



Pistes de solutions pour l'électrification du parc d'autobus scolaires du Canada



Avril 2023

149

Alliance canadienne pour
l'électrification
des autobus
scolaires

Équiterre

Green Communities
CANADA

dunsky

Soumis à :

Équiterre

Équiterre

Équipe de mobilité durable

<https://www.equiterre.org/>

Préparé par :

 **dunsky**

Dunsky Énergie + Climat

50, rue Sainte-Catherine Ouest, bureau 420

Montréal (Québec) H2X 3V4

www.dunsky.com/fr/ | info@dunsky.com

+1 514 504 9030

À propos de Dunsky



Dunsky est fier de soutenir les principaux acteurs – gouvernements, entreprises d'énergie, grandes corporations et autres – dans leurs démarches pour **accélérer la transition énergétique** de façon efficace et responsable.

Forte d'une équipe de 50 experts, Dunsky œuvre dans les domaines des Bâtiments, de la Mobilité, de l'Industrie et de l'Énergie. Basés au Québec, nous appuyons nos clients de deux façons : par l'**Analyse** rigoureuse des opportunités (technique, économique, marchés), et par la conception ou l'évaluation de **Stratégies** (plans, programmes, politiques) pour en assurer le déploiement.

The top section of the graphic features the Dunsky logo on the left, which includes the text "dunsky Énergie + Climat" and the tagline "ACCÉLÉRER LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE". To the right of the logo are two icons: a bar chart with an upward arrow and a circular flow diagram, both labeled "ANALYSE + STRATÉGIE". Further right are four circular icons representing different sectors: a building for "BÂTIMENTS", a truck and bicycle for "MOBILITÉ", a factory for "INDUSTRIE", and a solar panel for "ÉNERGIE".

The middle section is a map of North America, including parts of Canada, the United States, and Mexico. The map is populated with numerous logos of government entities, energy companies, and corporations. These logos are categorized into three groups at the bottom of the map: "GOUVERNEMENTS", "ENTREPRISES D'ÉNERGIE", and "CORPORATIF + OBNL".

Visitez dunsky.com pour de plus amples renseignements.

Liste des abréviations

ACEAS	Alliance canadienne pour l'électrification des autobus scolaires
ASE	Autobus scolaire électrique
ASM	Autobus scolaire multifonction
BIC	Banque de l'infrastructure du Canada
CAD	Dollars canadiens
CTP	Coût total de possession
DPA	Déduction pour amortissement
É.-U.	États-Unis
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agence américaine de protection de l'environnement)
FTCZE	Fonds pour le transport en commun à zéro émission
G\$	Milliards de dollars
GES	Gaz à effet de serre
GWh	Gigawatt-heures
kWh	Kilowatt-heures
M\$	Millions de dollars
PIVEZ	Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro
RCP	Règlement sur les combustibles propres
RNCan	Ressources naturelles Canada
V2G	Véhicule-réseau
VE	Véhicule électrique
VML	Véhicules moyens et lourds
VZE	Véhicule zéro émission

Sommaire

Le gouvernement du Canada vise à ce que 35 % des ventes de tous les véhicules moyens et lourds (VML) soient des véhicules zéro émission (VZE) d'ici 2030, et 100 % d'ici 2040. Les autobus scolaires, plus particulièrement, représentent une solution facile pour la transition vers des VML à zéro émission : leurs itinéraires sont prévisibles et souvent relativement courts. Entre les trajets planifiés, ils sont généralement ramenés à une installation centrale où ils peuvent être rechargés, ce qui en fait des candidats idéaux pour l'électrification. Non seulement les autobus scolaires électriques (ASE) contribuent à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), mais ils présentent aussi des avantages notables pour la santé et peuvent abaisser considérablement les coûts d'exploitation.

En raison des avantages appréciables que présentent ces véhicules, l'Alliance canadienne pour l'électrification des autobus scolaires (ACEAS) a été fondée pour soutenir les engagements politiques de tous les ordres de gouvernement afin de permettre une transition généralisée vers les ASE d'ici 2040. Dans la présente étude, nous cherchons à mieux comprendre la faisabilité de la cible de l'ACEAS d'un parc d'autobus scolaires canadiens entièrement électrique d'ici 2040 et à déterminer si une cible plus ambitieuse serait envisageable. À cet effet, nous répondons aux questions suivantes.

- Quelles sont les cibles fixées par d'autres gouvernements pionniers pour les ASE?
- Quel sera le coût d'une transition complète vers des ASE?
- Combien d'ASE devraient être adoptés chaque année pour atteindre la cible provisoire de l'ACEAS d'électrification totale d'ici 2040, et la cible plus ambitieuse prévoyant la conversion complète d'ici 2035?
- L'offre d'ASE sera-t-elle suffisante pour atteindre l'une ou l'autre de ces cibles?
- Quelles mesures politiques le gouvernement fédéral devrait-il mettre en place pour soutenir cette transition?

Contexte

La figure S1 présente une répartition des parcs d'autobus scolaires par type dans chaque province et territoire du Canada. On estime que le parc canadien d'autobus scolaires en service compte entre 45 000 et 50 000 véhicules, en grande majorité dotés d'un moteur diesel.

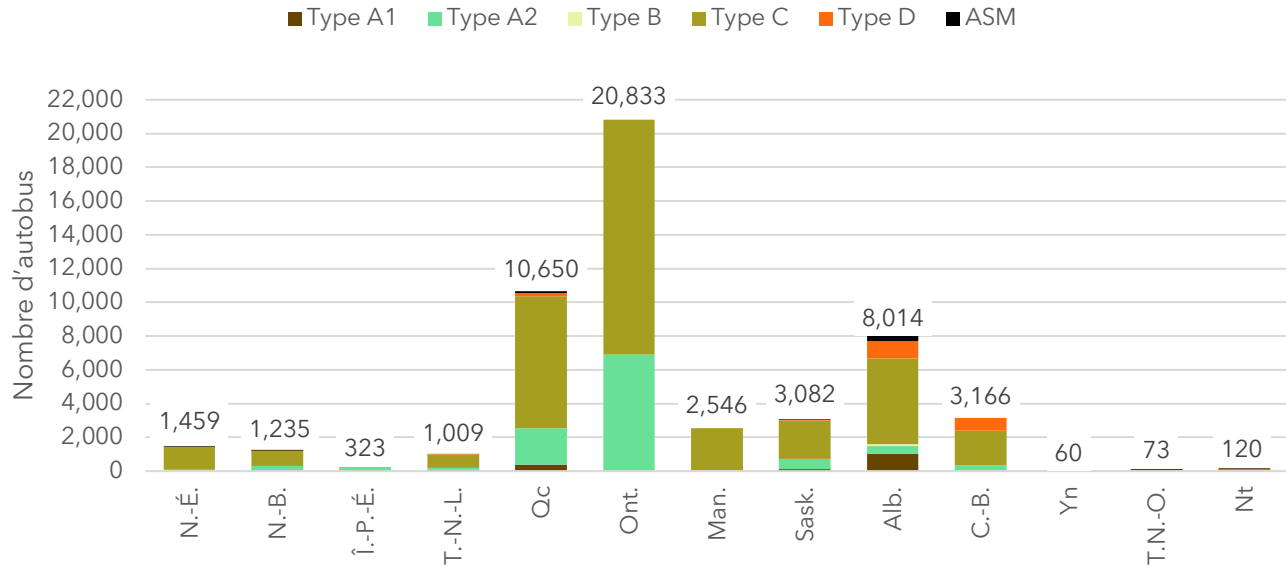


Figure S1. Répartition des parcs d'autobus scolaires provinciaux et territoriaux, par type

Un certain nombre de provinces canadiennes et d'États américains ont commencé à s'engager envers l'électrification de leurs parcs d'autobus scolaires. Ces engagements ont pris la forme de cibles de vente, ainsi que de programmes de financement destinés à favoriser l'achat d'ASE. Bien que le gouvernement du Canada n'ait pas encore fixé de cible précise pour les autobus scolaires zéro émission, ceux-ci entrent dans le cadre de la cible actuelle voulant que 35 % des ventes totales de VML soient des VZE d'ici 2030, et 100 % d'ici 2040. Étant donné qu'il ne s'agit que de 100 % des nouvelles ventes d'ici 2040, et non de la conversion du parc entier à l'électricité d'ici cette date, cette cible est insatisfaisante par rapport à celles de certaines provinces canadiennes et d'États américains pionniers.

Le coût de la transition complète vers des ASE

Aperçu des coûts des ASE

On peut répartir en quatre composantes principales le coût de possession d'un ASE : 1) le coût initial du véhicule; 2) le coût de l'électricité; 3) les frais d'entretien, et 4) les dépenses liées à l'infrastructure de recharge. Le coût initial élevé des ASE constitue l'un des principaux obstacles à leur adoption dans un proche avenir. Ces autobus peuvent coûter entre 1,5 et 2,5 fois le prix d'un autobus à moteur à combustion interne équivalent (voir la figure S2).

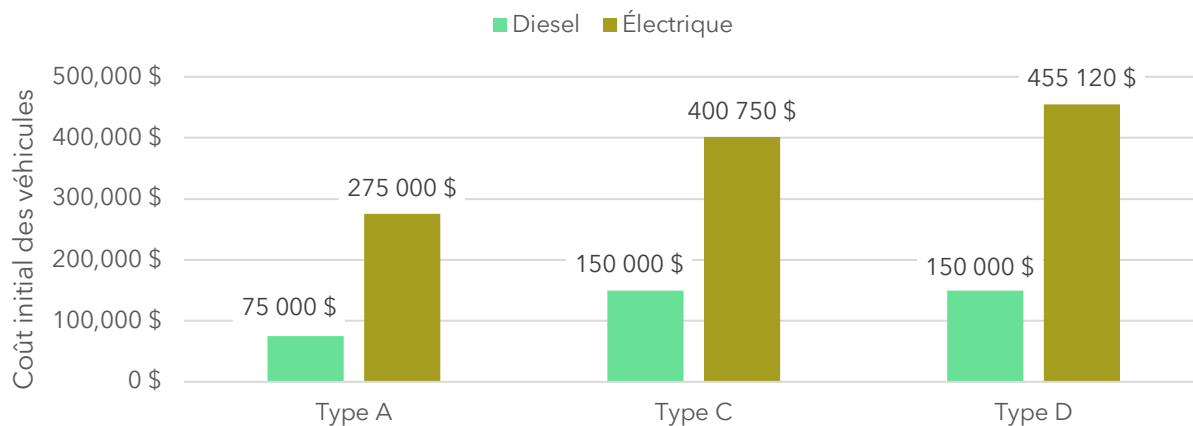


Figure S2. Coût initial des autobus à moteur diesel et électriques

D'autre part, nous calculons qu'en moyenne, l'alimentation en courant d'un ASE coûtera 80 % de moins que le diesel, et que l'économie dans les frais d'entretien de l'ASE sera d'au moins 50 %.

Compte tenu de la nature de l'utilisation des autobus scolaires — le fait qu'ils retournent habituellement à une installation centrale entre les trajets planifiés où leur temps d'arrêt est important — la recharge des ASE à leur base à l'aide d'une borne de niveau 2 est tout à fait appropriée. Nous estimons que le coût d'acquisition et d'installation d'une borne de recharge de niveau 2 s'élève à 10 000 \$, excluant le coût des améliorations électriques nécessaires pour soutenir les besoins additionnels.

Sources potentielles de revenus

Outre les économies de coûts d'exploitation qu'offrent les ASE, les propriétaires auront également la possibilité de tirer parti du Règlement sur les combustibles propres (RCP), lequel entrera en vigueur à l'échelle nationale en 2023, ainsi que des programmes véhicule-réseau (V2G) mis en place par les services publics pour générer des revenus. Si l'on situe la valeur d'un crédit à 300 \$, un autobus pourrait rapporter plus de 5 000 \$ de revenus annuellement en vertu du RCP, et de l'ordre de 1 200 à 4 000 \$ grâce aux programmes V2G s'ils devaient être instaurés.

Sources de financement fédéral

Le gouvernement fédéral offre deux sources principales de financement non remboursable : le Fonds pour le transport en commun à zéro émission (FTCZE) et le Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro (PIVEZ). En plus de ces sources de financement non remboursables, la Banque canadienne de l'infrastructure (BIC) propose des prêts directs dans le cadre de l'Initiative d'autobus à zéro émission, et des crédits d'impôt sont offerts dans le cadre du programme de déduction pour amortissement accéléré (DPA). En outre, un certain nombre de provinces et territoires offrent leurs propres programmes de financement.

