prime	Toyota Camry
Tesla Model 3	BMW 330i
Chevrolet BOLT	Buick Encore
Mitsubishi Outlander PHEV	Mitsubishi Outlander
Ford Fusion Energi	Ford Fusion
Hyundai iONIQ	Hyundai Elantra Sport
Tesla Model S	BMW 530i
Kia Soul EV	Kia Soul
Hyundai Kona EV	Hyundai Kona
Volkswagen e-Golf	Volkswagen Golf

⁶ Twin, Alexandra (2019). "Total Cost of Ownership - TCO", Investopedia, <https://www.investopedia.com/terms/t/totalcostofownership.asp>

⁷ La Chevrolet VOLT, représentant environ 20 % du parc automobile québécois, n'a pas été incluse puisqu'elle est désormais discontinuée. Source : AVÉQ (2019). Statistiques SAAQ-AVÉQ sur l'électromobilité au Québec en date du 30 septembre 2019, Actualités, récupéré de <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-30-septembre-2019-infographie>

Figure 5 | Camion de livraison (VÉ vs VCI)

VÉ sélectionné	VCI équivalent
Ford E-350 (converti par Ecotuned)	Ford E-350 (conventionnel)
Lion 6	Isuzu FTR

Au 31 décembre 2020, le camion Lion 6 est le seul modèle de camion électrique subventionné au Québec qui soit entièrement manufacturé pour l'électrique. La compagnie Ecotuned, l'autre joueur dans l'industrie qui offre des camions électriques subventionné au Québec, convertit plutôt les VCI en VÉ ; l'entreprise convertit actuellement certaines marques de camions de classe 2, 3 et 4, de fourgons et de VUS.

Nous nous sommes basés sur les calculs de CTP pour chaque modèle choisi afin de mesurer la « rentabilité » de rouler avec un VÉ plutôt qu'un VCI, en calculant :

1. Le taux de rentabilité interne (TRI)
2. La valeur actuelle nette (VAN)
3. Le délai de récupération (DR)

Ces mesures nous permettent de comparer les coût d'achat initial d'un VÉ et de son VCI équivalent, ainsi que les économies de carburant, d'entretien, d'assurance liées au fait de rouler avec ce VÉ plutôt que son VCI équivalent. Le TRI permet de mesurer le rendement réel par rapport à un autre investissement équivalent, la VAN représente la somme actualisée (i.e. tenant compte de l'évolution de la valeur de l'argent dans le temps) de l'investissement additionnel et des économies réalisées chaque année par le propriétaire d'un VÉ, et le DR permet de calculer le nombre d'années requises avant d'avoir récupéré l'investissement initial grâce aux économies réalisées. Ces trois mesures permettent ainsi calculer combien d'années et de kilomètres parcourus sont nécessaires pour que l'investissement additionnel requis pour l'achat d'un VÉ soit compensé par les économies réalisées par le propriétaire au cours des années de vie utile du véhicule. Nous nous sommes basés sur un taux d'actualisation à 4 % (voir Méthodologie).

Le modèle d'analyse prend en compte la durée de possession des véhicules, leurs coûts d'acquisition et leur valeur résiduelle basée sur la dépréciation, les coûts d'achat et d'installation de l'infrastructure de recharge, le nombre de kilomètres parcourus annuellement ainsi que les coûts d'énergie, d'entretien et d'assurances.

Pour la comparaison des CTP entre les différents modèles de véhicules, nous avons construit 3 scénarios, pour lesquels nous avons fait varier certains paramètres :

1. Scénario de base 2020
2. Scénario favorable aux VCI
3. Scénario favorable aux VÉ

Les facteurs qui demeurent fixes pour chaque scénario sont : les coûts d'acquisition des véhicules, les coûts de l'infrastructure de recharge, les coûts et la consommation d'électricité des VÉ, les coûts d'entretien des VCI, ainsi que les coûts d'assurance. Les autres facteurs varient. Ces scénarios sont présentés à la section 1.3 du rapport.

1.1 | Description des paramètres pour les coûts de capital

Le modèle est basé sur les coûts d'acquisition propre à chaque modèle (voir annexe 1). Le coût de l'infrastructure de recharge est basé sur une moyenne de 1 500 \$ par borne pour l'achat et l'installation pour les véhicules détenus par des particuliers⁸. Pour les camions de livraison, il est basé sur une soumission reçue en 2020 par une entreprise manufacturière de Montréal pour sa flotte de livraison⁹, qui affiche un coût d'acquisition et d'installation des bornes d'environ 65 000 \$ (distribution électrique, travaux civils, etc.).

Au 31 décembre 2020, les coûts d'acquisition des véhicules et de l'infrastructure de recharge, tant pour les véhicules de promenade que pour les camions, sont éligibles à des subventions provinciales et fédérales ; elles sont prises en compte dans le modèle.

Figure 6 | Subventions pour les véhicules de promenade électriques au Québec

Objet de la subvention	Provincial ¹⁰	Fédéral ¹¹
Recharge	Roulez vert : 600 \$	Aucune.
Acquisition de VÉ	Roulez vert : Jusqu'à 8 000 \$ - variable si le modèle est en location ou acheté.	Programme iZEV : Jusqu'à 5 000 \$ - variable si le modèle est en location ou acheté.

Figure 7 | Subventions pour les camions électriques au Québec

Objet de la subvention	Provincial	Fédéral
Recharge	Roulez vert : 50 % des dépenses admissibles jusqu'à 5 000 \$ pour chaque connecteur jusqu'à 25 000 \$ par établissement / an.	50 % des dépenses éligibles jusqu'à 5 000 \$ pour chaque connecteur. Minimum de 20 connecteurs.
Acquisition de VÉ	Ecocamionnage : 50 % des dépenses admissibles jusqu'à 75 000 \$ par véhicule.	Aucune.

Concernant la perte de valeur annuelle des véhicules, le modèle est basé sur des courbes de dépréciation que nous avons construites sur la base des données suivantes : 1) le coût d'achat initial du véhicule, 2) la valeur résiduelle pour les 5 premières années calculées à l'aide de l'outil True Cost to Own® d'Edmunds, et 3) le calcul de la valeur de récupération en fin de vie utile du véhicule. La valeur de récupération est calculée en estimant que tout véhicule, qu'il soit électrique ou à carburant, peut être vendu à la fourrière pour un prix représentant 1,5 % de son prix d'achat initial. Ensuite, pour les véhicules électriques, nous y avons additionné la valeur liée à la revente des batteries électriques pour une seconde utilisation, un marché en plein essor, qui est estimée à 24 \$ / kWh pour les véhicules purement électriques et 19 \$ / kWh pour les véhicules hybrides¹² (voir Méthodologie).

⁸ Transition énergétique Québec (2019). Recharge à domicile. Récupéré de <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/decouvrir/recharge/recharge-domicile.asp>

⁹ Plusieurs données liées aux camions proviennent de cette entreprise qui a préféré garder l'anonymat.

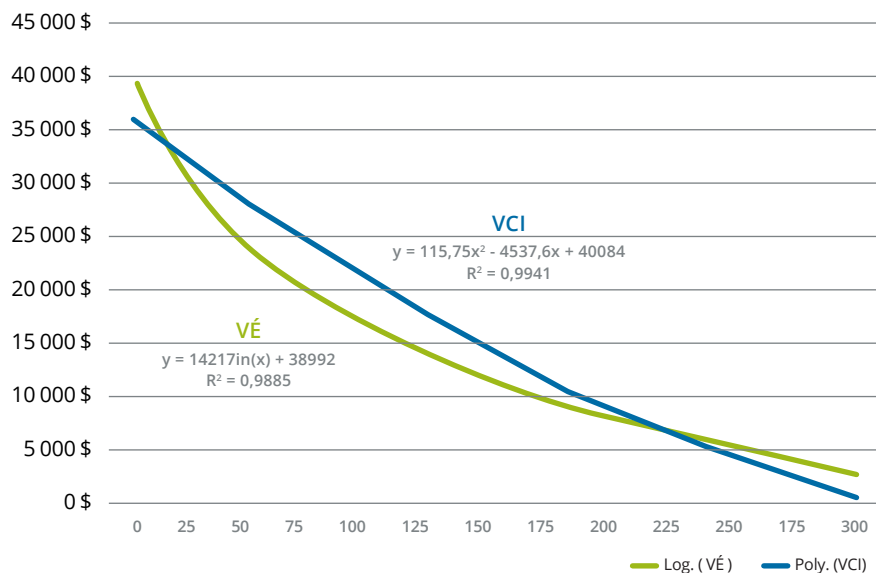
¹⁰ Transition énergétique Québec (2019). Rabais du gouvernement. Récupéré de <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/rabais/rabais-offert-gouvernement-du-quebec.asp>

¹¹ Transport Canada (2020). List of eligible vehicles under the iZEV Program. Récupéré de <https://tc.canada.ca/en/road-transportation/innovative-technologies/zero-emission-vehicles/list-eligible-vehicles-under-izev-program>

¹² Kelleher Environmental (2019). Research Study on Reuse and Recycling of Batteries Employed in Electric Vehicles, Rapport de septembre 2019, Kelleher Environmental, 203 p.

Nous avons ensuite fait la moyenne de ces points de données pour les VÉ ainsi que pour les VCI et avons dérivé une courbe de tendance pour ces deux types de véhicules. Nous constatons que les VÉ déprécient initialement plus rapidement mais ont une valeur de revente plus grande en fin de vie utile.

Figure 8 | Valeur résiduelle en fonction des kilomètres parcourus - VÉ vs VCI



1.2 | Description des paramètres pour les coûts d'opération

Les coûts d'opération comprennent les coûts liés à l'énergie, l'entretien et les assurances. Nous avons fait varier ces coûts en fonction du modèle de véhicule (voir annexe 2) ainsi que du nombre de kilomètres parcourus annuellement par les véhicules.

Les coûts liés à l'électricité et au carburant proviennent de calculs effectués à partir des tarifs d'Hydro-Québec et des prix moyens de carburant tels que divulgués par la Régie de l'énergie du Québec. Nous n'avons pas différencié le coût d'essence du coût du diesel, puisqu'ils étaient assez similaires en 2019 et puisqu'un seul véhicule, parmi les 13 véhicules étudiés, roule au diesel (Isuzu FTR).

Les coûts d'électricité pour les véhicules de promenade sont basés sur une moyenne pondérée entre la première tranche (0,0608 \$ / kWh) et la deuxième tranche (0,0938 \$ / kWh) du Tarif D d'Hydro-Québec ¹³. Cette hypothèse vise à prendre en compte les variations de consommation entre l'été et l'hiver en contexte québécois ; l'été les ménages dépassent rarement la consommation de 40 kWh par jour qui est nécessaire pour payer le prix de la deuxième tranche. Ainsi, la moyenne des tarifs – considérant que les coûts sont de 0,0608 \$ / kWh pendant 4 mois d'été et de 0,0938 \$ / kWh pendant 8 mois d'hiver – est de 0,0828 \$ / kWh. Les coûts d'électricité pour les camions, quant à eux, sont basés sur le Tarif M d'Hydro-Québec (0,0503 \$ / kWh) en supposant que ceux-ci sont rechargés au milieu de travail. Nous faisons l'hypothèse que les entreprises ne surpassent pas le seuil de 210 000 kWh, ce qui les ferait passer à la deuxième tranche du Tarif M, et qu'aucune demande en puissance supplémentaire n'est nécessaire (voir Méthodologie).

¹³ Hydro-Québec (2019). « Tarifs d'électricité en vigueur le 1er avril 2019 », Rapport 2019, Récupéré de <https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/tarifs-electricite.pdf>

Nous supposons aussi que les véhicules sont exclusivement rechargés à domicile ou au travail, et ne sont pas rechargés à l'extérieur (où le tarif BR s'applique); c'est pourquoi nous ne faisons pas varier ces coûts (voir Méthodologie).