Comparaison du coût total de possession des autobus électriques et des autobus à moteur diesel

Les ASE permettent de réaliser d'importantes économies dans les coûts d'exploitation par rapport à leurs équivalents à moteur diesel, mais leurs coûts initiaux élevés peuvent constituer un obstacle important à l'adoption. Il est estimé que, sans financement adéquat, le coût total de possession (CTP) de chacun des principaux types d'ASE serait plus élevé que celui d'un autobus à moteur diesel équivalent (voir la figure S3).

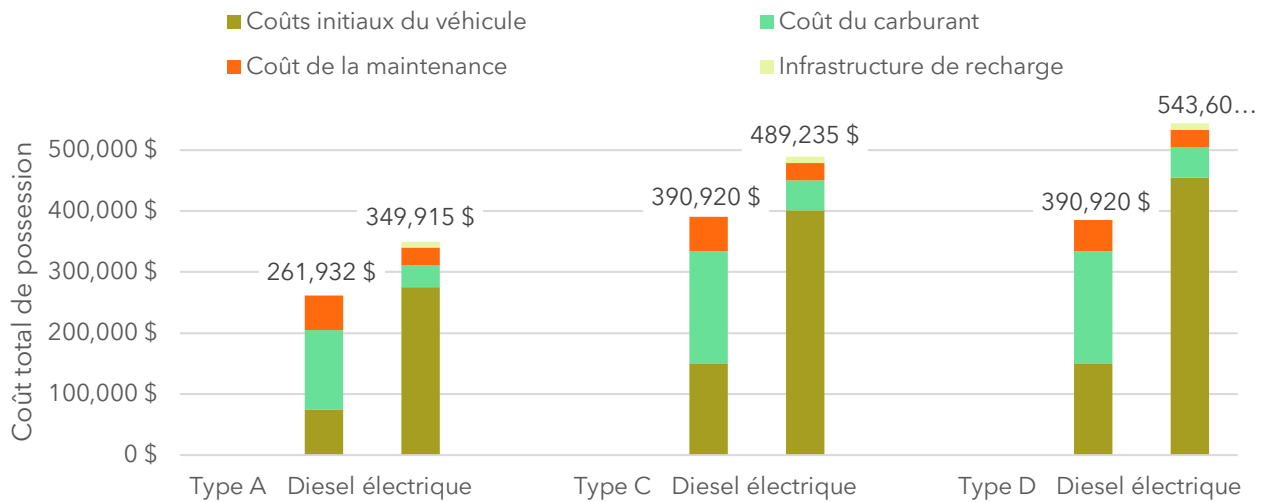


Figure S3. Comparaison du CTP des autobus scolaires à moteur diesel et électriques, par type

Les programmes fédéraux peuvent réduire de manière substantielle le coût initial d'un ASE. S'ils tiraient parti du FTCZE, du PIVEZ et du prêt de la BIC, les propriétaires de parcs pourraient éventuellement déboursier des montants inférieurs pour couvrir les coûts d'investissement initiaux des ASE à ceux de leurs équivalents à moteur diesel (voir la figure S4).

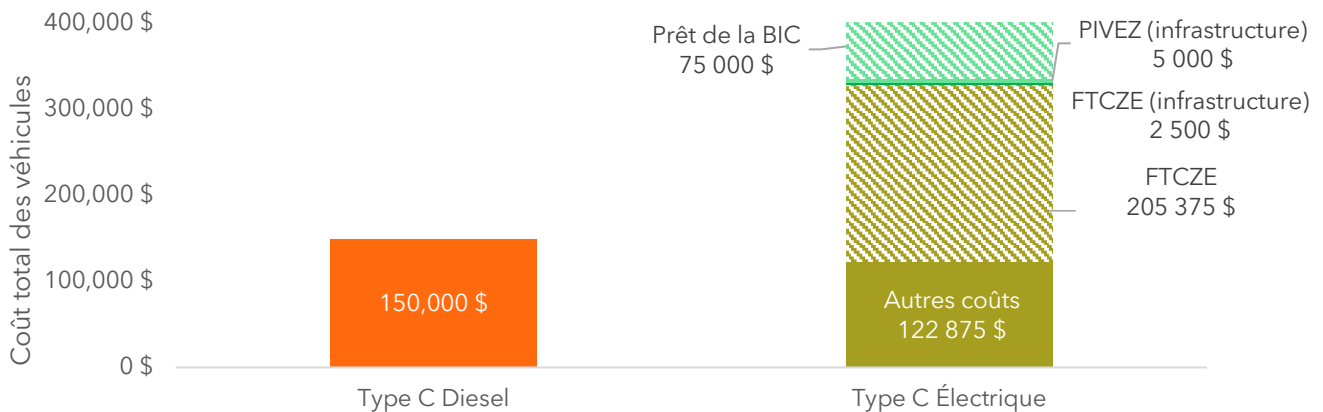


Figure S4. Coût initial des autobus scolaires à moteur diesel et électriques de type C avec un financement fédéral maximal

De même, en participant aux programmes du RCP et V2G dès leur entrée en vigueur, les propriétaires d'autobus scolaires peuvent réduire davantage la période de recouvrement des autobus électriques (voir le tableau S1). En ce qui concerne les autobus de type C, lesquels représentent 71 % des autobus scolaires au Canada, s'ils tirent parti des montants maximaux de financement fédéral ainsi que des revenus des programmes du RCP et V2G, les propriétaires de parcs pourraient réduire à 2,7 ans la période normale de 19,3 ans de recouvrement d'un ASE.

Tableau S1. Période de recouvrement des ASE selon différents scénarios de financement et de production de revenus

	Type A	Type C	Type D
Aucun financement ou revenu additionnel	20,7 ans	19,3 ans	23,3 ans
Financement fédéral (FTCZE + PIVEZ)	7,0 ans	4,4 ans	6,4 ans
Financement fédéral + revenus du programme du RCP	5,3 ans	3,2 ans	4,6 ans
Financement fédéral + revenus du programme V2G	5,4 ans	3,6 ans	4,6 ans

Tracer une voie vers l'adoption complète d'ASE

Taux de conversion du parc d'autobus scolaires

Nous avons calculé le nombre d'autobus scolaires qui devraient être convertis à l'électricité chaque année pour atteindre la cible de l'ACEAS voulant que tous les autobus scolaires en service soient électriques d'ici 2040, et pour déterminer les démarches pour atteindre une cible plus ambitieuse d'électrification totale des autobus scolaires d'ici 2035. Cette étude a pris en compte la répartition actuelle de l'âge des autobus dans le parc et le seuil de mise hors service typique de 12 ans.

- 1. Électrification totale des autobus scolaires d'ici 2040** : plus de 2 850 autobus devraient être convertis à l'électricité en moyenne chaque année, de 2023 à 2040. Ce nombre indique que des autobus scolaires seront mis hors service dans une proportion de 51 à 85 % chaque année.
- 2. Électrification totale des autobus scolaires d'ici 2035** : la totalité des autobus scolaires qui ont atteint l'âge de la mise hors service de 12 ans devraient être remplacés par un modèle électrique à partir de 2023. Compte tenu de la répartition actuelle de l'âge des parcs d'autobus scolaires au Canada, le plus grand nombre de remplacements par des autobus électriques au cours de la période de 2023 à 2035 se produirait en 2023-2024 (environ 5 600 par année).

Prévisions de l'offre d'ASE

Afin de mieux évaluer la possibilité d'une offre suffisante d'ASE pour atteindre la cible d'électrification totale d'ici 2035 ou 2040, nous avons examiné les prévisions relatives à la capacité de production de batteries comme indicateur de la manière dont l'écosystème des véhicules électriques (VE) évoluerait au fil du temps.

Les gigawatt-heures (GWh) nécessaires annuellement pour convertir tous les autobus scolaires à l'électricité d'ici 2040 sont de 0,5 GWh, ou de 0,5 à 0,9 GWh pour atteindre la cible plus précoce de 2035. La capacité locale en GWh requise pour répondre aux ventes prévues de tous les VE en 2025 et 2030 est estimée à 140 GWh et 290 GWh, respectivement. Par conséquent, non seulement la capacité de fabrication de batteries prévue en Amérique du Nord est apte à répondre à la demande, mais l'on constate également que les ASE sont marginaux ($\leq 1\%$) par rapport à la production totale de VE, et aussi à la capacité projetée de production de batteries (voir la figure S5).

Ces cibles et ces annonces suggèrent que la capacité future de construction d'ASE ne constituera pas un obstacle à long terme à l'électrification complète, mais les contraintes de la chaîne d'approvisionnement ont limité la capacité de production au cours des dernières années.

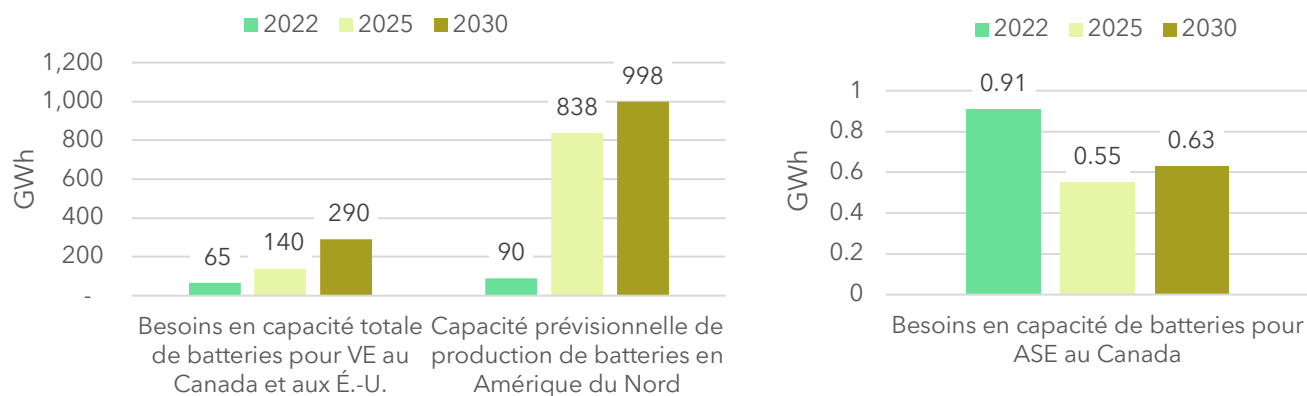


Figure S5. Gauche : Besoins prévus en capacité de batteries pour VE au Canada et aux É.-U. par rapport à la capacité de fabrication de batteries en Amérique du Nord. Droite : Capacité annuelle de batteries nécessaire pour atteindre l'électrification complète des autobus scolaires au Canada d'ici 2035.

Financement nécessaire pour soutenir l'adoption généralisée des ASE

Si les contraintes de la chaîne d'approvisionnement peuvent constituer un obstacle à l'adoption d'ASE à court terme, le financement pourrait devenir une entrave à plus long terme. Des sommes substantielles sont nécessaires à brève échéance pour soutenir la transition vers un parc d'autobus scolaires entièrement électrique dans l'ensemble du Canada. Elles comprennent les montants nécessaires pour couvrir l'achat initial des ASE, ainsi que l'acquisition et l'installation de l'infrastructure de recharge. Dans le cadre d'une cible d'électrification totale d'ici 2040, l'ensemble des parties prenantes, notamment les propriétaires de parcs d'autobus ou d'autres parties intéressées, comme les gouvernements, devrait investir plus de 1,25 milliard de dollars (G\$) en 2023. Ce montant devrait diminuer avec le temps, parallèlement à la baisse du coût des ASE, pour atteindre environ 1,01 G\$ en 2040 (voir la figure 10). L'investissement total requis sur la période de 2023-2040 équivaut à près de 2,5 fois les besoins annuels pour les autobus à moteur diesel.

COMPROMIS RELATIFS AUX OBJECTIFS DE 2035 ET 2040

Une électrification à courte échéance du parc d'autobus scolaires du Canada permettra aux Canadiennes et Canadiens de profiter rapidement des bienfaits de cette conversion, notamment sous la forme de réduction des émissions de GES, d'amélioration de la qualité de l'air et d'économies sur les coûts d'exploitation. La réalisation d'une cible plus ambitieuse d'électrification totale des autobus scolaires d'ici 2035 aurait des répercussions positives sur notre bilan carbone et nos cibles de réduction des émissions de GES, car une tonne de carbone éliminée aujourd'hui aura un impact plus important sur l'atténuation des changements climatiques qu'une tonne éliminée plus loin dans l'avenir. En outre, moins nous tarderons à convertir notre parc d'autobus scolaires à l'électricité, plus rapidement s'améliorera la qualité de l'air pour les collectivités. Les propriétaires d'autobus scolaires pourront aussi réduire leurs coûts opérationnels et jouir d'une conduite plus silencieuse et plus agréable.

Cependant, l'atteinte de la cible de conversion totale à l'électricité d'ici 2035 présente également des défis. Fait très important, nous ne disposons pas de la capacité d'approvisionnement et de construction nécessaire pour convertir à l'électricité le nombre requis d'autobus scolaires à court terme. Autrement dit, l'âge de mise hors service des véhicules devra être prolongé au-delà de leur durée de vie habituelle de 12 ans (comme c'est le cas au Québec), ou alors, il faudra acheter davantage d'autobus à moteur diesel à court terme et les mettre hors service plus tôt afin de les remplacer par des autobus électriques. De plus, une transition plus rapide du parc vers des ASE nécessitera des investissements plus élevés. Comme le coût des ASE diminue avec la baisse du coût des batteries et les économies d'échelle, des investissements moindres seront nécessaires d'une année à l'autre pour soutenir la transition.

Recommandations : Le gouvernement fédéral doit accroître le soutien aux ASE

Les résultats de la présente analyse montrent qu'en particulier à court terme, la motivation pour effectuer la transition vers les ASE est faible en l'absence d'un soutien gouvernemental substantiel. Pour que l'on puisse profiter des avantages inestimables que ces autobus peuvent offrir — notamment sur le plan du climat, de la qualité de l'air et des économies de coûts d'exploitation — le gouvernement fédéral doit prendre des mesures pour aider les propriétaires d'autobus scolaires de l'ensemble du pays à effectuer la transition. Les recommandations suivantes ont été déterminées comme essentielles pour soutenir l'adoption des ASE.

1. Établir des cibles de vente d'ASE pour l'ensemble du Canada.

Le financement fédéral pour les ASE devrait être assorti de cibles de vente à l'échelle nationale qui garantiront une offre suffisante de ces véhicules afin que les propriétaires de parcs d'autobus de tout le pays puissent effectuer la transition.

2. Étendre les programmes fédéraux de financement pour les ASE.

Étant donné que l'atteinte de la parité de prix des ASE avec les autobus à moteur diesel d'ici 2040 serait improbable, le gouvernement fédéral devrait maintenir ses contributions visant à rendre les autobus électriques plus abordables en octroyant des sommes supplémentaires au programme

du FTCZE après sa fin prévue en 2025. De même, le financement du PIVEZ devrait être prolongé au-delà de 2027.

3. Veiller à ce que le financement fédéral pour les ASE et l'infrastructure de recharge soit suffisant et facilement accessible.

Étant donné que le coût initial des ASE représente le coût différentiel le plus important pour les propriétaires de parcs (à l'exception de toute modernisation électrique majeure sur place), le gouvernement fédéral devrait envisager d'offrir des remises au point de vente sur les achats de ces véhicules afin que les propriétaires de parcs puissent établir leurs budgets avec des données plus concrètes.

4. Collaborer avec les provinces pour explorer la possibilité de prolonger temporairement l'âge de mise hors service des autobus scolaires à moteur diesel afin de soutenir l'adoption à court terme d'autobus électriques.

En prolongeant temporairement la durée de vie des autobus à moteur diesel, il serait possible de réduire la période de pointe des remplacements par des ASE qui seraient nécessaires en 2024-2025 en vue d'atteindre la cible d'électrification totale d'ici 2035.

5. Mener ou financer des campagnes d'éducation et de sensibilisation aux avantages des ASE.

Ces campagnes sont essentielles pour s'assurer que les propriétaires de parcs comprennent la multitude d'avantages que présentent les ASE, ainsi que les différents soutiens financiers qui leur sont accessibles d'un bout à l'autre du pays.

Table des matières

Liste des abréviations	1
Sommaire	2
Table des matières	10
1. Introduction	12
2. Contexte	14
2.1 Le parc d'autobus scolaires du Canada.....	14
2.2 Cibles et soutiens relatifs aux ASE dans les provinces et États pionniers.....	16
3. Coûts de la transition complète vers des ASE	18
3.1 Aperçu du coût des ASE.....	18
3.3 Sources potentielles de revenus.....	19
3.3 Sources fédérales de financement.....	20
3.4 Comparaison du CTP des autobus électriques et des autobus à moteur diesel.....	22
4. Tracer la voie vers l'adoption totale d'ASE	26
4.1 Taux de conversion des parcs d'autobus scolaires.....	26
Électrification totale d'ici 2040	26
Électrification totale d'ici 2035.....	27
4.2 Prévisions de l'offre d'ASE.....	28
4.3 Financement nécessaire pour soutenir l'adoption généralisée des ASE.....	30
5. Recommandations : Le gouvernement fédéral doit accroître le soutien aux ASE	33
Annexe A	35
Hypothèses utilisées dans les calculs.....	35
Annexe B	37
Prévisions des prix du carburant et de l'électricité	37
Annexe C	40
Intensité en carbone de l'électricité en réseau dans les régions	40
Annexe D	41
Types d'autobus scolaires au Canada.....	41

1. Introduction

Le *Plan de réduction des émissions pour 2030* du gouvernement du Canada présente une série de mesures qu'il entend prendre pour atteindre sa cible de réduction des émissions de GES de 40 à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030 et devenir carboneutre d'ici 2040. Dans le cadre de ce plan, le gouvernement du Canada vise à ce que 35 % des ventes totales de VML soient des VZE d'ici 2030, et 100 % d'ici 2040¹. Cette transition englobera le vaste éventail de véhicules qui composent le secteur des VML, allant des camions gros porteurs aux autobus. **Les autobus scolaires, plus particulièrement, représentent une solution facile pour la transition vers des VML à zéro émission** : leurs itinéraires sont prévisibles et souvent relativement courts. Entre les trajets planifiés, ils sont généralement ramenés à une installation centrale où ils peuvent être rechargés, ce qui en fait des candidats idéaux pour l'électrification.

Les **réductions d'émissions de GES** obtenues en remplaçant un autobus scolaire à moteur diesel par un autobus électrique peuvent être substantielles. En effet, les émissions de GES associées à l'exploitation d'un ASE proviennent presque exclusivement de la production d'électricité en amont. Les possibilités de réduction des émissions sont les plus importantes dans les régions où l'intensité en carbone de la production d'électricité est faible et où les énergies renouvelables carboneutres, comme l'hydroélectricité et l'énergie éolienne, sont les principales sources de production d'électricité. Les provinces dont l'intensité en carbone de la production d'électricité est actuellement élevée, mais qui prévoient de décarboner leurs réseaux, verront leurs émissions de GES s'amenuiser au fil du temps.

En plus de constituer une solution importante pour le climat, les ASE présentent des **avantages notables en matière de santé**, tant pour les propriétaires que pour les populations qu'ils servent. Les ASE ne produisent pas de gaz d'échappement et ne contribuent donc pas aux mêmes effets néfastes sur la santé que leurs équivalents à moteur à combustion interne. La pollution atmosphérique liée à la circulation et provenant de sources telles que les gaz d'échappement des moteurs diesel a été associée à l'asthme, à l'entrave au développement des poumons des enfants et, dans certains cas, à une mort prématurée^{2,3,4,5}. Les élèves transportés par autobus scolaires sont particulièrement sensibles aux effets nocifs des gaz d'échappement des moteurs diesel, car les niveaux de pollution de l'air sont généralement plus élevés à l'intérieur de l'habitacle qu'à l'extérieur. Un rapport du Natural Resources Defense Council et de la Coalition for Clean Air a révélé que les niveaux de gaz d'échappement des autobus scolaires à moteur diesel étaient de 23 à 46 fois supérieurs à ce que l'Environmental Protection Agency (EPA - Agence américaine de protection de

1 Environnement et Changement climatique Canada (2022), « Plan de réduction des émissions pour 2030 », p. 57. https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En4-460-2022-fra.pdf

2 Gouvernement du Canada (2021), Les impacts sur la santé de la pollution de l'air au Canada : estimation de la morbidité et des décès prématurés, Rapport 2021. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/impacts-sante-pollution-air-2021.html>

3 Sandi Ha, Hui Hu, Dikea Roussos-Ross, Kan Haidong, Jeffrey Roth et Xiaohui Xu (2014), The effects of air pollution on adverse birth outcomes, *Environmental Research*, no 134, pp. 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.08.002>

4 Mudway et coll. (2019), Impact of London's low emission zone on air quality and children's respiratory health: a sequential annual cross-sectional study. *Lancet Public Health*, vol. 4, no 1, p. e28-e40. [https://doi.org/10.1016/s2468-2667\(18\)30202-0](https://doi.org/10.1016/s2468-2667(18)30202-0)

5 Pollution Probe, The Delphi Group and Canadian Partnership for Children's Health and Environment (mai 2022), Opportunities for Accelerating School Bus Electrification in Ontario. <https://www.pollutionprobe.org/wp-content/uploads/2022/05/White-Paper-Opportunities-for-accelerating-school-bus-electrification-in-Ontario.pdf>

l'environnement) et les directives fédérales américaines considèrent comme un risque important de cancer⁶. Une analyse récente de Dunsky Énergie + Climat estime qu'un seul ASE pourrait entraîner des économies de 11 800 \$ sur les coûts de soins de santé au cours de sa durée de vie de 12 ans⁷. En plus de réduire les effets néfastes sur la santé et les coûts de soins de santé connexes, les ASE atténuent également les niveaux de pollution sonore au sein des collectivités grâce à leurs moteurs silencieux. Il a été prouvé que la pollution sonore des véhicules lourds entraîne une perte d'audition chez les conductrices et conducteurs, laquelle peut être atténuée par les ASE⁸.

Enfin, les **frais d'exploitation** des ASE peuvent être considérablement **réduits** par rapport à ceux de leurs équivalents à moteur diesel. Les faibles coûts de l'électricité et la grande efficacité des moteurs électriques signifient qu'il est beaucoup moins coûteux d'alimenter un ASE que de ravitailler un autobus scolaire à moteur diesel. En raison de la simplicité du moteur électrique et du nombre nettement inférieur de pièces mobiles, les frais d'entretien sont considérablement moindres pour les modèles électriques. Les statistiques de la Public School Bus Commission de l'Île-du-Prince-Édouard, qui a déployé 82 ASE à ce jour, révèlent que le coût d'exploitation des autobus électriques est inférieur de 75 % à celui des autobus à moteur diesel⁹.

En raison des avantages appréciables que présentent ces véhicules, l'**ACEAS** a été fondée pour soutenir les engagements politiques de tous les ordres de gouvernement afin de permettre une transition généralisée vers les ASE d'ici 2040. Dans la présente étude, nous cherchons à mieux comprendre la faisabilité de la cible de l'ACEAS d'un parc d'autobus scolaires canadiens entièrement électrique d'ici 2040 et à déterminer si une cible plus ambitieuse serait envisageable. À cet effet, nous répondons aux questions suivantes.

- Quelles sont les cibles fixées par d'autres gouvernements pionniers pour les ASE?
- Quel sera le coût d'une transition complète vers des ASE?
- Combien d'ASE devraient être adoptés chaque année pour atteindre la cible provisoire de l'ACEAS d'électrification totale d'ici 2040, et la cible plus ambitieuse prévoyant la conversion complète d'ici 2035?
- L'offre d'ASE sera-t-elle suffisante pour atteindre l'une ou l'autre de ces cibles?
- Quelles mesures politiques le gouvernement fédéral devrait-il mettre en place pour soutenir cette transition?

6 National Resources Defense Council (2001), « Tests Reveal High Levels of Toxics Inside Diesel School Buses ». <https://www.nrdc.org/media/2001/010212>

7 The Pembina Institute (2022), Electric School Buses, p. 4. <https://www.pembina.org/reports/electric-school-bus-adoption-in-bc-rev.pdf>

8 Siamak Pourabdian et coll. (2019), Prevalence hearing loss of truck and bus drivers in a cross-sectional study of 65533 subjects. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31861971/>

9 Rafe Wright (11 janvier 2023), « P.E.I. electric school buses showing promise in reducing carbon emissions, fuel prices. <https://www.saltwire.com/atlantic-canada/news/pei-electric-school-buses-showing-promise-in-reducing-carbon-emissions-fuel-prices-100812877/>

2. Contexte

2.1 Le parc d'autobus scolaires du Canada

Les autobus scolaires doivent transporter en toute sécurité les élèves vers et depuis l'école et les activités éducatives, tous les jours de la semaine. On estime que le parc canadien d'autobus scolaires en service compte entre **45 000 et 50 000 véhicules**^{10,11}, en grande majorité dotés d'un moteur **diesel**.