La consommation d'électricité, mesurée à partir d'un rapport entre la capacité de la batterie (kWh) et l'autonomie moyenne du véhicule, ainsi que la consommation de carburant, varient pour chaque modèle. Pour les véhicules hybrides, nous pondérons les coûts d'énergie en fonction de la proportion des kilomètres qui sont parcourus à carburant et à l'électricité, selon les données provenant du Fleet Procurement Analysis Tool développé par Atlas Public Policy¹⁴ (voir annexe 2).

Les données de consommation d'essence pour chaque modèle de véhicules provient du Guide de consommation de carburant 2020 de Ressources naturelles Canada¹⁵. Étant donné que les conditions hivernales au Québec font augmenter la consommation de carburant d'environ 12 % pour les VCI¹⁶ et diminuer l'autonomie d'environ 25 % pour les VÉ¹⁷, nous avons basé la consommation d'énergie sur une moyenne pondérée entre la conduite hivernale et estivale afin de mieux représenter les conditions du territoire.

Par ailleurs, nous n'avons pas ajouté les coûts liés aux externalités environnementales dues à la combustion d'énergie fossile par les VCI au coût du carburant, puisque celles-ci sont déjà incluses dans le prix de l'essence et du diesel. Il est toutefois important de savoir que ces coûts, d'une valeur de 30 \$ la tonne de CO₂¹⁸ au 31 décembre 2020, augmenteront au cours des prochaines années pour atteindre 170 \$ en 2030, faisant ainsi augmenter le prix de l'essence et du diesel (hausse du prix de l'essence à la pompe d'environ 30¢ / L)¹⁹.

Les coûts liés à l'entretien pour les VÉ et VCI de promenade proviennent des données divulguées dans l'outil Fleet Procurement Analysis Tool. Pour les camions Ford E-350 (VCI), les données proviennent d'une entreprise manufacturière basée à Montréal et possédant une flotte de livraison. Afin de déterminer les coûts d'entretien de l'équivalent VÉ du Ford E-350, nous nous sommes basés sur une étude réalisée par Vincentric, un groupe américain fournissant des données sur l'industrie automobile, qui révèle des économies de coûts d'entretien de 47 % pour les VÉ étudiés par rapport aux VCI étudiés. Nous appliquons ces économies au camion Ford E-350 tout en sachant qu'il ne s'agit que d'une moyenne. Nous notons tout de même que les données provenant de la compagnie Lion électrique, que nous avons appliquées au Lion 6 et l'Isuzu FTR, montrent une économie moyenne de coût similaire, soit 60 %.²⁰

Nous avons supposé qu'un changement de batterie serait nécessaire pour les 2 types de camions de livraison. Puisque la garantie pour les camions Ford E-350 prend fin après 5 ans, nous avons ajouté un coût d'acquisition d'une nouvelle batterie d'une valeur de 5 000 \$ à l'année 6, selon les données transmises par Ecotuned.

Les coûts d'assurance pour les véhicules particuliers sont basés sur des moyennes calculées par l'organisme CAA²¹. Même s'il existe des incitatifs financiers qui varient entre 15 % et 20 % de rabais sur les frais d'assurance pour les VÉ selon l'assureur choisi, on ne peut pas assumer que les frais d'assurance sont nécessairement moindres pour les VÉ puisque nombre d'autres facteurs entrent en considération et font varier ces coûts. Pour le camion Ford E-350 (VÉ ou VCI), ce coût est évalué à 900 \$ annuellement selon les données d'une entreprise manufacturière effectuant de la livraison à Montréal. Nous avons appliqué ce même coût pour le Lion 6 et son équivalent VCI.

14 Atlas Public Policy (2020). Fleet Procurement Analysis Tool, Atlas Public Policy, récupéré de <https://atlaspolicy.com/brand/fleet-procurement-analysis-tool/>

15 Ressources naturelles Canada (2020). « Guide de consommation de carburant 2020 », Rapport, Gouvernement du Canada, 42 p. Récupéré de <https://www.nrcan.gc.ca/sites/nrcan/files/oeef/pdf/transportation/tools/fuelratings/Guide%20de%20consommation%20de%20carburant%202020.pdf>

16 Ressources naturelles Canada (2018). Facteurs ayant des répercussions sur le rendement du carburant, Gouvernement du Canada. Récupéré de <https://www.nrcan.gc.ca/energie/efficacite/efficacite-energetique-pour-les-transportations-et-carburants-de-replacement/choisir-le-bon-vehicule/conseils-pour-lachat-dun-vehicule-ecoenergetique/facteurs-ayant-des-repercussions-9>

17 AVÉQ (2020). Utilisation hivernale, Récupéré de <https://www.aveq.ca/utilisation-hivernale.html>

18 Gouvernement du Canada (2018). Greenhouse Gas Pollution Pricing Act, S.C. 2018, c. 12, s. 186, Schedule 4, <https://www.canlii.org/en/ca/laws/stat/sc-2018-c-12-s-186/139160/sc-2018-c-12-s-186.html>

19 La Presse Canadienne (2020, 11 déc). « Ottawa dévoile sa stratégie pour réduire ses émissions de GES », Les Affaires, section Gouvernement. Récupéré de <https://www.lesaffaires.com/secteurs-d-activite/gouvernement/ottawa-devoile-sa-strategie-pour-reduire-ses-emissions-de-ges/621875>

20 Logtenberg, Ryan and al. (2018). Comparing Fuel and Maintenance Costs of Electric and Gas-Powered Vehicles in Canada, Report, 2 degrees institute, 22p.

21 CAA (2020). Coûts d'utilisation d'un véhicule. Récupéré de <https://coutsdutilisation.caa.ca/fr/>

Finalement, nous n'avons pas pris en compte les coûts administratifs comme les coûts d'immatriculation et de permis, puisque ceux-ci ne varient pas de façon suffisamment significative entre les modèles.

1.3 | Présentation des scénarios de comparaison

1.3.1 | SCENARIO DE BASE 2020

Figure 9 | Scénario de base 2020

	Durée de possession	Subventions	Distance parcourue	Coût carburant	Conso. carburant	Économie d'entretien
Promenade	6 ans	Oui	15 000 km	1,20 \$	55 % ville 45 % aut.	Économie moyenne
Camion	6 ans	Oui	15 000 km	1,20 \$	55 % ville 45 % aut.	Économie moyenne

Le scénario de base 2020 suppose que les consommateurs changent de véhicule après 6 ans²², ce qui est la durée moyenne de possession des véhicules au Canada, et que la distance annuelle moyenne parcourue par véhicule est de 15 000 km²³. À noter qu'il ne s'agit pas de la distance parcourue par ménage, mais bien de celle parcourue par véhicule, et qu'il s'agit d'une moyenne réaliste en contexte urbain (i.e. Montréal). Ce scénario est aussi basé sur les subventions disponibles actuellement en 2020.

Le coût du carburant pris en compte dans ce scénario est la moyenne de coûts d'essence en 2019 au Québec, d'environ 1,20 \$ / L²⁴. La consommation de carburant des véhicules est basée sur une valeur combinant la consommation du véhicule lorsqu'il parcourt 100 % de ses trajets sur l'autoroute et sa consommation s'il parcourt 100 % de ses trajets en ville. Cette valeur est donc celle de la cote de consommation de carburant combinée, telle que définie par le Guide de consommation de carburant 2020 de Ressources naturelles Canada, qui reflète une distance de parcours correspondant à 55 % en ville et 45 % sur autoroute²⁵. Finalement, les coûts d'entretien des véhicules de promenade représentent les valeurs moyennes déterminées telles que détaillées dans la section 1.2.

22 Demuro, Doug (2019). « Buying a Car: How Long Can You Expect a Car to Last? », Autotrader, Section Car Buying. Récupéré de <https://www.autotrader.com/car-shopping/buying-car-how-long-can-you-expect-car-last-240725>

23 Office of Energy Efficiency (2010). 2008 Canadian Vehicle Survey Update Report, Rapport annuel de 2008, Ressources naturelles Canada, 39 p. À noter qu'une étude plus récente publiée en 2014 par Transport Canada indiquait aussi une moyenne nationale d'environ 15 000 km (source : Bourque, Gilles L. et Jonathan Ramacieri - 2019), mais que celle-ci semble avoir été retirée du web.

24 Régie de l'énergie du Québec (2020). « Essence ordinaire : prix moyen affiché par région administrative du Québec », Rapport 2019, Récupéré de http://www.regie-energie.qc.ca/energie/archives/ordinaire/ordinaire_moyen2019.pdf

25 Ressources naturelles Canada (2020). « Guide de consommation de carburant 2020 », Rapport, Gouvernement du Canada, 42 p. Récupéré de <https://www.rncan.gc.ca/sites/rncan/files/oeef/pdf/transportation/tools/fuelratings/Guide%20de%20consommation%20de%20carburant%202020.pdf>

1.3.2 | SCENARIO FAVORABLE AUX VCI

Figure 10 | Scenario favorable aux VCI

	Durée de possession	Subventions	Distance parcourue	Coût carburant	Conso. carburant	Économie d'entretien
Promenade	3 ans	Non	10 000 km	1,10 \$	25 % ville 75 % aut.	0 %
Camion	3 ans	Non	10 000 km	1,10 \$	25 % ville 75 % aut.	0 %

Le scénario favorable aux VCI suppose que les consommateurs changent de véhicule après 3 années seulement, que les subventions ne sont pas appliquées – par exemple supposant que le fédéral et le provincial mettent fin à leurs programmes d'aide – et suppose une distance parcourue de 10 000 km annuellement.

Le coût du carburant est basé sur la moyenne mensuelle du coût d'essence la plus basse en 2019 : 1,10 \$ / L²⁶. La consommation de carburant des véhicules est basée sur le postulat que les véhicules effectuent 25 % des trajets en ville et 75 % sur les autoroutes (i.e. consommation de carburant moindre). Cela vise à prendre en compte à la fois les variations dans les proportions de trajets effectués en ville ou sur l'autoroute, ainsi que les habitudes de conduite des automobilistes qui sont assez variables. Finalement, nous supposons dans ce scénario qu'il n'y a aucune économie d'entretien pour les VÉ.

²⁶ Régie de l'énergie du Québec (2020). « Essence ordinaire : prix moyen affiché par région administrative du Québec », Rapport 2019. Récupéré de http://www.regie-energie.qc.ca/energie/archives/ordinaire/ordinaire_moyen2019.pdf

1.3.3 | SCENARIO FAVORABLE AUX VÉ

Figure 11 | Scénario favorable aux VÉ

	Durée de possession	Subventions	Distance parcourue	Coût carburant	Conso. carburant	Économie d'entretien
Promenade	10 ans	Oui	20 000 km	1,35 \$	75 % ville 25 % aut.	61 %
Camion	10 ans	Oui	20 000 km	1,35 \$	75 % ville 25 % aut.	61 %

Le scénario favorable aux VÉ suppose que les consommateurs conservent leur véhicule plus longtemps que les autres scénarios, soit 10 ans, et qu'ils parcourent un plus grand nombre de kilomètres, soit 20 000 km. Nous n'avons pas supposé un kilométrage plus élevé ici puisque, tel que mentionné plus haut, il s'agit d'une estimation de kilométrage par véhicule (et non par ménage) et puisque notre analyse porte sur les milieux urbains, où les distances à parcourir sont plus courtes. Ce scénario inclut aussi les subventions pour l'achat du véhicule et celles pour la borne de recharge.

Nous avons basé le coût du carburant sur la moyenne mensuelle du coût d'essence la plus élevée en 2019 : 1,35 \$ / L²⁷. La consommation des véhicules est basée sur le postulat que les véhicules parcourent 75 % de la distance en ville et 25 % sur les autoroutes.

Les économies d'entretien sont de 61 %, tant pour les véhicules de promenade que pour les camions ; il s'agit de l'un des pourcentages d'économies les plus élevés parmi toute la littérature à ce sujet, selon une étude réalisée par M. Alexander et al.²⁸ Lion électrique utilise aussi un pourcentage de 60 % dans ses analyses financières.

²⁷ Régie de l'énergie du Québec (2020). « Essence ordinaire : prix moyen affiché par région administrative du Québec », Rapport 2019, Récupéré de http://www.regie-energie.qc.ca/energie/archives/ordinaire/ordinaire_moyen2019.pdf

²⁸ Logtenberg, Ryan and al. (2018). *Comparing Fuel and Maintenance Costs of Electric and Gas-Powered Vehicles in Canada*, Report, 2 degrees institute, 22p.

2 | Comparaison des coûts totaux de possession

Cette section présente d'abord le détail des CTP en fonction des 3 scénarios pour la Nissan Leaf et la Nissan Kicks, afin de bien illustrer le modèle d'analyse et les scénarios, et présente ensuite des résultats plus généraux pour l'ensemble des véhicules analysés.

2.1 | Analyse détaillée des scénarios

Nous avons calculé, pour chaque modèle de véhicule, les catégories de coûts illustrés dans les figures ci-dessous, et ce pour les 3 scénarios, en y ajoutant la valeur de revente à la fin de la durée de possession, en fonction de la dépréciation propre aux modèles VÉ ou VCI.

Pour le scénario de base 2020 des véhicules Nissan, nous avons calculé les coûts suivants :

Figure 12 | Coûts pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks (scénario de base 2020)

	Marque	Nissan	Nissan
	Modèle	Leaf	Kicks
	Catégorie	Électrique	Essence
CAPEX	Coût d'acquisition total	34 798,00	24 043,00
	Coût d'acquisition	46 898,00	24 043,00
	Subvention pour VÉ	(13 000,00)	-
	Infrastructure de recharge	1 500,00	-
	Subvention pour infrastructure	(600,00)	-
	Delta (\$ et %)	10 755,00 \$	45 %
OPEX	Coût d'énergie total / an	252,16	1 399,68
	kWh ou L / 100 km	20,30	7,78
	kWh ou L après recharge complète	62,00	-
	Autonomie après recharge complète	305,38	-
	Delta (\$ et %)	(1 147,52 \$)	-82 %
	Coût d'entretien total / an (an 1)	966,00	1 930,50
	Delta (\$ et %)	(964,50 \$)	-50 %
	Coût d'assurance total / an	920,00	860,00
	Delta (\$ et %)	60,00 \$	7 %

L'acquisition de la Leaf requiert un investissement additionnel d'environ 10 000 \$, mais l'usage de la Leaf plutôt que la Kicks permet des économies annuelles de 82 % pour les coûts d'énergie et de 50 % pour les coûts d'entretien. Les coûts d'assurance quant à eux sont très similaires pour les deux modèles : 860 \$ pour la Kicks et 920 \$ pour la Leaf.

Pour le scénario favorable aux VCI, les coûts qui ont été calculés sont les suivants :

Figure 13 | Coûts pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks (scénario favorable VCI)

	Marque	Nissan	Nissan
	Modèle	Leaf	Kicks
	Catégorie	Électrique	Essence
CAPEX	Coût d'acquisition total	48 398,00	24 043,00
	Coût d'acquisition	46 898,00	24 043,00
	Subvention pour VÉ	-	-
	Infrastructure de recharge	1 500,00	-
	Subvention pour infrastructure	-	-
	Delta (\$ et %)	24 355,00 \$	101 %
OPEX	Coût d'énergie total / an	168,11	816,75
	kWh ou L / 100 kM	20,30	7,43
	kWh ou L après recharge complète	62,00	-
	Autonomie après recharge complète	305,38	-
	Delta (\$ et %)	(648,64 \$)	-79 %
	Coût d'entretien total / an (an 1)	1 287,00	1 287,00
	Delta (\$ et %)	0,00 \$	0 %
	Coût d'assurance total / an	920,00	860,00
Delta (\$ et %)	60,00 \$	7 %	

Sans les subventions, l'acquisition de la Leaf requiert un investissement additionnel d'environ 24 000 \$ (2x plus). Les économies d'énergie réalisées annuellement par l'usage de la Leaf sont un peu moindres que pour le scénario de base 2020 mais demeurent substantielles (79 %). Les économies d'entretien sont quant à elles réduites à 0 %.

Finalement, pour le scénario favorable aux VÉ, les coûts calculés sont les suivants :

Figure 14 | Coûts pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks (scénario favorable VÉ)

	Marque	Nissan	Nissan
	Modèle	Leaf	Kicks
	Catégorie	Électrique	Essence
CAPEX	Coût d'acquisition total	34 798,00	24 043,00
	Coût d'acquisition	46 898,00	24 043,00
	Subvention pour VÉ	(13 000,00)	-
	Infrastructure de recharge	1 500,00	-
	Subvention pour infrastructure	(600,00)	-
	Delta (\$ et %)	10 755,00 \$	45 %
	OPEX	Coût d'énergie total / an	336,22
kWh ou L / 100 km		20,30	8,02
kWh ou L après recharge complète		62,00	-
Autonomie après recharge complète		305,38	-
Delta (\$ et %)		(1 828,91 \$)	-84 %
Coût d'entretien total / an (an 1)		1 003,86	2 574,00
Delta (\$ et %)		(1 570,14 \$)	-61 %
Coût d'assurance total / an		920,00	860,00
Delta (\$ et %)	60,00 \$	7 %	

Comme le scénario de base 2020, la différence du coût d'acquisition est d'environ 10 000 \$. Toutefois, l'usage de la Leaf permet dans ce scénario des économies annuelles de 84 % pour les coûts d'énergie et de 61 % pour les coûts d'entretien.

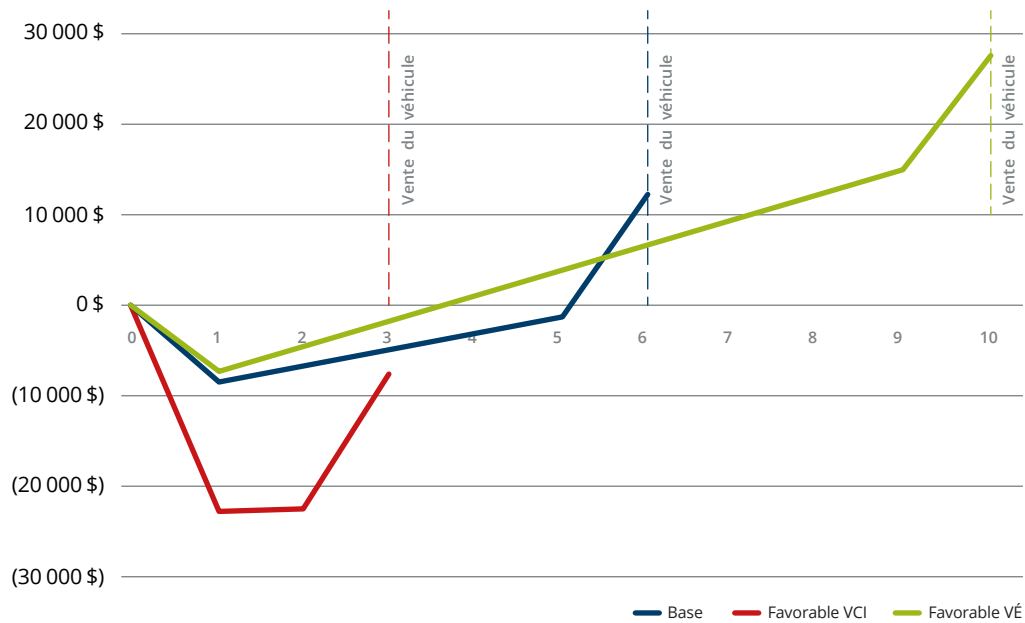
Figure 15 | Comparaison de rentabilité (Nissan Leaf vs Kicks) pour chaque scénario

Outil de mesure de rentabilité	Scénario de base 2020	Scénario favorable VCI	Scénario favorable VÉ
Taux de retour interne (TRI) (%)	23 %	-9 %	33 %
Valeur actuelle nette (VAN) ²⁹ (\$)	11 744 \$	-7 618 \$	27 299 \$
Délai de récupération (DR) (an)	5 ans	+ de 10 ans	+ / - 3 ans

En analysant graphiquement les données (voir Figure 16), on constate que le scénario de base 2020 montre qu'il est plus intéressant financièrement pour l'acheteur d'acquérir la Nissan Leaf plutôt que la Nissan Kicks. On remarque aussi que si les paramètres du scénario favorable aux VCI sont appliqués, l'acheteur devrait favoriser l'achat du modèle à moteur à combustion interne plutôt que son équivalent électrique, puisque la VAN demeure négative même après la revente du véhicule à la fin de la durée de possession.

²⁹ VAN calculée à la fin de la durée de possession du véhicule selon chaque scénario.

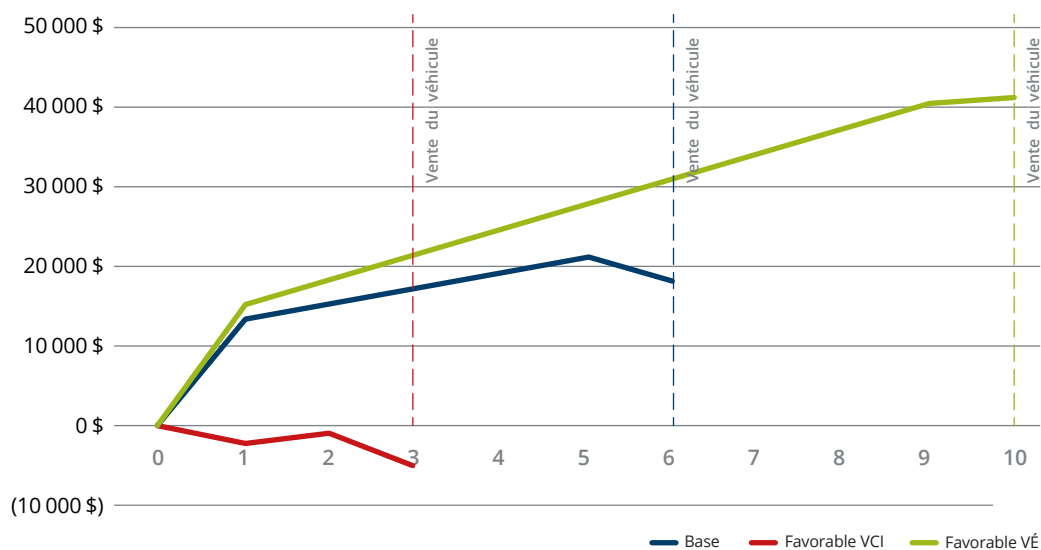
Figure 16 | VAN différentielle pour la Nissan Leaf vs la Nissan Kicks selon les scénarios



À titre comparatif, la VAN différentielle pour la Tesla Model 3 versus la BMW 330i présente des tendances bien différentes des modèles de marque Nissan (voir Figure 17). En effet, le coût d’acquisition du VÉ est moindre que celui son équivalent à moteur à combustion interne pour les scénarios où sont appliquées les subventions (environ 12 000 \$ de moins), ce qui fait en sorte que la VAN est nécessairement positive lorsque les subventions sont appliquées.