Il existe plusieurs configurations différentes d'autobus scolaires en service au Canada, notamment les types A à D et les autobus scolaires multifonction (ASM) (voir la figure 1). Pour une répartition technique de chaque type, veuillez vous reporter au tableau 7 de l'Annexe D.

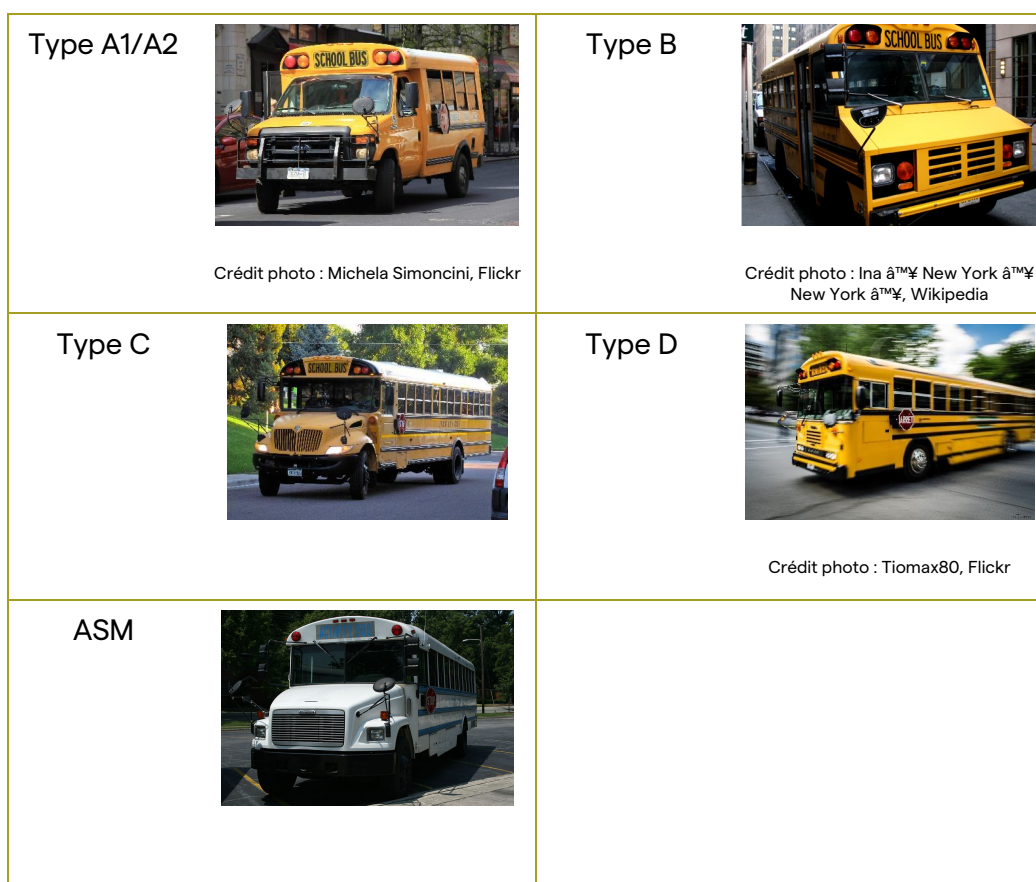


Figure 1. Types d'autobus scolaires au Canada

10 Tableau 23-10-0086-01 : Industries canadiennes du transport de passagers par autobus et du transport urbain, le matériel en service, selon l'industrie et le type de véhicule. <https://doi.org/10.25318/2310008601-fra>

11 Groupe de travail sur la sécurité des autobus scolaires (2020), Renforcement de la sécurité des autobus scolaires au Canada, p. 4. <https://comt.ca/Reports/School%20Bus%20Safety%202020%20FR.pdf>

La composition du parc d'autobus scolaires varie d'une province ou d'un territoire à l'autre. La figure 2 présente une répartition des autobus scolaires par type dans chaque province et territoire du Canada. L'autobus scolaire de **type C** est le plus courant au Canada; il représente **71 % des autobus scolaires immatriculés**. Les autobus de type B, quant à eux, sont très rares.

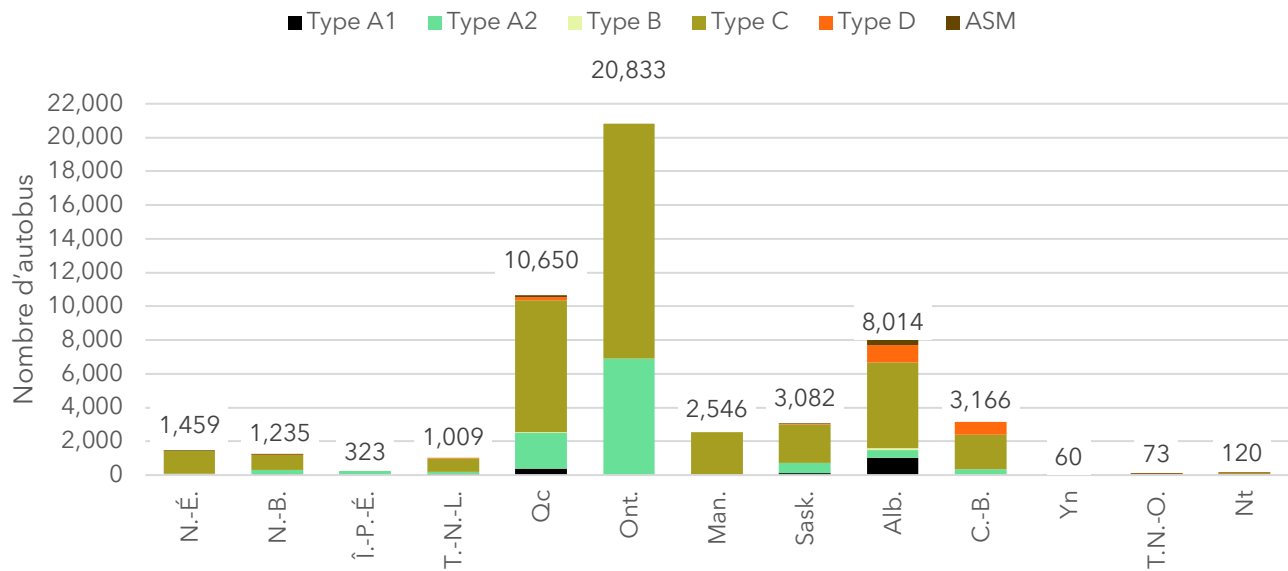


Figure 2. Répartition des parcs d'autobus scolaires dans les provinces et territoires, par type (source de données : Groupe de travail sur la sécurité des autobus scolaires au Canada¹²)

Le parc d'autobus scolaires du Canada est relativement récent, 45 % des autobus ayant moins de cinq ans (voir la figure 3). Toutefois, une part considérable des autobus du parc ont plus de 10 ans (22 %). Dans la majorité des provinces canadiennes, les autobus scolaires doivent être mis hors service lorsqu'ils atteignent l'âge de **12 ans**. Une exception est appliquée au Québec, où la province a récemment prolongé l'âge de mise hors service à 14 ans chez les propriétaires qui attendent la livraison d'un ASE¹³.

Les ASE déployés au Canada jusqu'à maintenant sont en **nombre restreint**. Les données exactes sur les chiffres sont limitées, mais elles indiquent qu'il y a 82 de ces VE à l'Île-du-Prince-Édouard¹⁴, 130 au Québec (en date de janvier 2021)¹⁵, 52 en Colombie-Britannique (en date de janvier 2022)¹⁶ et 20 en Ontario¹⁷.

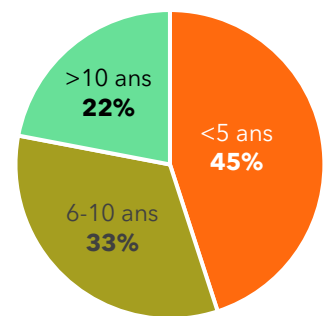


Figure 3. Répartition du parc d'autobus scolaires du Canada selon l'âge

¹² Renforcement de la sécurité des autobus scolaires au Canada, p. 11.

¹³ Règlement sur le transport des élèves : Loi sur l'instruction publique, Chapitre I-13.3, r.12, a. 453 et 454. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/l-13.3.%20r.%2012%20/>

¹⁴ Shane Ross (10 juin 2022), « P.E.I. adding more electric school buses, placing charging stations at drivers' homes », CBC News. <https://www.cbc.ca/news/canada/prince-edward-island/pei-electric-school-buses-1.6484478>

¹⁵ The Pembina Institute (2022), Electric School Buses, pp. 1-2. <https://www.pembina.org/reports/electric-school-bus-adoption-in-bc-rev.pdf>

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Écologie Ottawa, « Electric School Buses ». <https://www.ecologyottawa.ca/yellowbus>

2.2 Cibles et soutiens relatifs aux ASE dans les provinces et États pionniers

Un certain nombre de provinces canadiennes et d'États américains ont commencé à s'engager envers l'électrification de leurs parcs d'autobus scolaires. Ces engagements ont pris la forme de cibles de vente, ainsi que de programmes de financement destinés à favoriser l'achat d'ASE. Le tableau 1 présente un aperçu des politiques et des programmes phares des provinces canadiennes et des États américains pionniers.

Tableau 1. Aperçu des cibles et des programmes de financement des ASE dans les provinces et États pionniers

Province/État	Cibles	Programmes de financement
Colombie-Britannique	Les nouvelles cibles VZE pour les VML devraient s'aligner sur les normes de la Californie (tous les nouveaux camions et autobus devront être électriques d'ici 2045).	Le ministère de l'Éducation et des Services à la petite enfance et Clean BC apportent un soutien financier important, allant de 100 000 \$ à plus de 200 000 \$ par ASE.
Île-du-Prince-Édouard	Viser l'électrification complète du parc de la Direction des écoles publiques d'ici 2030.	Les gouvernements de l'Île-du-Prince-Édouard et du Canada contribuent chacun 6,3 millions de dollars (M\$) pour l'achat d'ASE dans la province, dans le cadre du volet « Infrastructures vertes » du plan d'infrastructure Investir dans le Canada ¹⁸ .
Québec	À compter d'avril 2021, tous les nouveaux autobus scolaires achetés doivent être électriques. Le Québec cible l'électrification de ses autobus scolaires à 65 % d'ici 2030.	La subvention provinciale pour l'achat d'ASE se chiffre à 150 000 \$ pour l'exercice de 2021-2022, et se réduit maintenant à 125 000 \$ pour l'exercice de 2022-2023.
Californie	Projet de loi en attente d'approbation : tous les nouveaux autobus scolaires devront être électriques d'ici 2035. À l'heure actuelle, tous les nouveaux camions et autobus en Californie doivent être électriques d'ici 2045.	À ce jour, l'État a dépensé 1,2 G\$ pour l'électrification des autobus scolaires. Un montant supplémentaire de 1,8 G\$ devrait être dépensé entre les exercices de 2023-2024 et 2027-2028 pour les ASE et l'infrastructure de recharge.
Colorado	Électrification complète du parc d'autobus scolaires d'ici 2035.	L'État a octroyé 65 M\$ de financement de 2022 à 2034 au programme d'aide à l'électrification des autobus scolaires pour soutenir l'achat d'autobus électriques et de bornes de recharge.

¹⁸ La réception des demandes du volet provincial de ce programme de financement a pris fin le 31 mars 2023.

Connecticut	Tous les autobus scolaires circulant dans les communautés plus exposées aux risques environnementaux doivent être électriques d'ici 2030.	Un programme de subvention de 20 M\$ a été mis en place pour soutenir l'achat d'autobus électriques et d'infrastructure de recharge.
Maine	75 % des nouveaux autobus scolaires achetés ou acquis par contrat doivent être zéro émission d'ici 2035.	-
Maryland	Tous les nouveaux autobus scolaires achetés ou acquis par contrat doivent être électriques d'ici 2025.	Le Zero-Emission Vehicle School Bus Transition Grant Program offre des subventions pour l'achat d'ASE et l'installation de l'infrastructure de recharge.
New York	Parc d'autobus scolaires entièrement électrique d'ici 2035. Tous les nouveaux autobus scolaires achetés doivent être électriques d'ici 2027.	Dans le cadre du budget final pour 2023, le gouverneur ainsi que les législatrices et législateurs de l'État de New York se sont engagés à affecter 500 M\$ pour les ASE.

Bien que le gouvernement du Canada n'ait pas encore fixé de cible précise pour les ASE, ceux-ci entrent dans le cadre de la cible actuelle visant à ce que 35 % des ventes totales de VML soient des VZE d'ici 2030, et 100 % d'ici 2040. Étant donné qu'il ne s'agit que de 100 % des *nouvelles* ventes d'ici 2040, et non de la *conversion* du parc entier à l'électricité d'ici cette date, cette cible est insatisfaisante par rapport à celles des provinces canadiennes et États américains pionniers.

Néanmoins, le gouvernement du Canada a mis en place plusieurs programmes qui peuvent contribuer à réduire le coût de la transition vers des ASE, notamment le Fonds pour le transport en commun à zéro émission, le Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro, l'Initiative d'autobus à zéro émission et la déduction pour amortissement accéléré pour les véhicules zéro émission. Ces programmes feront l'objet d'une présentation plus détaillée dans la section 3.3.

3. Coûts de la transition complète vers des ASE

3.1 Aperçu du coût des ASE

La transition vers un parc d'ASE nécessite des changements majeurs dans la technologie des véhicules et les exigences en matière d'infrastructure, ce qui entraîne des coûts. On peut répartir en quatre composantes principales le coût de possession d'un ASE : 1) le coût initial du véhicule; 2) le coût de l'électricité; 3) les frais d'entretien, et 4) les dépenses liées à l'infrastructure de recharge. Dans cette section, nous répartissons ces coûts et donnons un aperçu de la façon dont ils se comparent à ceux des autobus classiques à moteur diesel à combustion interne comme point de référence. Le financement du véhicule et les assurances représentent deux catégories de coûts supplémentaires, mais ils ne seront pas examinés en détail dans cette étude.

Coût initial des véhicules

Le coût initial élevé des ASE constitue l'un des principaux obstacles à leur adoption dans un proche avenir. Ces autobus peuvent coûter entre 1,5 et 2,5 fois le prix d'un autobus à moteur à combustion interne équivalent (voir la figure 4).

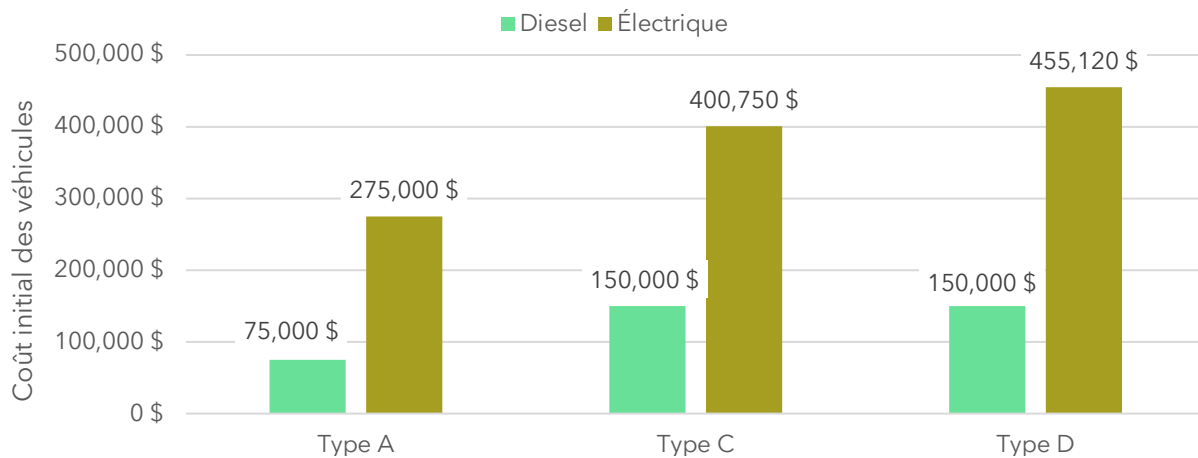


Figure 4. Coût initial des autobus à moteur diesel et électriques

Au fur et à mesure que la capacité de construction d'ASE augmente et que le coût des batteries diminue conformément aux prévisions¹⁹, nous nous attendons à ce que les coûts initiaux de ces autobus diminuent également. Par exemple, nous prévoyons que le coût d'un ASE de type C passera de 400 000 \$ en 2023 à 340 000 \$ en 2030, et à 310 000 \$ en 2040 (voir l'Annexe A pour une ventilation de nos hypothèses).

¹⁹ BloombergNEF, *Electric Vehicle Outlook 2022* (2022), p. 122. <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>

Coûts d'exploitation

Si les ASE coûtent plus cher à l'achat, les coûts associés à l'exploitation sont nettement moins élevés. Les deux principaux coûts d'exploitation des autobus scolaires sont le carburant ou l'électricité, et les frais d'entretien.

Coûts du carburant et de l'électricité

Même si les tarifs d'électricité varient d'une province ou d'un territoire à l'autre, l'efficacité supérieure des VE par rapport aux véhicules à moteur à combustion interne, combinée au fait que l'électricité coûte généralement moins cher que le diesel, se traduit par d'importantes économies d'exploitation. À l'aide d'un tarif d'électricité moyen pour l'ensemble du Canada, nous calculons qu'il en coûtera en moyenne **80 %** de moins pour alimenter un ASE comparativement à un autobus scolaire à moteur diesel²⁰.

Frais d'entretien

Les moteurs électriques sont bien plus simples et comportent beaucoup moins de pièces mobiles que les moteurs à combustion interne et, pour cette raison, leurs frais d'entretien sont considérablement plus bas. Les estimations varient, mais on peut s'attendre à ce que les frais d'entretien des ASE soient inférieurs d'au moins **50 %** à ceux des autobus à moteur diesel²¹.

Coûts de l'infrastructure de recharge

Compte tenu de la nature de l'utilisation des autobus scolaires — le fait qu'ils retournent habituellement à une installation centrale entre les trajets planifiés où leur temps d'arrêt est important —, la recharge des ASE à leur base à l'aide d'une borne de niveau 2 est tout à fait appropriée²². Le temps d'arrêt considérable entre les trajets planifiés signifie que les propriétaires d'autobus scolaires peuvent éviter le coût plus élevé des bornes de recharge rapide à courant continu et s'en sortir très bien en utilisant une borne de niveau 2. Puisqu'ils retournent à une installation centrale, les conducteurs d'autobus scolaires n'ont pas à s'inquiéter de l'accès à des bornes de recharge publiques et peuvent à la place recharger leur autobus à leur base. Nous estimons le coût d'acquisition et d'installation d'**une borne de recharge de niveau 2 à 10 000 \$**, excluant le coût des améliorations électriques nécessaires pour soutenir les besoins additionnels. On présume qu'un seul port de recharge de niveau 2 sera installé sur chaque autobus.

3.3 Sources potentielles de revenus

Outre les économies de coûts d'exploitation qu'offrent les ASE, les propriétaires auront également la possibilité de tirer parti du RCP, lequel entrera en vigueur à l'échelle nationale en 2023, ainsi que des programmes V2G mis en place par les services publics pour générer des revenus.

²⁰ Les prévisions de prix de l'électricité et du diesel jusqu'en 2040, ainsi que leurs sources, figurent à l'annexe B.

²¹ Chris Harto (2020), « Electric Vehicle Ownership Costs: Today's Electric Vehicles Offer Big Savings for Consumers », *Consumer Reports*, p. 11. <https://advocacy.consumerreports.org/wp-content/uploads/2020/10/EV-Ownership-Cost-Final-Report-1.pdf>

²² Un certain nombre de ressources sont mises à disposition pour aider les exploitants d'autobus scolaires à faire la transition vers un parc électrique, dont un guide détaillé de Propulsion Québec : <https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2022/06/1573-TransporteurPlus-GuideCompleet-FRA-VF1.pdf?download=1>

Crédits du Règlement sur les combustibles propres (RCP)

En vertu de ce règlement, les propriétaires de sites de recharge, comme les propriétaires de parcs de véhicules, peuvent recevoir des crédits financiers pour alimenter leurs véhicules avec un carburant propre. Si les propriétaires d'autobus scolaires choisissent de profiter de ces avantages, à un taux de crédit supposé de 300 \$, un autobus pourrait générer plus de **5 000 \$ de revenus de crédits** par an, ce qui représente une source importante de recettes en plus des économies annuelles d'exploitation que les ASE offrent déjà. Étant donné que la valeur des crédits est liée à l'intensité en carbone de l'électricité utilisée pour alimenter les véhicules, les propriétaires d'autobus scolaires situés dans des régions où cette intensité est faible bénéficieront le plus de ces crédits (voir l'Annexe C pour une ventilation de l'intensité en carbone de l'électricité du réseau par province et territoire).

Véhicule-réseau (V2G)

V2G est un terme utilisé pour décrire le système de stockage d'énergie à bord d'un VE dans le but de retourner de l'énergie au réseau électrique; ce système est parfois également appelé « charge bidirectionnelle ». La nature de l'exploitation des autobus scolaires fait que les modèles électriques se prêtent bien à la participation aux programmes V2G étant donné que leur utilisation quotidienne est relativement faible et que, dans certains cas, ils ne circulent pas du tout durant l'été. Cette utilisation réduite des autobus se traduit par une motivation relativement faible à l'égard de leur électrification, mais il est possible que les programmes V2G puissent augmenter la rentabilité en permettant aux propriétaires de parcs de générer des revenus lorsqu'ils se branchent au réseau électrique et fournissent aux services publics une capacité supplémentaire, en particulier pendant les périodes de pointe. Somme toute, la mesure dans laquelle les propriétaires de parcs d'ASE peuvent s'attendre à tirer des revenus des programmes V2G dépendra de l'offre de ces programmes par la société d'électricité locale et de ses structures tarifaires. En outre, les ASE ou les bornes de recharge doivent répondre à certaines spécifications techniques pour pouvoir participer aux programmes V2G.

Nous avons réalisé une analyse interne dans le cadre de cette étude afin d'estimer le potentiel de revenus des programmes V2G dans un échantillon de provinces canadiennes qui présentent des déficits anticipés de capacité. Cette analyse suggère qu'un ASE doté du système V2G utilisé entre 2023 et 2030 peut fournir annuellement les valeurs de capacité suivantes :

- Ontario : **3 100-3 300 \$**
- Québec : **3 700-4 000 \$**
- Nouveau-Brunswick : **1 200-1 500 \$**

3.3 Sources fédérales de financement

Le gouvernement fédéral offre deux sources principales de financement non remboursable : le FTCZE et le PIVEZ. Le FTCZE fournit un financement aux services de transport collectif et aux propriétaires d'autobus scolaires pour les projets de planification d'électrification des autobus, ainsi que pour les coûts initiaux d'acquisition des véhicules et de l'infrastructure²³. Le PIVEZ offre des fonds pour financer l'achat et l'installation d'une infrastructure de recharge pour les VE à l'intention

²³ Gouvernement du Canada, « Fonds pour le transport en commun à zéro émission ».

<https://www.infrastructure.gc.ca/zero-emissions-trans-zero-emissions/index-fra.html>

d'un vaste éventail d'utilisateurs, dont les propriétaires de parcs de véhicules commerciaux et publics²⁴.

Outre ces sources de financement non remboursables, la BIC offre des prêts directs dans le cadre de l'Initiative d'autobus à zéro émission²⁵, et des crédits d'impôt sont disponibles dans le cadre du programme de DPA²⁶. Des provinces et territoires offrent également leurs propres programmes de financement.

Fonds pour le transport en commun à zéro émission (FTCZE)

Infrastructure Canada investit 2,75 G\$ sur cinq ans (à partir de 2021) dans le FTCZE pour soutenir l'achat d'autobus scolaires et d'autobus urbains électriques, et pour construire l'infrastructure de soutien, y compris la recharge et la modernisation des installations. Le FTCZE fournit des contributions financières par le biais de deux volets de financement différents, en fonction de l'étape des projets :

1. Projets de planification : jusqu'à **80 % du total des coûts admissibles** sous forme de contributions non remboursables.
2. Projets d'investissement : jusqu'à **50 % du total des coûts admissibles** sous forme de subventions non remboursables, jusqu'à concurrence de 350 M\$. Les subventions non remboursables à des entreprises commerciales ne seront prises en considération que si le projet génère des retombées positives sur l'ensemble de la population (c.-à-d. des avantages pour la santé et l'environnement).