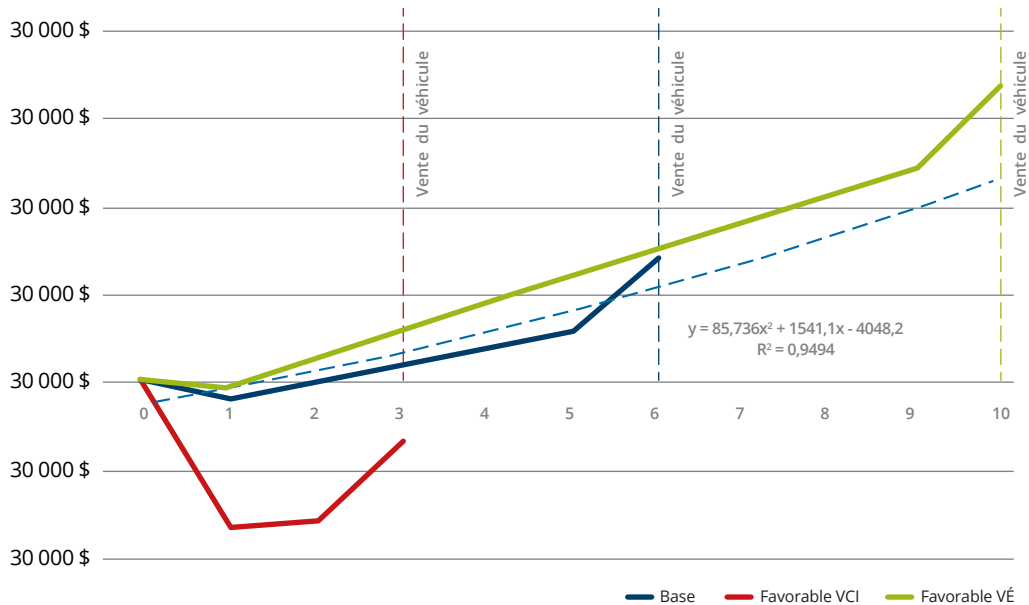
Toutefois, pour le scénario favorable aux VCI où les véhicules ne sont conservés que 3 ans, où le kilométrage annuel est de seulement 10 000 km, et où aucune subvention n’est appliquée, les économies annuelles liées à l’utilisation du VÉ ne suffisent pas à compenser le coût d’acquisition légèrement supérieur de la Tesla 3.

Figure 17 | VAN différentielle pour Tesla Model 3 vs BMW 330i selon les scénarios



Finalement, nous avons calculé la VAN différentielle pour le « VÉ moyen », c'est-à-dire la moyenne des 7 véhicules entièrement électriques analysés (excluant la Tesla Model S) pour les trois scénarios. La représentation graphique des résultats (voir Figure 18) montre que pour le scénario de base, il faut environ 1 an et 4 mois – ou 20 000 km – avant que la VAN soit positive et que l'investissement initial soit compensé par les économies annuelles.

Figure 18 | VAN différentielle moyenne des VEÉ selon les scénarios



2.2 | Résultats généraux

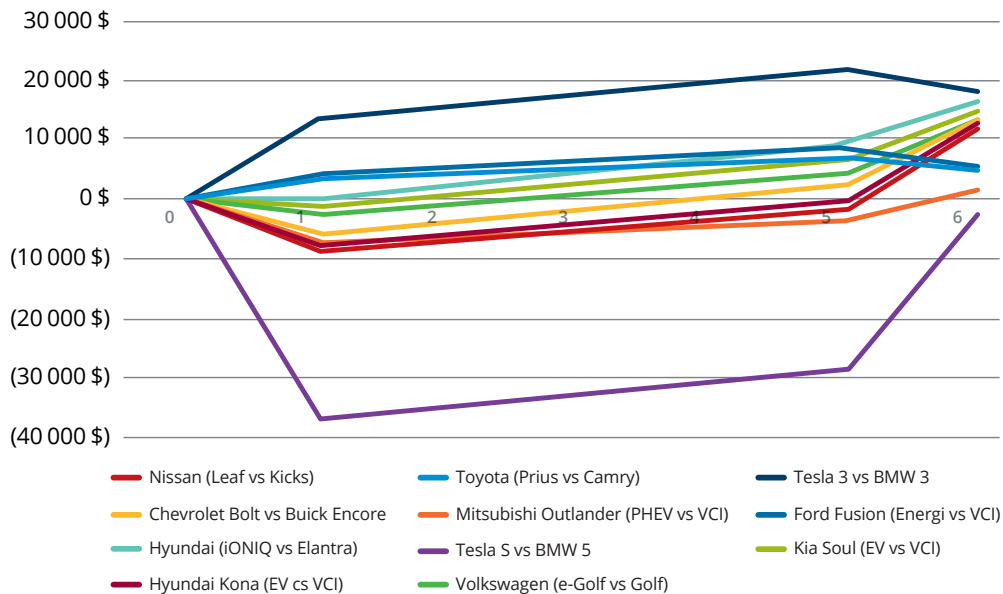
L'analyse décrite dans la section précédente pour les Nissan a été effectuée pour les 11 modèles de véhicules de promenade et les 2 modèles de camions choisis, pour chaque scénario. Nous présentons ici les résultats généraux de cette analyse.

Analysons plus en détail les VAN de chaque modèle pour les 3 scénarios. Tout d'abord, pour le scénario de base 2020 (voir Figure 19), nous constatons que tous les modèles de VÉ, à l'exception de la Tesla S, sont préférables au modèle VCI équivalent au maximum à la 6e année de possession du véhicule, notamment grâce à la valeur de revente des VÉ.

Il n'est pas surprenant que la Tesla Model S ne franchisse pas ce seuil vu son prix d'achat initial de près de 106 000 \$ (plus cher d'environ 40 000 \$ par rapport à la BMW 530i) et le fait qu'aucune subvention liée au véhicule ne soit pas applicable pour cette raison. La VAN s'approche tout de même du point mort à la fin de la période de possession, puisque la valeur de revente après 6 ans est d'environ 88 500 \$ pour la Tesla et 56 800 \$ pour la BMW.

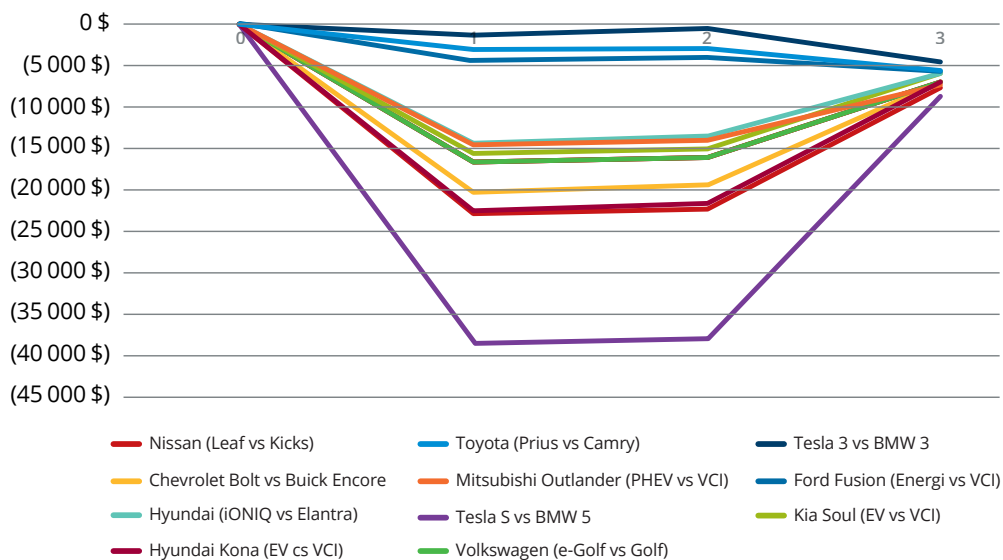
Par ailleurs, certains VÉ, en raison de subventions desquelles ils bénéficient, ont un coût d'acquisition moindre que leur équivalent à moteur à combustion interne (i.e. Toyota Prius Prime, Tesla 3, Ford Fusion Energi). Dans ces cas, le TRI n'est pas calculé, puisque le modèle interprète cette situation comme signifiant qu'il n'y a aucun d'investissement initial supplémentaire, et la VAN est positive dès la première année de possession.

Figure 19 | VAN pour les véhicules de promenade (scénario de base 2020)



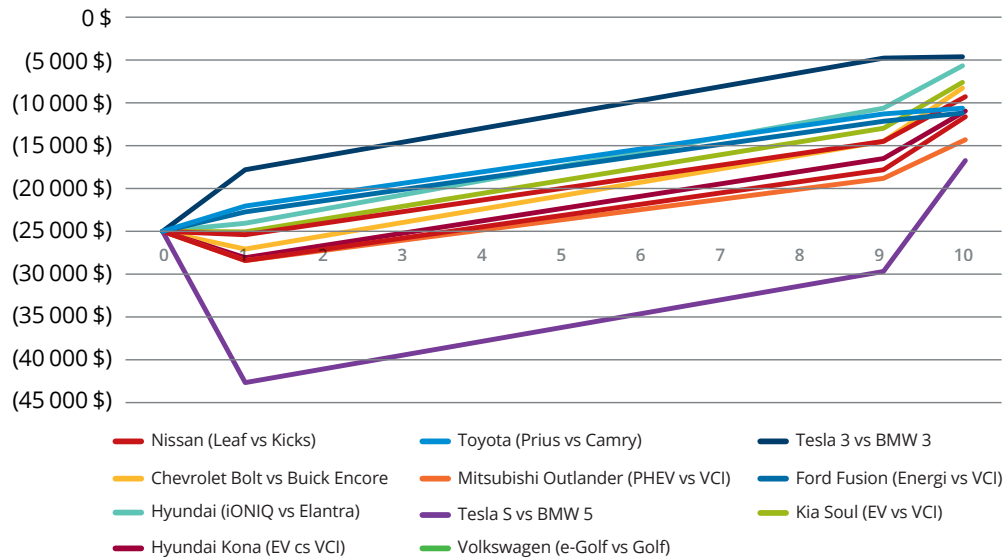
Ensuite, pour le scénario favorable aux VCI (voir Figure 20), aucun modèle n’obtient une VAN positive. L’option du VCI est donc plus avantageuse dans ces circonstances.

Figure 20 | VAN pour les véhicules de promenade (scénario favorable aux VCI)



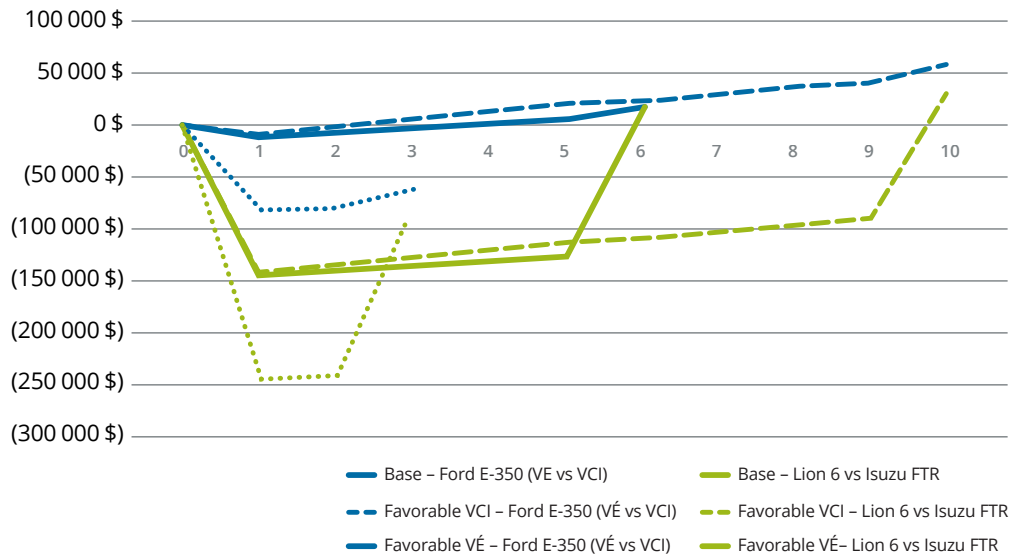
Finalement, pour le scénario favorable aux VÉ (voir Figure 21), tous les VÉ, à l’exception de la Tesla S, présentent une VAN positive entre 0 et 4 ans de possession. La Tesla S, quant à elle, ne devient préférable financièrement pour l’acheteur par rapport à la BMW 530i qu’après la 9e année de possession grâce à la revente du véhicule. On remarque aussi que la valeur de revente de la Tesla S, même après 10 ans de possession, fait bondir sa VAN beaucoup plus drastiquement que pour les autres modèles.