Le FTCZE est un fonds distinct qui s'appuie sur des programmes existants, comme le volet Infrastructures du transport en commun du Programme d'infrastructure Investir dans le Canada.

Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro (PIVEZ)

Administré par Ressources naturelles Canada (RNCan), le PIVEZ vise à remédier au manque de bornes de recharge et de postes de ravitaillement au Canada, lequel constitue un obstacle majeur à l'adoption des VE. Le programme a reçu un complément de 400 M\$ en 2022, qui devrait durer jusqu'en mars 2027. Le financement est fourni par le biais d'ententes de contributions en matière de partage des coûts pour les projets admissibles.

La contribution de RNCan dans le cadre de ce programme est limitée à **50 % des coûts totaux des projets** jusqu'à concurrence de 5 M\$ par projet, et jusqu'à un maximum de 2 M\$ par projet pour les organismes de prestation de services (c.-à-d. les tierces parties qui administrent les subventions au nom de RNCan).

²⁴ Gouvernement du Canada, « Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro ». <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports-carburants-remplacement/pivez/21877>

²⁵ Banque de l'infrastructure du Canada, « Initiative d'autobus à zéro émission ». <https://cib-bic.ca/fr/secteurs/transport-en-commun/>

²⁶ Gouvernement du Canada, « Catégories de biens amortissables ». <https://www.canada.ca/fr/agence-revenu/services/impot/particuliers/sujets/tout-votre-declaration-revenus/declaration-revenus/remplir-declaration-revenus/deductions-credits-depenses/ligne-22900-autres-depenses-emploi/deduction-amortissement/categories-biens-amortissables.html>

Le cumul des financements est plafonné : le total des financements provenant de tous les ordres de gouvernement (fédéral, provincial, territorial ou municipal) ne peut excéder 75 % des coûts totaux d'un projet. Dans certains cas, la limite de cumul est de 100 % des coûts totaux du projet, notamment lorsque le bénéficiaire est une entreprise ou une communauté autochtone, un organisme à but non lucratif, un gouvernement provincial, territorial ou municipal, ou leurs ministères ou agences.

Initiative d'autobus à zéro émission

Administrée par la BIC, l'Initiative d'autobus à zéro émission offre un financement novateur pour les autobus scolaires et les autobus urbains électriques. Dans le cadre de ce programme, les propriétaires d'autobus scolaires peuvent demander des prêts pour couvrir les coûts d'investissement initiaux plus élevés des autobus électriques et de leur infrastructure connexe. Le remboursement de ces prêts provient des économies générées par les coûts d'exploitation moindres des autobus électriques, et les propriétaires bénéficient d'un taux d'intérêt inférieur à celui du marché. La BIC s'est engagée à investir 1,5 G\$ dans des autobus électriques dans son plan de croissance triennal de 2020.

Déduction pour amortissement accéléré (DPA)

Les ASE sont admissibles, au titre de la catégorie 55, à une déduction pour amortissement bonifiée la première année, ce qui permet aux organisations à but lucratif d'amortir un pourcentage plus élevé de leurs achats de VE au cours de la première année. Ainsi, les véhicules achetés après le 18 mars 2019 et avant 2024 peuvent être amortis à 100 % la première année. Les véhicules achetés après 2023 et avant 2026 pourront être amortis à 75 %, tandis que ceux acquis après 2025 et avant 2028, à 55 %. La structure du plan d'amortissement signifie que les avantages sont plus importants pour les achats à court terme et qu'ils diminuent au fil du temps. Les véhicules achetés grâce à des incitatifs fédéraux à l'achat ne sont pas admissibles à la DPA. De plus, les organismes gouvernementaux et à but non lucratif n'ont pas accès à ce programme.

3.4 Comparaison du CTP des autobus électriques et des autobus à moteur diesel

Les ASE permettent de réaliser d'importantes économies dans les coûts d'exploitation par rapport à leurs équivalents à moteur diesel, mais leurs coûts initiaux élevés peuvent constituer un obstacle important à l'adoption. Sans financement adéquat, le coût total de possession de chacun des principaux types d'ASE devrait actuellement être plus élevé que celui d'un autobus à moteur diesel équivalent (voir la figure 5).

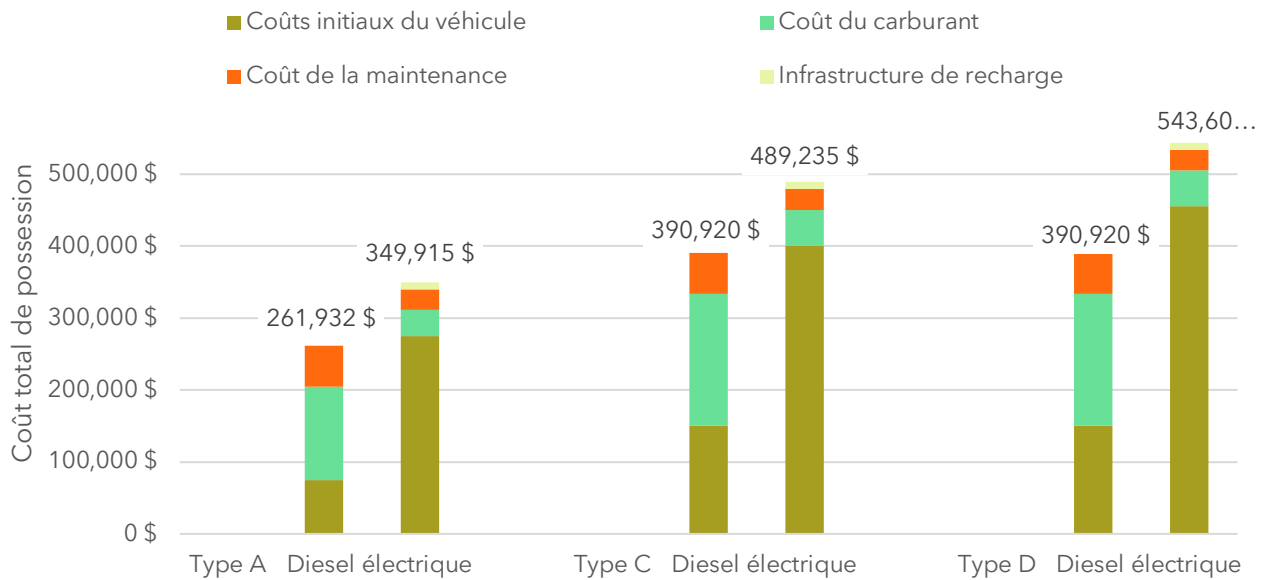


Figure 5. Comparaison du coût total de possession des autobus scolaires à moteur diesel et électriques, par type

À mesure que les prix du diesel augmenteront dans le futur et que le coût des ASE diminuera, ces différences de coûts devraient changer. La figure 6 présente un aperçu de l'évolution du CTP des autobus scolaires à moteur diesel et électriques d'ici 2040. À partir de 2040, nous prévoyons que les autobus scolaires de type C atteindront la parité de coût avec les autobus à moteur diesel, tandis que la différence pour les autobus de type A et de type D devrait se situer dans une fourchette de 15 %.

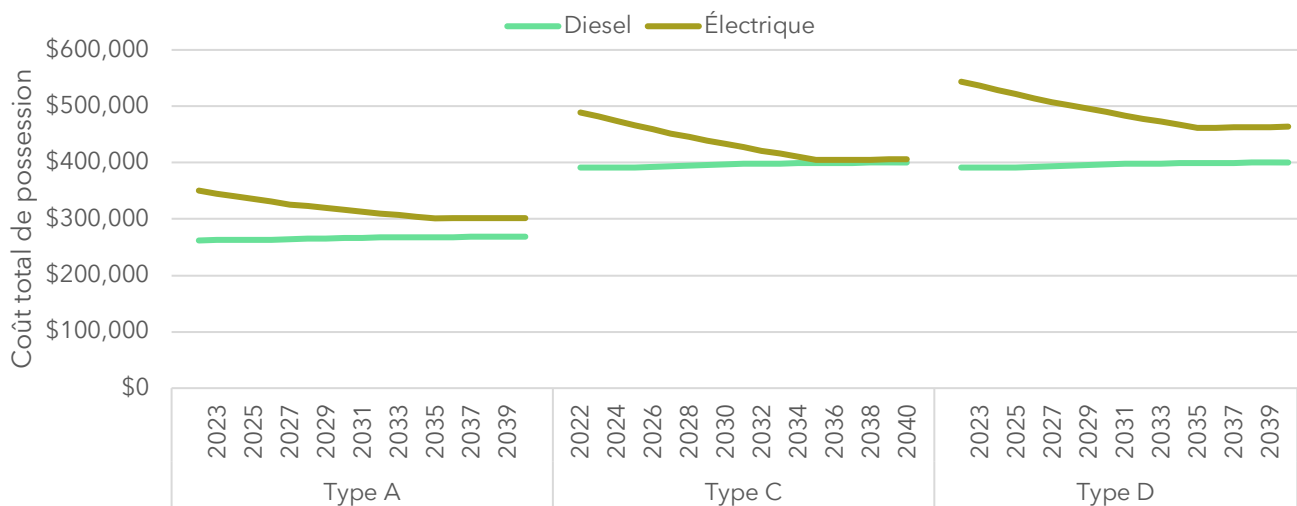


Figure 6. Coût total de possession prévisionnel des autobus scolaires à moteur diesel et électriques, par année d'achat et par type (CAD de 2023)

Les programmes fédéraux peuvent réduire de manière substantielle le coût initial d'un ASE. Les propriétaires de parcs au Canada peuvent soumettre des demandes au FTCZE et au PIVEZ et, si ces demandes sont acceptées, ils peuvent recevoir des subventions allant jusqu'à 75 % du coût d'acquisition et d'installation d'une borne de recharge de niveau 2, et jusqu'à 50 % du coût initial du

véhicule. De même, les propriétaires de parcs peuvent obtenir des prêts pour couvrir le coût des autobus électriques et de leur infrastructure par l'intermédiaire de la BIC. Si tous ces programmes sont mis à contribution, les propriétaires de parcs pourraient éventuellement déboursier des montants inférieurs pour couvrir les coûts d'investissement initiaux des ASE à ceux d'un autobus à moteur diesel équivalent (voir la figure 7 pour un exemple avec des autobus de type C). Les subventions non remboursables reçues par le biais du FTCZE et du PIVEZ peuvent également réduire la période d'amortissement de sorte qu'elle se situe dans les 12 ans de la durée de vie d'un autobus typique (voir le tableau 2).

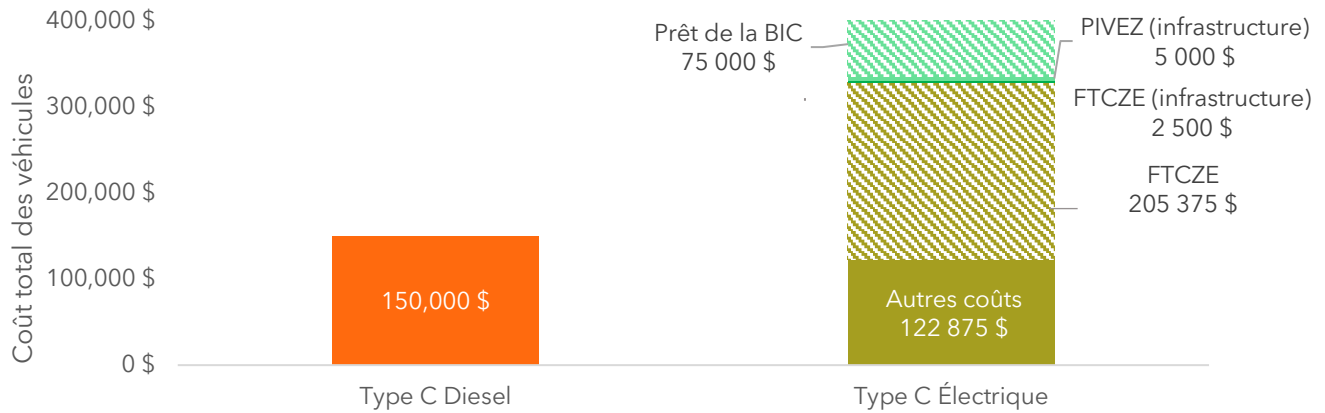


Figure 7. Coûts initiaux des autobus scolaires à moteur diesel et électriques de type C avec un financement fédéral maximal

De même, en participant aux programmes du RCP et V2G dès leur entrée en vigueur, les propriétaires d'autobus scolaires peuvent réduire davantage la période de recouvrement des autobus électriques (voir le tableau 2).²⁷ En ce qui concerne les autobus de type C, lesquels représentent 71 % des autobus scolaires au Canada, s'ils tirent parti des montants maximaux de financement fédéral ainsi que des revenus des programmes du RCP et V2G, les propriétaires de parcs pourraient réduire à 2,7 ans la période normale de 19,3 ans de recouvrement d'un ASE.

²⁷ Notez que les périodes d'amortissement reflètent l'achat d'un chargeur rapide à courant continu (CRCC) pour 35 000 \$ dans tous les scénarios, car cela sera dans de nombreux cas essentiel pour permettre la participation aux futurs programmes V2G.

Tableau 2. Période de recouvrement des ASE selon différents scénarios de financement et de production de revenus

	Type A	Type C	Type D
Aucun financement ou revenu additionnel	20,7 ans	19,3 ans	23,3 ans
Revenus du programme du RCP	15,6 ans	13,9 ans	16,8 ans
Revenus du programme V2G ²⁸	17,8 ans	17,3 ans	20,6 ans
Financement fédéral (FTCZE + PIVEZ)	7,0 ans	4,4 ans	6,4 ans
Financement fédéral + revenus du programme du RCP	5,3 ans	3,2 ans	4,6 ans
Financement fédéral + revenus du programme V2G	5,4 ans	3,6 ans	4,6 ans
Financement fédéral + revenus du programme du RCP et V2G	4,3 ans	2,7 ans	4,0 ans

²⁸ Selon l'hypothèse d'un revenu annuel moyen de 3 000 \$ par autobus

4. Tracer la voie vers l'adoption totale d'ASE

4.1 Taux de conversion des parcs d'autobus scolaires

Nous avons calculé le nombre d'autobus scolaires qui devraient être convertis à l'électricité chaque année pour atteindre la cible proposée de l'ACEAS d'autobus scolaires entièrement électriques sur les routes d'ici 2040 et pour déterminer ce qu'il faudrait pour atteindre une cible plus ambitieuse d'électrification totale d'ici 2035. Cette étude a pris en compte la répartition actuelle de l'âge des parcs et le seuil de mise hors service typique de 12 ans.

Électrification totale d'ici 2040

Pour atteindre une cible d'*électrification totale des autobus scolaires d'ici 2040* : plus de **2 850 autobus** devraient être convertis à l'électricité en moyenne chaque année, de 2023 à 2040. Ce chiffre reflète un taux uniforme de remplacement annuel par des ASE au cours de cette période. Cette cible laisse toutefois une certaine marge de manœuvre pour modifier le taux de remplacement par des ASE d'une année à l'autre. En particulier, elle pourrait occasionner une période de démarrage avec des taux plus faibles de remplacement par des ASE dans un avenir rapproché pour mieux refléter les contraintes de la chaîne d'approvisionnement à court terme. Ces taux augmenteraient avec le temps, au fil de l'accroissement de l'offre d'ASE.

Le tableau 3 présente une répartition du pourcentage de nouveaux achats annuels d'autobus scolaires qui seraient électriques dans le cadre d'une cible d'électrification complète d'ici 2040 avec un taux uniforme d'adoption annuelle. Il montre une répartition du nombre de véhicules du parc canadien d'autobus scolaires qui doivent être mis hors service chaque année, ainsi que le nombre et la proportion (%) de ces véhicules qui devraient être convertis à l'électricité pour atteindre une moyenne de 2 857 remplacements par des ASE chaque année. Les années où les mises hors service et les remplacements de véhicules sont moindres, la part du parc qui doit être convertie à l'électricité est plus élevée, atteignant un maximum de 85 %.

Tableau 3. Proportion des remplacements annuels par des ASE dans le cadre d'une cible d'électrification totale d'ici 2040

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Mise hors service d'autobus scolaires par année	5 578	5 578	3 370	3 370	3 370	3 370	3 370	3 890	3 890	3 890	3 890	3 890	3 890	5 578	5 578	3 370	3 370	3 370
Remplacements par des ASE	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857	2 857
Proportion annuelle des remplacements par des ASE	51 %	51 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	74 %	74 %	74 %	74 %	74 %	74 %	51 %	51 %	85 %	85 %	85 %

Électrification totale d'ici 2035

Pour atteindre la cible plus ambitieuse d'électrification totale d'ici 2035, tous les autobus scolaires ayant atteint l'âge de mise hors service (12 ans) devraient être remplacés par un modèle électrique à compter de 2023. Par ailleurs, comme la plupart des réglementations prévoient que les autobus scolaires à moteur diesel achetés en 2023 ne devront pas être remplacés avant 2036, cela signifie que cette cible ambitieuse ne sera pas atteinte. Il est toutefois possible que les autobus scolaires à moteur diesel achetés pendant la période intermédiaire (c.-à-d. entre 2023 et 2035) soient mis hors service plus tôt, mais cela ne ferait que retarder le moment où les populations profiteraient des avantages que procurent les ASE quant à la qualité de l'air et aux enjeux climatiques, et pourrait aboutir à des coûts plus élevés pour les propriétaires de parcs de véhicules dans l'ensemble.

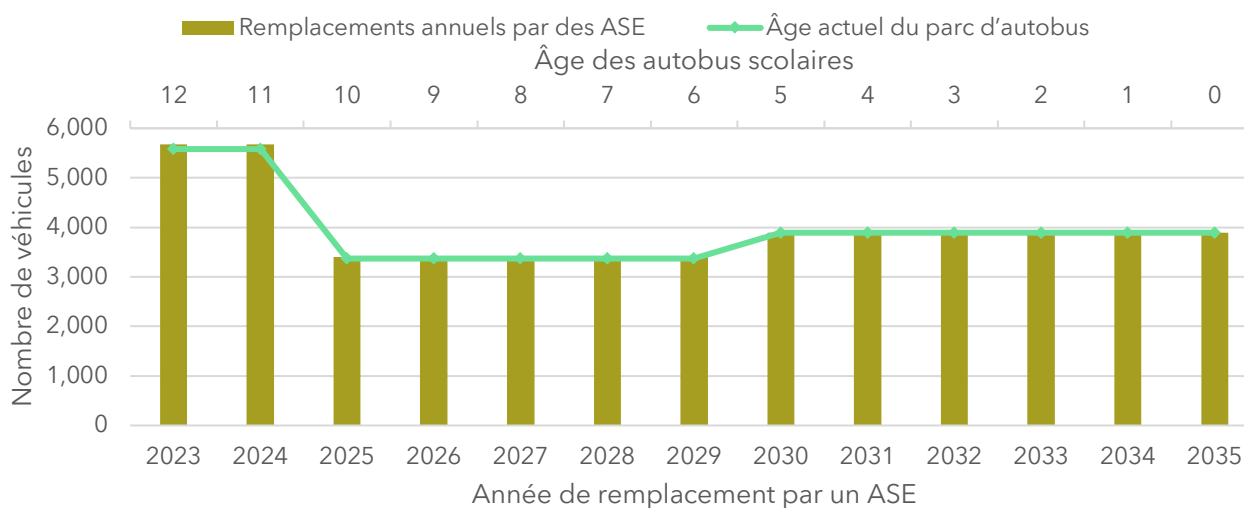


Figure 8. Remplacements annuels par des ASE dans le cadre d'une cible d'électrification totale d'ici 2035

Compte tenu de la répartition actuelle du parc d'autobus scolaires du Canada selon l'âge, le plus grand nombre de remplacements par des autobus électriques au cours de la période de 2023-2035 se produirait en 2023-2024 (voir la figure 8). Même si, à long terme, nous pouvons nous attendre à une augmentation de la capacité de production de batteries et de construction d'ASE, l'atteinte des cibles de déploiement à court terme présentées dans la figure 8 pourrait s'avérer difficile. Tout d'abord, les mandats imposant aux propriétaires d'autobus scolaires de passer à un modèle électrique n'existent pas encore pour l'ensemble du pays et ne sont en vigueur que dans quelques régions. Deuxièmement, on s'attend à ce que les contraintes de la chaîne d'approvisionnement mondiale aient un impact sur la capacité de construction d'ASE, de sorte que les possibilités d'acquisition de ces véhicules seraient limitées. Enfin, l'installation de l'infrastructure de recharge devrait précéder le déploiement des ASE et, dans le cas où des changements d'emplacement ou des mises à niveau de l'infrastructure de recharge seraient nécessaires, le déploiement pourrait être retardé.

4.2 Prévisions de l'offre d'ASE

Afin de mieux évaluer la possibilité d'une offre suffisante d'ASE pour atteindre la cible d'électrification totale d'ici 2035 ou 2040, nous avons examiné les prévisions relatives à la capacité de production de batteries comme indicateur de la manière dont l'écosystème des VE évoluerait au fil du temps. Au cours des dernières années, de nombreux fabricants d'équipement d'origine ont annoncé leur intention de construire des usines de production de batteries pour VE en Amérique du Nord, dont la plupart seraient opérationnelles d'ici 2025-2030. L'Amérique du Nord dispose actuellement d'une capacité de production de batteries d'environ 90 GWh; cette capacité devrait passer à plus de 800 GWh d'ici 2025 et à près de 1 000 GWh d'ici 2030, à un taux de croissance annuel composé substantiel de 41 %²⁹.

Sur la base d'une capacité moyenne de 161 kilowatt-heures (kWh) par autobus scolaire, la conversion à l'électricité de tous ces autobus nécessiterait annuellement **0,5 GWh** dans le scénario d'électrification totale des parcs d'autobus d'ici 2040, ou **0,5 à 0,9 GWh** si l'on vise l'atteinte de la cible précoce de 2035.

²⁹ David Gohlke, Yan Zhou, Xinyi Wu et Calista Courtney (2022), *Assessment of Light-Duty Plug-in Electric Vehicles in the United States, 2010-2021*, Argonne National Laboratory, p. 27.

<https://publications.anl.gov/anlpubs/2022/11/178584.pdf>

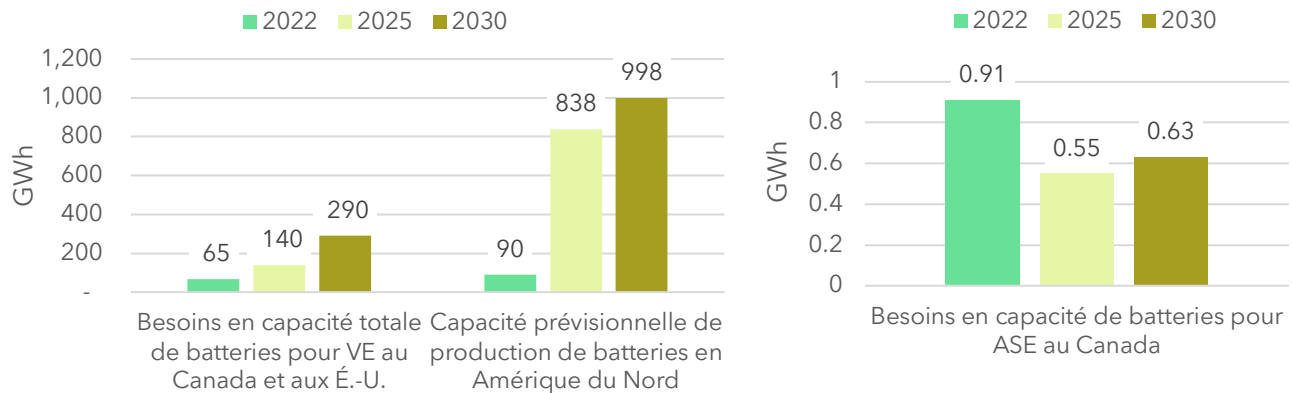


Figure S5. Gauche : Besoins prévus en capacité de batteries pour VE au Canada et aux É.-U. par rapport à la capacité de fabrication de batteries en Amérique du Nord. Droite : Capacité annuelle de batteries nécessaire pour atteindre l'électrification complète des autobus scolaires au Canada d'ici 2035.

Pour mettre ces données en contexte, le nombre total de ventes de VE prévu pour le Canada et les États-Unis correspond à un besoin de capacité de batteries d'environ 245 GWh en 2025, et de 510 GWh d'ici 2030³⁰. Étant donné que plus de la moitié de l'ensemble des VE vendus aux États-Unis sont équipés de batteries produites dans ce pays³¹, et si nous appliquons une hypothèse similaire au marché canadien, la capacité locale en GWh nécessaire pour répondre aux ventes projetées de tous les VE en 2025 et 2030 est estimée à 140 GWh et 290 GWh, respectivement. Non seulement ces chiffres se situent effectivement dans la fourchette de la capacité de fabrication de batteries prévue en Amérique du Nord, mais ils font également ressortir le fait que les **ASE sont marginaux (≤1 %) par rapport à la production totale de VE** et à la capacité prévue de production de batteries (voir la figure 9).