Figure 21 | VAN pour les véhicules de promenade (scenario favorable aux VÉ)



Finalement, concernant les 2 types de camions analysés, voici la VAN pour les 3 scénarios :

Figure 22 | VAN différentielle pour Ford E-350 (VÉ et VCI) et Lion 6 vs Isuzu FTR



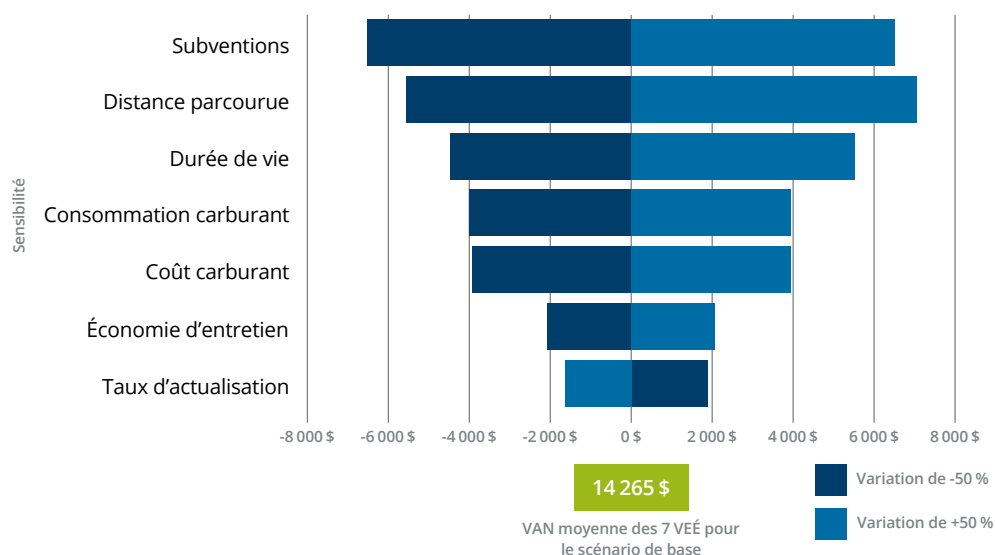
On constate que l'option électrique du Ford E-350 est avantageuse après au maximum 4 ans pour les scénarios de base 2020 et favorable aux VÉ. L'option du Lion 6, quant à elle, est plus avantageuse par rapport à l'Isuzu FTR uniquement lors de la revente du véhicule après 6 ans pour le scénario de base 2020 et 10 ans pour le scénario favorable aux VÉ.

3 | Analyse de sensibilité

Nous avons effectué une analyse de sensibilité pour tester l'impact de certaines variables indépendantes sur les résultats de la VAN pour le scénario de base. Nous avons fait varier chacune des variables, une à une et tout en gardant les autres variables constantes, de plus ou moins 50 % par rapport à la valeur de base. Les variables pour lesquelles nous avons fait l'analyse de sensibilité sont celles que nous avons fait varier d'un scénario à l'autre, ainsi que le taux d'actualisation, pour lequel nous voulions valider l'impact.

Nous présentons ici les résultats pour le VÉ moyen, c'est-à-dire la moyenne des 7 VEÉ analysés dans ce rapport (excluant la Tesla Model S). Les analyses de sensibilité réalisées pour chaque modèle pour le scénario de base sont présentées en détail à l'Annexe 3.

Figure 23 | Analyse de sensibilité pour le VÉ moyen



Les résultats de l'analyse et la représentation sous forme de graphique « Tornado » montre que c'est la variable « Subvention » qui a le plus d'impact sur la VAN, alors qu'une variation de + ou - 50 % fait diminuer ou augmenter la valeur du résultats d'environ 6000 \$ – ce qui équivaut à une variation d'environ 45 % pour la VAN moyenne de 14 265 \$.

Le graphique montre aussi que la variable dont l'impact est le plus minime est la variable « Taux d'actualisation », que nous fait passer de 2 % à 6 %. Si les couleurs sont inversées dans le graphique, c'est qu'elles montrent que contrairement aux autres variables, une variation de positive du taux d'actualisation (+ 50 %) – la faisant passer de 4 % à 6 % – fait diminuer la VAN. En effet, cela s'explique par le fait que plus le taux d'actualisation est élevé, plus petite est la valeur que l'on accorde à l'argent dans le futur, et les économies réalisées annuellement s'en trouvent donc réduites.

Finalement, les variables « Distance parcourue » et « Durée de vie » sont celles dont l'impact est le plus significatif après la variable « Subvention », ce qui illustre bien ce que notre analyse démontre : plus un VÉ est conservé longtemps et plus le nombre de kilomètres qu'il parcourt annuellement est élevé, plus les économies réalisées au cours de la durée de possession sont importantes, et plus fortes sont les chances que l'investissement initial supplémentaire lié à l'acquisition d'un VÉ soit compensé.

4 | Conclusion

Le modèle d'analyse financière comparative développé et présenté dans ce rapport nous a permis de comparer les coûts totaux de possession (CTP) des 11 véhicules de promenade électriques les plus en circulation au Québec avec leur équivalent à moteur à combustion interne et des 2 modèles de camions électriques actuellement éligibles aux subventions provinciales. Le modèle d'analyse est exhaustif en ce qu'il prend en compte de nombreux paramètres, et il contribue aux autres outils qui existent actuellement pour estimer le CTP. Le modèle est aussi innovant dans la façon dont il calcule la valeur résiduelle des véhicules en fonction des années d'utilisation, mais aussi du nombre de kilomètres parcourus, en se basant sur des courbes logarithmiques et polynomiales dérivées des données d'Edmunds et du calcul de la valeur de récupération en fin de vie.

Notre analyse démontre que, au 31 décembre 2020, tous les modèles de VÉ de promenade – sauf la Tesla Model S – sont préférables financièrement à leur modèle VCI équivalent au maximum après la 6^e année de possession du véhicule lorsque l'on applique le scénario de base 2020, et ce notamment grâce à la valeur de revente du véhicule, et qu'aucun modèle de VÉ de promenade n'est préférable financièrement à son modèle VCI équivalent lorsque l'on applique le scénario favorable aux VCI. L'analyse démontre aussi que pour le scénario de base 2020, le camion Ford E-350 électrique est intéressant financièrement pour l'acheteur après environ 4 ans de possession, et le camion Lion 6 n'est préférable à l'Isuzu FTR uniquement au moment de sa revente.

Cette analyse nous permet de conclure que les subventions et l'intensité d'utilisation d'un véhicule, c'est-à-dire le nombre d'années d'utilisation et le nombre de kilomètres parcourus annuellement, sont les facteurs ayant le plus de poids dans la détermination des bénéfices financiers liés à l'utilisation d'un VÉ par rapport à un véhicule à moteur combustion interne. Ainsi, plus un VÉ est conservé longtemps et plus il parcourt de kilomètres annuellement, plus il est probable que les économies liées au carburant, à l'entretien et à la dépréciation surpassent le coût d'acquisition initialement supérieur (dans la majorité des cas) des VÉ.

Puisque l'intensité d'utilisation d'un véhicule peut se voir réduite pour diverses raisons – la pandémie de COVID-19 illustre bien ce risque – il est moins risqué financièrement pour l'utilisateur d'acquérir le VÉ dont la différence de coût initial avec son équivalent à moteur à combustion interne est moindre, et dont les économies à l'usage sont plus importantes que pour les autres modèles.

Annexe 1

Paramètres liés aux coûts de capital des véhicules

Figure 24 | Coûts d'acquisition des véhicules de promenade et subventions³⁰

VÉ	PDSF	Subventions	VCI	PDSF
Nissan Leaf	46 898 \$	13 000 \$	Nissan Kicks	24 043 \$
Toyota Prius Prime	35 259 \$	6 500 \$	Toyota Camry	32 899 \$
Tesla Model 3	52 990 \$	13 000 \$	BMW 330i	52 348 \$
Chevrolet BOLT	47 148 \$	13 000 \$	Buick Encore	27 048 \$
Mitsubishi Outlander PHEV	46 013 \$	6 500 \$	Mitsubishi Outlander	32 148 \$
Ford Fusion Energi	31 793 \$	6 500 \$	Ford Fusion	28 222 \$
Hyundai iONIQ	41 499 \$	13 000 \$	Hyundai Elantra Sport	27 099 \$
Tesla Model S	105 990 \$	0 \$	BMW 530i	66 498 \$
Kia Soul EV	44 505 \$	13 000 \$	Kia Soul	28 905 \$
Hyundai Kona EV	45 326 \$	13 000 \$	Hyundai Kona	22 999 \$
Volkswagen e-Golf	45 645 \$	13 000 \$	Volkswagen Golf	29 405 \$
Ford E-350 (converti)	90 000 \$	45 000 \$	Ford E-350 (conventionnel)	68 200 \$
Lion 6	290 000 \$	75 000 \$	Isuzu FTR	100 000 \$

³⁰ Les prix sont ceux des véhicules de 2020 et proviennent des sites web ou de soumissions des manufacturiers.

Annexe 2

Paramètres liés aux coûts d'opération des véhicules

Figure 25 | Coûts d'opération des voitures et camions électriques

Modèle	Entretien (\$/km)		Assurance	L / 100 km			Batterie (kWh)	Range (km)
	Année 1-5	Année 6-10		75 % Ville	75 % aut.	Combinée		
Nissan Leaf	0,06 \$	0,08 \$	920,00 \$	N/A			62	305,375
Toyota Prius Prime	0,11 \$	0,15 \$	1 070,00 \$	4,7	4,7	4,6	8,8	35
Tesla Model 3	0,06 \$	0,08 \$	1 070,00 \$	N/A			53	351,75
Chevrolet BOLT	0,06 \$	0,08 \$	850,00 \$	N/A			60	335,125
Mitsubishi Outlander PHEV	0,11 \$	0,15 \$	1 020,00 \$	10,0	9,8	9,9	12	30,625
Ford Fusion Energi	0,11 \$	0,15 \$	1 040,00 \$	6,0	6,2	6,0	9	36,75
Hyundai iONIQ	0,06 \$	0,08 \$	1 070,00 \$	N/A			38,3	239,75
Tesla Model S	0,06 \$	0,08 \$	1 170,00 \$	N/A			100	566,125
Kia Soul EV	0,06 \$	0,08 \$	930,00 \$	N/A			64	395,5
Hyundai Kona EV	0,06 \$	0,08 \$	1 150,00 \$	N/A			64	363,125
Volkswagen e-Golf	0,06 \$	0,08 \$	1 000,00 \$	N/A			35,8	173,25
Ford E-350 (converti)	0,05 \$	0,07 \$	900,00 \$	N/A			86	218,75
Lion 6	Variable annuellement		900,00 \$	N/A			336	337,75

Toyota Prius Prime : 40 % du temps au gaz | 60 % du temps à l'électricité

Mitsubishi Outlander PHEV : 47 % du temps au gaz | 53 % du temps à l'électricité

Ford Fusion Energi : 47 % du temps au gaz | 53 % du temps à l'électricité

Figure 26 | Coûts d'opération des voitures et camions à combustion interne

Modèle	Entretien (\$/km)		Assurance	L / 100 km			Batterie (kWh)	Range (km)
	Année 1-5	Année 6-10		75 % Ville	75 % aut.	Combinée		
Nissan Kicks	0,13 \$	0,17 \$	860,00 \$	8,0	7,4	7,8	N/A	
Toyota Camry	0,13 \$	0,17 \$	980,00 \$	9,4	8,0	8,9		
BMW 330i	0,13 \$	0,17 \$	1 110,00 \$	9,6	8,2	9,0		
Buick Encore	0,13 \$	0,17 \$	750,00 \$	9,7	8,9	9,4		
Mitsubishi Outlander	0,13 \$	0,17 \$	1 045,00 \$	10,2	9,2	9,8		
Ford Fusion	0,13 \$	0,17 \$	915,00 \$	10,0	8,4	9,4		
Hyundai Elantra Sport	0,13 \$	0,17 \$	1 130,00 \$	10,5	9,2	9,9		
BMW 530i	0,13 \$	0,17 \$	1 130,00 \$	10,0	8,7	9,5		
Kia Soul	0,13 \$	0,17 \$	960,00 \$	8,9	8,1	8,5		
Hyundai Kona	0,13 \$	0,17 \$	1 015,00 \$	8,9	8,0	8,5		
Volkswagen Golf	0,13 \$	0,17 \$	900,00 \$	8,3	7,5	8,0		
Ford E-350 (conventionnel)	0,10 \$	0,15 \$	900,00 \$	28,1	25,9	27,0		
Isuzu FTR	Variable annuellement		900,00 \$	28,1	25,9	27,0		

Figure 27 | Coûts d'entretien Lion 6 et Isuzu FTR

Année	Entretien (\$/km) - Lion 6 et Isuzu FTR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lion 6	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Isuzu FTR	0,13	0,15	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	0,2	0,21	0,22

Annexe 3

Analyses de sensibilité pour le scénario de base

Figure 28 | Analyse de sensibilité (Nissan Kicks vs Leaf) - Scénario de base

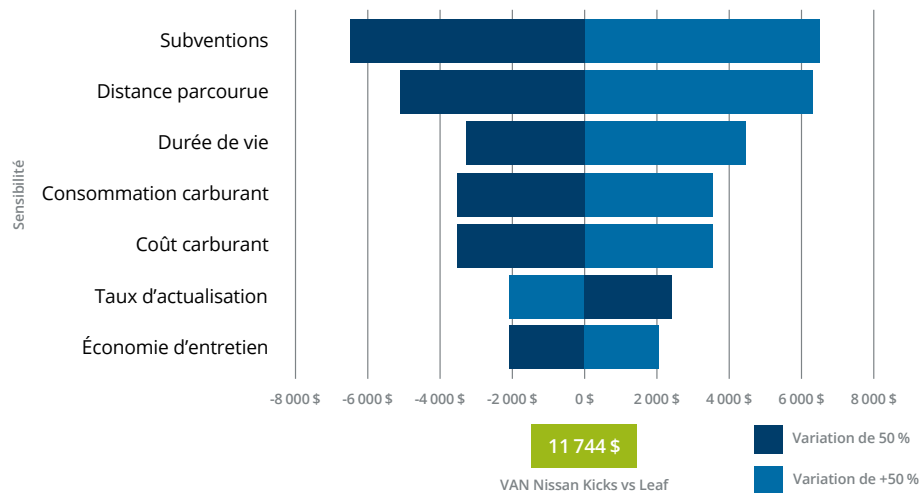


Figure 29 | Analyse de sensibilité (Toyota Camry vs Prius Prime) - Scénario de base

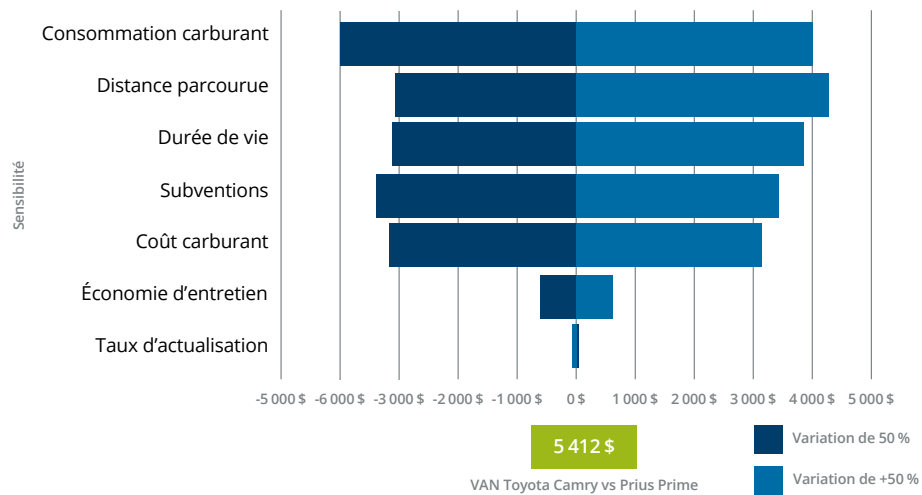


Figure 30 | Analyse de sensibilité (Tesla 3 vs BMW 330i) - Scénario de base

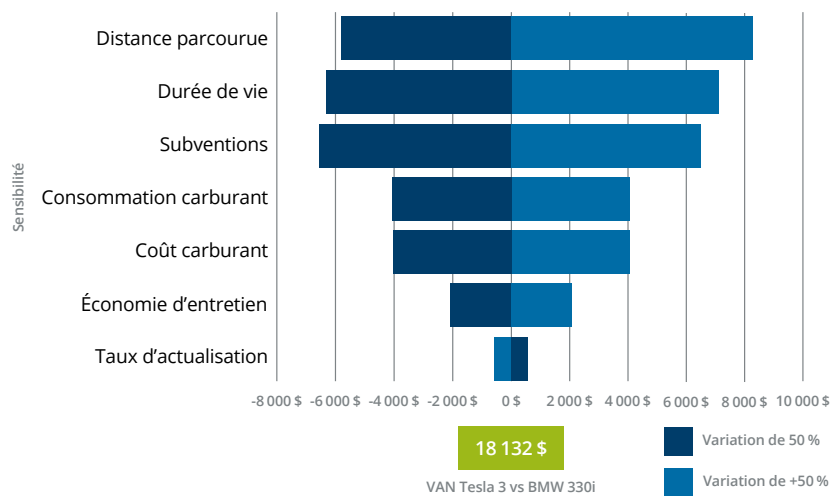


Figure 31 | Analyse de sensibilité (Chevrolet Bolt vs Buick Encore) - Scénario de base

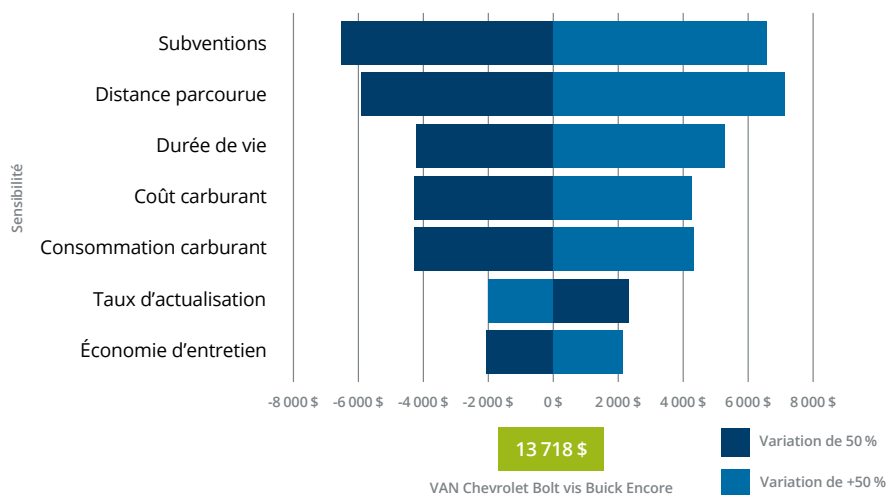


Figure 32 | Analyse de sensibilité (Mitsubishi Out. PHEV vs VCI) - Scénario de base

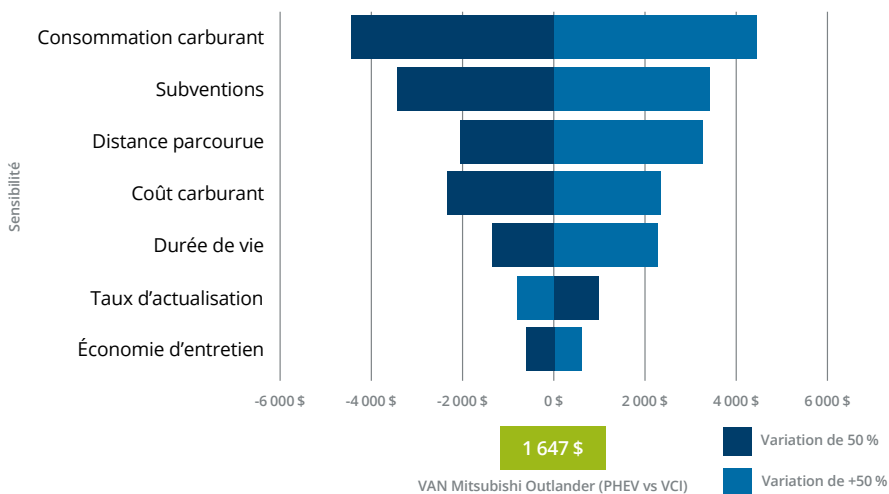


Figure 33 | Analyse de sensibilité (Ford Fusion - Energi vs VCI) - Scénario de base

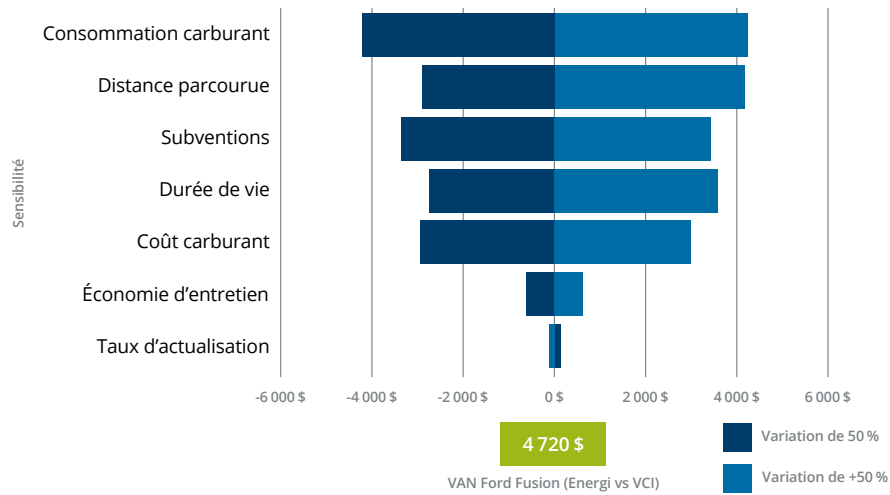


Figure 34 | Analyse de sensibilité (Hyundai IONIQ vs Elantra) - Scénario de base

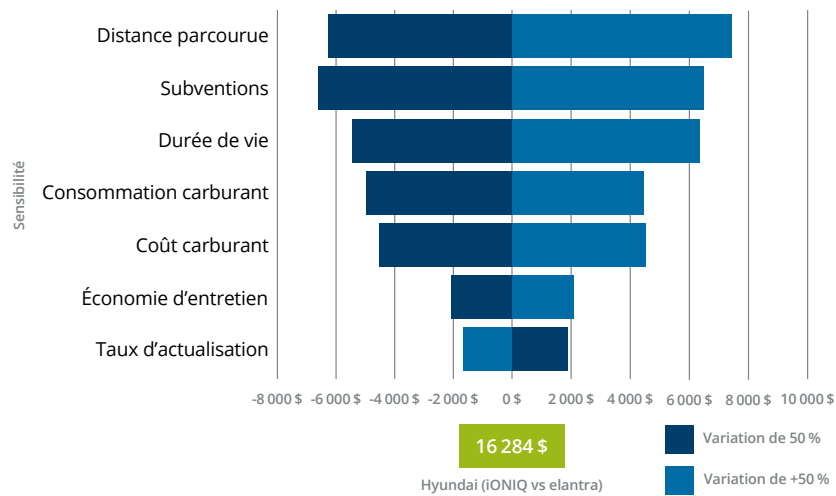


Figure 35 | Analyse de sensibilité (Tesla S vs BMW 5) - Scénario de base

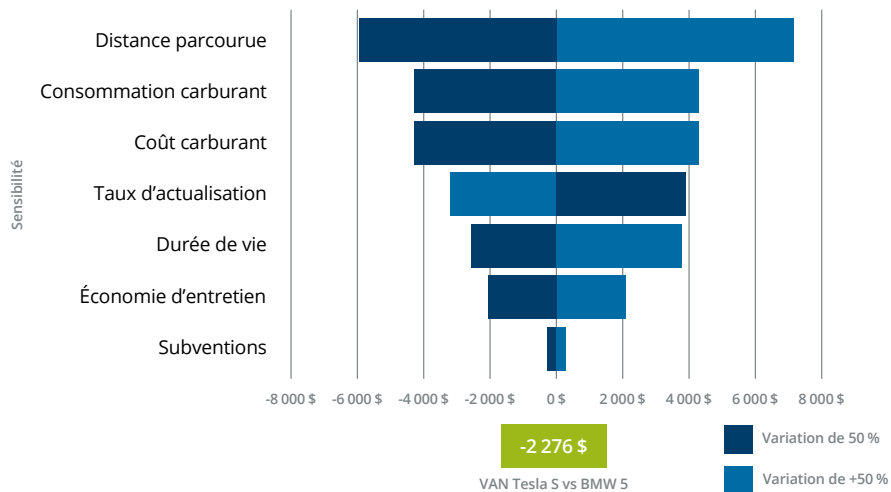


Figure 36 | Analyse de sensibilité (Kia Soul EV vs VCI) - Scénario de base

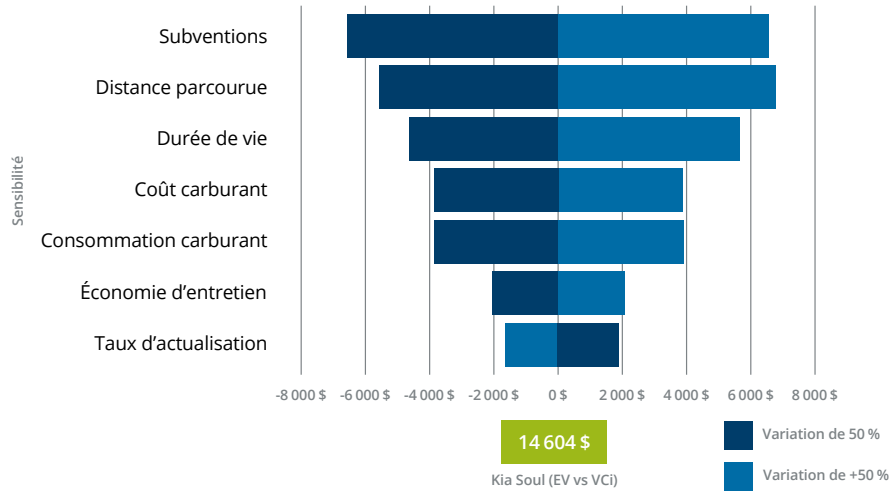


Figure 37 | Analyse de sensibilité (Hyundai Kona EV vs VCI) - Scénario de base

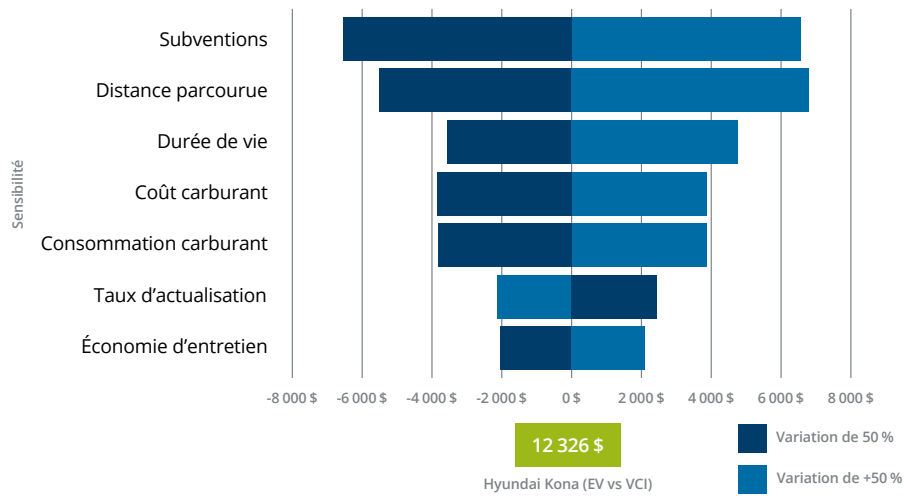


Figure 38 | Analyse de sensibilité (Volkswagen e-Golf vs Golf) - Scénario de base

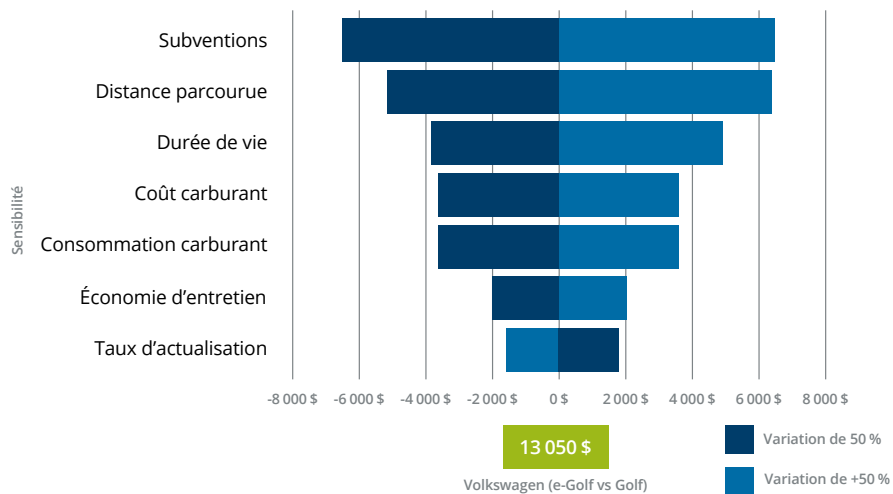


Figure 39 | Analyse de sensibilité (Ford E-350 - VÉ vs VCI) - Scénario de base

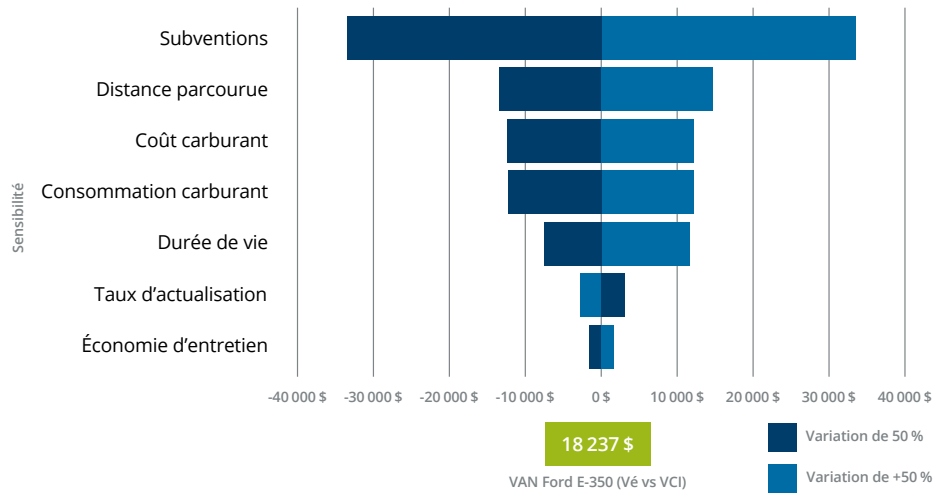
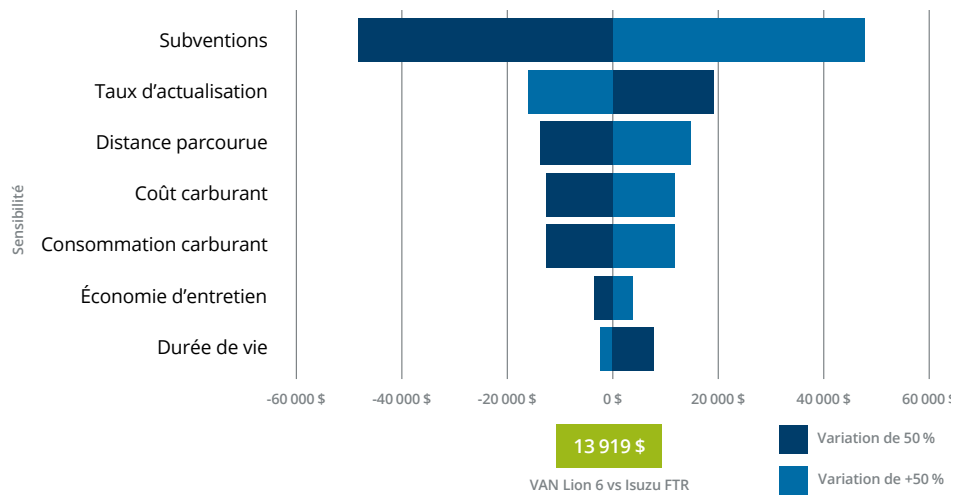


Figure 40 | Analyse de sensibilité (Lion 6 vs Isuzu FTR) - Scénario de base



Méthodologie

Mesures de rentabilité

Pour les calculs du TRI, de la VAN et du DR, nous nous sommes basés sur un taux d'actualisation à 4 %. Il s'agit donc du seuil d'intérêt qui justifie l'investissement dans l'acquisition du véhicule ; en deçà de ce taux, l'investissement ne serait pas suffisamment rentable. Nous avons choisi de fixer le taux d'actualisation à 4 % puisqu'il représente un taux un peu plus élevé que le taux d'un placement peu risqué dans lequel l'acheteur aurait pu choisir d'investir le même montant (les rendements moyens des obligations canadiennes en 2019 tournaient autour de 1,75 %³¹). Nous avons choisi un taux un peu plus élevé afin de prendre en considération les préférences des consommateurs, pour lesquels la valeur temporelle de l'argent est souvent plus grande au présent qu'au futur.

Les outils mentionnés nous indiquent que le projet d'acheter un VÉ est intéressant financièrement lorsque le TRI est suffisamment supérieur au taux d'actualisation de 4 % et lorsque la VAN est positive. Lorsque le TRI est supérieur au taux d'actualisation, cela signifie que la VAN est positive. Lorsque la VAN est positive, le projet d'achat est rentable.

Coûts d'électricité

Pour les camions, nous supposons que les entreprises ne dépassent pas le seuil de 210 000 kWh, ce qui les ferait passer à la deuxième tranche du Tarif M ; ce seuil est assez élevé pour justifier que bon nombre d'entreprises ne le franchissent pas, et cela serait en outre trop complexe à calculer le cas échéant, étant donné la grande variation de taille et d'activité entre les entreprises. Nous supposons aussi qu'aucune demande en puissance supplémentaire n'est nécessaire, étant donné les technologies permettant d'aplanir la courbe d'appel en puissance lors de la recharge des véhicules, et considérant que ceux-ci sont souvent chargés la nuit, lorsque les activités de l'entreprise sont à l'arrêt ou ralenties.

On suppose que les véhicules sont exclusivement rechargés à domicile ou au travail (plutôt qu'à l'extérieur au tarif BR). Nous aurions pu faire varier ces coûts pour chaque scénario, en faisant varier le % de recharges effectuées à l'extérieur du domicile ou du lieu de travail, où le tarif BR de 0,1104 \$ / kWh s'applique. Néanmoins, nous avons choisi de ne pas le faire, supposant que dans la majorité des cas les recharges sont effectuées à domicile ou au lieu de travail, et considérant qu'une variation de 1¢ dans le coût de l'électricité, pour une consommation typique d'environ 20 kWh / 100 km, fait varier le coût total d'environ 200 \$-600 \$ sur 10 ans. Cette différence est assez minime par rapport au coût total de possession pour justifier le fait d'utiliser uniquement les tarifs applicables au domicile ou au milieu de travail pour tous les scénarios.

Calcul de dépréciation

Nous avons dérivé des courbes de tendance de la moyenne des données suivantes, pour les VÉ et VCI respectivement : coût d'achat initial, dépréciation pour les 5 premières années pour chaque type de véhicule selon l'outil Total Ownership Cost® de Edmunds Inc., et la valeur de récupération en fin de vie utile.

³¹ Banque du Canada (2020). Rendements des obligations. Récupéré de <https://www.banqueducanada.ca/taux/taux-dinteret/obligations-canadiennes/>

L'outil Total Ownership Cost® de Edmunds Inc. est intéressant puisqu'il calcule la valeur de la dépréciation de chaque marque et modèle de véhicules en se reposant sur une grande base de données. Cet outil a d'ailleurs déjà été utilisé ailleurs dans la littérature pour calculer la valeur de la dépréciation en raison de sa fiabilité³². L'outil est ainsi construit : « Il s'agit du montant par lequel la valeur d'un véhicule diminue de son prix d'achat à sa valeur de revente estimée. Le prix d'achat utilisé est le prix comptant total du véhicule, moins les taxes et les frais inclus dans ce montant. Nous estimons la valeur de revente en supposant que le véhicule sera dans un état « propre », parcourra environ 25 000 kilomètres par an et sera vendu à une partie privée. »³³ Nous avons effectué des opérations mathématiques sur les données de dépréciation afin qu'elles correspondent aux prix d'achat canadien des divers types de véhicules, et au kilométrage annuel selon nos divers scénarios.

La valeur de récupération des véhicules en fin de vie utile est basée sur les données tirées d'un rapport de Kelleher Environmental pour Energy API en 2019³⁴. Ce rapport évalue que la valeur d'un véhicule après 20 ans, soit en fin de vie utile, est d'environ 1,5 % de son prix de vente initial. Le rapport se base aussi sur la valeur résiduelle des batteries électriques pour les véhicules purement électriques (BEV) et les véhicules hybrides (PHEV), qu'il tire d'un rapport préparé par le groupe Circular Energy Storage en 2019. Nous avons choisi de baser nos calculs sur la valeur résiduelle de 24 \$ pour les BEV et 19 \$ pour les PHEV, valeur estimée pour les batteries dont le coût initial est de 150 \$ / kWh (ce qui est proche de la valeur des nouvelles batteries aujourd'hui – on estime dans la littérature que le prix des batteries devraient descendre sous le seuil de 100 \$ / kWh entre 2020 et 2025)³⁵. Cette valeur est aussi basée sur une « profondeur de décharge » (depth of discharge – DoD) de 60 %, soit l'option la plus conservatrice parmi celles proposées dans le rapport.

Figure 41 - Estimation des coûts de réutilisation des batteries électriques³⁶

New Battery Price	Second Life DoD	Véhicule	Second Life Health Factor	Refurbished Battery Market Price (\$/kWh)	Used Battery Salvage Value (\$/kWh)	Cost of Refurbishment (\$/kWh)
\$250/kWh	60 %	BEV75	0.33	83	51	32
		PHEV20	0.29	73	43	30
	50 %	BEV75	0.72	180	131	49
		PHEV20	0.65	163	117	46
\$150/kWh	60 %	BEV75	0.33	50	24	26
		PHEV20	0.29	44	19	25
	50 %	BEV75	0.72	108	72	36
		PHEV20	0.65	98	64	34

32 Raustad, Richard (2017). *Electric Vehicle Life Cycle Cost Analysis*, Rapport n. FSEC-CR-2053-17, Floride, Electric Vehicle Transportation Center, 25p.

33 Traduction libre. Source : Edmunds (2020). *Cost of Car Ownership*, Edmunds. Récupéré de <https://www.edmunds.com/tco.html>

34 Kelleher Environmental (2019). *Research Study on Reuse and Recycling of Batteries Employed in Electric Vehicles*, Rapport de septembre 2019, Kelleher Environmental, 203 p.

35 Idem.

36 Figure 9 de *Research Study on Reuse and Recycling of Batteries Employed in Electric Vehicles*, Rapport de septembre 2019, Kelleher Environmental, page 39.

La valeur utile des VCI a donc été calculée comme étant de 1,5 % du prix d'achat du véhicule, et celle des VÉ a été calculée comme étant de 1,5 % du prix d'achat + l'équivalent de 24 \$ / kWh pour les véhicules électriques et 19 \$ / kWh pour les véhicules hybrides.

Nous avons ensuite dérivé les courbes de tendance suivantes pour la dépréciation :

$$\mathbf{VCI} : y = 115,75x^2 - 4537,6x + \text{PDSF} + 4421,85$$

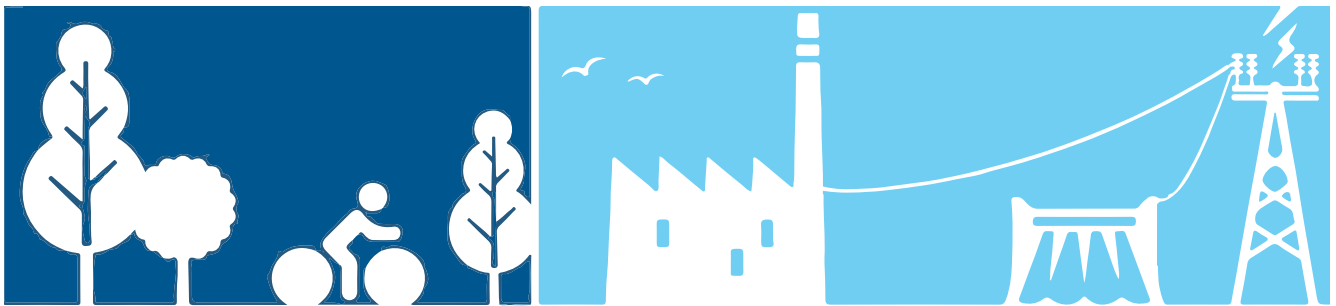
$$\mathbf{VÉ} : y = -14217\ln(x) + \text{PDSF}$$

Le « PDSF » (prix de détail suggéré par le constructeur) varie selon chaque modèle de véhicule auquel la formule est appliquée. Le « x » représente la période à laquelle on applique la formule, qui varie selon l'année et selon le nombre de kilomètres parcourus annuellement. Nous appliquons la formule à chaque véhicule ; si la valeur résiduelle descend sous la valeur de récupération en fin de vie utile calculée au départ, nous choisissons d'appliquer cette dernière.

Bibliographie

- Atlas Public Policy (2020). *Fleet Procurement Analysis Tool*, Atlas Public Policy, récupéré de <https://atlaspolicy.com/rand/fleet-procurement-analysis-tool/>
- AVÉQ (2019). *Statistiques SAAQ-AVÉQ sur l'électromobilité au Québec en date du 30 septembre 2019*, Actualités, récupéré de <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-30-septembre-2019-infographie>
- AVÉQ (2020). *Utilisation hivernale*, Récupéré de <https://www.aveq.ca/utilisation-hivernale.html>
- Banque du Canada (2020). *Rendements des obligations*. Récupéré de <https://www.banqueducanada.ca/taux/taux-dinteret/obligations-canadiennes/>
- Bourque, Gilles L. et Jonathan Ramacieri (2019). *Étude sur la comparaison du coût total de possession des véhicules à essence et électriques*, Note de recherche, Institut de recherche en économie contemporaine, 22 p.
- CAA (2020). *Coûts d'utilisation d'un véhicule*. Récupéré de <https://coutsdutilisation.caa.ca/fr/>
- Demuro, Doug (2019). « *Buying a Car : How Long Can You Expect a Car to Last ?* », Autotrader, Section Car Buying. Récupéré de <https://www.autotrader.com/car-shopping/buying-car-how-long-can-you-expect-car-last-240725>
- Edmunds (2020). *Cost of Car Ownership*, Edmunds. Récupéré de <https://www.edmunds.com/tco.html>
- Gouvernement du Canada (2018). *Greenhouse Gas Pollution Pricing Act*, S.C. 2018, c. 12, s. 186, Schedule 4, récupéré de <https://www.canlii.org/en/ca/laws/stat/sc-2018-c-12-s-186/139160/sc-2018-c-12-s-186.html>
- Hydro-Québec (2019). « *Tarifs d'électricité en vigueur le 1er avril 2019* », *Rapport 2019*, Récupéré de <https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/tarifs-electricite.pdf>
- Kelleher Environmental (2019). *Research Study on Reuse and Recycling of Batteries Employed in Electric Vehicles, Rapport de septembre 2019*, Kelleher Environmental, 203 p. Récupéré de <https://www.api.org/~media/Files/Oil-and-NaturalGas/Fuels/Kelleher%20Final%20EV%20Battery%20Reuse%20and%20Recycling%20Report%20to%20API%2018Sept2019%20edits%2018Dec2019.pdf>
- La Presse Canadienne (2020, 11 déc). « *Ottawa dévoile sa stratégie pour réduire ses émissions de GES* », Les Affaires, section Gouvernement. Récupéré de <https://www.lesaffaires.com/secteurs-d-activite/gouvernement/ottawa-devoile-sa-strategie-pour-reduire-ses-emissions-de-ges/621875>
- Le Guide de l'auto (2020). *Manufacturiers*. Récupéré de <https://www.guideautoweb.com/constructeurs/>
- Logtenberg, Ryan and al. (2018). *Comparing Fuel and Maintenance Costs of Electric and Gas-Powered Vehicles in Canada*, Report, 2 degrees institute, 22p.
- NACFE (2019). *Medium-Duty Battery Electric Vehicle TCO Calculator User Inputs*, Feuille de calcul, NACFE. Récupéré de <https://nacfe.org/emerging-technology/medium-duty-electric-trucks-cost-of-ownership/>
- Office of Energy Efficiency (2010). *2008 Canadian Vehicle Survey Update Report*, Rapport annuel de 2008, Ressources naturelles Canada, 39 p.

- Raustad, Richard (2017). *Electric Vehicle Life Cycle Cost Analysis*, Rapport n. FSEC-CR-2053-17, Floride, Electric Vehicle Transportation Center, 25p. Récupéré de <http://fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/fsec-cr-2053-17.pdf>
- Régie de l'énergie du Québec (2020). « *Essence ordinaire : prix moyen affiché par région administrative du Québec* », Rapport 2019, récupéré de http://www.regie-energie.qc.ca/energie/archives/ordinaire/ordinaire_moyen2019.pdf
- Ressources naturelles Canada (2020). « *Guide de consommation de carburant 2020* », Rapport, Gouvernement du Canada, 42 p. Récupéré de <https://www.rncan.gc.ca/sites/rncan/files/oeef/pdf/transportation/tools/fuelratings/Guide%20de%20consommation%20de%20carburant%202020.pdf>
- Ressources naturelles Canada (2018). *Facteurs ayant des répercussions sur le rendement du carburant*, Gouvernement du Canada. Récupéré de <https://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/efficacite-energetique-pour-les-transports-et-carburants-de-remplacement/choisir-le-bon-vehicule/conseils-pour-lachat-dun-vehicule-ecoenergetique/facteurs-ayant-des-repercussions-9>
- Transition énergétique Québec (2019). *Recharge à domicile*. Récupéré de <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/decouvrir/recharge/recharge-domicile.asp>
- Transition énergétique Québec (2019). *Rabais du gouvernement*. Récupéré de <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/rabais/rabais-offert-gouvernement-du-quebec.asp>
- Transport Canada (2020). *List of eligible vehicles under the iZEV Program*. Récupéré de <https://tc.canada.ca/en/road-transportation/innovative-technologies/zero-emission-vehicles/list-eligible-vehicles-under-izev-program>
- Twin, Alexandra (2019). *“Total Cost of Ownership – TCO”*, Investopedia. Récupéré de <https://www.investopedia.com/terms/t/totalcostofownership.asp>



Comparaison des coûts totaux
de possession de véhicules électriques
et conventionnels au Québec :
Analyse financière pour les modèles
les plus en circulation au Québec

Chaire de gestion
du secteur de l'énergie
HEC MONTRÉAL

energie.hec.ca