Parmi les annonces notables concernant la fabrication de batteries, citons celle de l'usine de Stellantis N.V. et LG Energy Solutions à Windsor, en Ontario, visant une cible annuelle de 45 GWh qui en fera ainsi la plus grande usine de batteries d'Amérique du Nord dès son entrée en activité prévue en 2025³². Entre-temps, l'usine de Lion Électrique à Joliette, dans l'Illinois, a démarré ses activités avec une capacité de production annuelle prévue de 5 GWh en stockage de batteries pour environ 20 000 autobus et camions entièrement électriques³³.

Ces cibles et ces annonces suggèrent que la capacité future de construction d'ASE ne constituera pas un obstacle à long terme à l'électrification complète, mais les contraintes de la chaîne

³⁰ Agence internationale de l'énergie, « Global EV Data Explorer ». <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer>

³¹ Ibid.

³² Stellantis, « Stellantis et LG Energy Solution vont investir plus de 5 milliards de dollars canadiens dans une coentreprise pour construire la première usine de production de batteries lithium-ion à grande échelle au Canada ». <https://www.stellantis.com/fr/actualite/communiqués-de-presse/2022/mars/stellantis-et-lg-energy-solution-vont-investir-plus-de-5-milliards-de-dollars-canadiens-dans-une-coentreprise-pour-construire-la-premiere-usine-de-production-de-batteries-lithium-ion->

³³ « Lion Electric Announces the Production of its First Made in America School Bus in its Joliet Illinois Factory », 2 novembre 2022. <https://www.newswire.ca/news-releases/lion-electric-announces-the-production-of-its-first-made-in-america-school-bus-in-its-joliet-illinois-factory-817186388.html>

d'approvisionnement ont limité la capacité de production au cours des dernières années. Entre 2020 et 2022, Lion Électrique a livré environ 900 autobus et camions, parmi lesquels près de 500 ASE³⁴. Cette entreprise détient actuellement un carnet de commandes de 2 408 véhicules, soit pour 323 camions et 2 085 autobus³⁵. Les commandes d'ASE pourraient, en théorie, représenter les trois quarts des ventes d'autobus nécessaires en 2023 pour atteindre une cible d'électrification totale d'ici 2040. Par ailleurs, il est peu probable que toutes ces commandes aient été passées par des propriétaires d'autobus scolaires canadiens. En 2021, près de la moitié des ventes de Lion Électrique ont été réalisées sur le marché américain³⁶. Il est possible que cette part augmente en raison d'une nouvelle source importante de financement, le Clean School Bus Program de l'EPA, qui a affecté 5 G\$ à des remises sur la période de 2022 à 2026 pour des autobus scolaires à émissions nulles ou faibles³⁷.

Les ventes d'ASE Blue Bird et Micro Bird de Girardin Blue Bird, le distributeur officiel d'autobus scolaires désigné par la Blue Bird Corporation pour servir le Québec, l'Ontario et les provinces maritimes, se chiffraient à près de 510 unités à l'automne 2021. Peu de temps auparavant, Girardin Blue Bird a obtenu des intentions d'achat pour 1 200 ASE de la part de plus de 90 clients de toutes les régions du Québec. La majorité de ces clients ont confirmé leurs commandes, et certaines d'entre elles étaient conditionnelles à l'obtention d'une entente satisfaisante avec le gouvernement. Les livraisons de ces 1 200 autobus étaient attendues vers la fin de 2021 et devaient se poursuivre jusqu'en mars 2024³⁸. La capacité de production actuelle de Lion Électrique et les délais d'attente de livraison de Girardin Blue Bird laissent entendre que l'offre actuelle d'ASE pourrait être insuffisante pour répondre aux exigences de vente de ces véhicules à court terme dans le cadre d'une cible d'électrification complète d'ici 2035.

4.3 Financement nécessaire pour soutenir l'adoption généralisée des ASE

Si les contraintes de la chaîne d'approvisionnement peuvent constituer un obstacle à l'adoption des ASE à court terme, le financement pourrait devenir une entrave à plus long terme. Des sommes substantielles sont nécessaires à brève échéance pour soutenir la transition vers un parc d'autobus scolaires entièrement électrique dans l'ensemble du Canada. Elles comprennent les montants nécessaires pour couvrir l'achat initial des ASE, ainsi que l'acquisition et l'installation de l'infrastructure de recharge. Dans le cadre d'une cible d'électrification totale d'ici 2040, les parties prenantes prises dans leur ensemble, qu'il s'agisse des propriétaires de parcs d'autobus ou d'autres parties intéressées, comme les gouvernements, devraient investir plus de 1,25 G\$ en 2023. Ce montant devrait diminuer avec le temps, parallèlement à la baisse des coûts des ASE, pour atteindre environ **1,01 G\$** d'ici 2040 (voir la figure 10). L'investissement total requis sur la période de 2023 à 2040 équivaut à près de 2,5 fois les besoins annuels pour les autobus à moteur diesel.

³⁴ Lion Electric, *Résultats financiers trimestriels de 2020-2022*.

³⁵ Lion Electric, *Résultats financiers T3 de 2022*. https://s27.q4cdn.com/902820926/files/doc_financials/2022/q3/11/Q3-2022-Earnings-Release_FR.pdf

³⁶ Lion Electric, *Earnings Call Presentation Q4 2021*, p. 7. https://s27.q4cdn.com/902820926/files/doc_financials/2021/q4/Q4-2021-Earnings-Presentation-VERSION-FINALE.pdf (en anglais seulement)

³⁷ United States Environmental Protection Agency, « Clean School Bus Program ». <https://www.epa.gov/cleanschoolbus>

³⁸ Le marché des autobus électriques commerciaux est désormais ouvert à Girardin; consulté à l'adresse suivante : <https://www.girardinbluebird.com/en/news-and-events/37-news/282-commercial-electric-bus-market-now-opened-to-girardin> (en anglais seulement)

Le programme du FTCZE d'Infrastructure Canada offre en moyenne 550 M\$ de financement chaque année. Étant donné que ce programme ne couvre que jusqu'à 50 % des coûts des projets, il pourrait théoriquement financer environ 90 % des remplacements d'autobus scolaires par des modèles électriques jusqu'en 2025; cependant, ce volet de financement doit dans la réalité être partagé entre les propriétaires d'autobus scolaires et les sociétés de transport collectif. Le PIVEZ, pour sa part, devrait pouvoir financer tous les coûts de déploiement de l'infrastructure des ASE jusqu'à concurrence de 50 % par borne de recharge jusqu'à la fin du programme en 2027, en utilisant seulement 13 % de son budget annuel de financement.

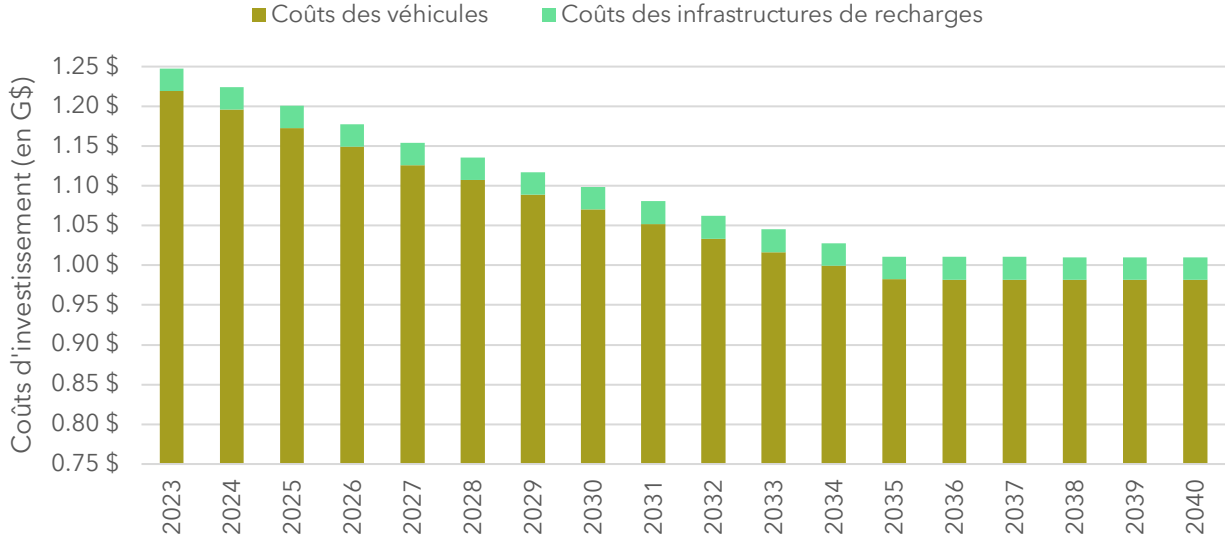


Figure 10. Investissements annuels nécessaires (coûts des véhicules et de l'infrastructure de recharge) pour une transition vers l'électrification totale des autobus scolaires d'ici 2040 (CAD de 2023)

COMPROMIS RELATIFS AUX OBJECTIFS DE 2035 ET 2040

Une électrification à courte échéance du parc d'autobus scolaires du Canada permettra aux Canadiennes et Canadiens de profiter rapidement des bienfaits de cette conversion, notamment sous la forme de réduction des émissions de GES, d'amélioration de la qualité de l'air et d'économies sur les coûts d'exploitation. La réalisation d'une cible plus ambitieuse d'électrification totale des autobus scolaires d'ici 2035 aurait des répercussions positives sur notre bilan carbone et nos cibles de réduction des émissions de GES, car une tonne de carbone éliminée aujourd'hui aura un impact plus important sur l'atténuation des changements climatiques qu'une tonne éliminée plus loin dans l'avenir. En outre, moins nous tarderons à convertir notre parc d'autobus scolaires à l'électricité, plus rapidement s'améliorera la qualité de l'air pour les collectivités. Les propriétaires d'autobus scolaires pourront aussi réduire leurs coûts opérationnels et jouir d'une conduite plus silencieuse et plus agréable.

Cependant, l'atteinte de la cible de conversion totale à l'électricité d'ici 2035 présente également des défis. Fait très important, nous ne disposons pas de la capacité d'approvisionnement et de construction nécessaire pour convertir à l'électricité le nombre requis d'autobus scolaires à court terme. Autrement dit, l'âge de mise hors service des véhicules devra être prolongé au-delà de leur durée de vie habituelle de 12 ans (comme c'est le cas au Québec), ou alors, il faudra acheter davantage d'autobus à moteur diesel à court terme et les mettre hors service plus tôt afin de les remplacer par des autobus électriques. De plus, une transition plus rapide du parc vers des ASE nécessitera des investissements plus élevés. Comme le coût des ASE diminue avec la baisse du coût des batteries et les économies d'échelle, des investissements moindres seront nécessaires d'une année à l'autre pour soutenir la transition.

5. Recommandations : Le gouvernement fédéral doit accroître le soutien aux ASE

Les résultats de la présente analyse montrent qu'en particulier à court terme, la motivation pour effectuer la transition vers les ASE est faible en l'absence d'un soutien gouvernemental substantiel. Pour que l'on puisse profiter des avantages inestimables que ces autobus peuvent offrir — notamment sur le plan du climat, de la qualité de l'air et des économies de coûts d'exploitation —, le gouvernement fédéral doit prendre des mesures pour aider les propriétaires d'autobus scolaires de l'ensemble du pays à effectuer la transition. Les recommandations suivantes ont été déterminées comme essentielles pour soutenir l'adoption des ASE.

1. Établir des cibles de vente d'ASE pour l'ensemble du Canada.

Le financement fédéral pour les ASE devrait être assorti de cibles de vente à l'échelle nationale qui garantiront une offre suffisante de ces véhicules afin que les propriétaires de tout le pays puissent effectuer la transition.

2. Étendre les programmes fédéraux de financement pour les ASE.

Les 2,75 G\$ de financement offert au titre du FTCZE ont été alloués pour les exercices financiers de 2021-2022 à 2025-2026. Il n'est pas certain que le gouvernement fédéral maintienne ce soutien au-delà de cette période. Étant donné que l'atteinte de la parité de prix des ASE avec ceux à moteur diesel d'ici 2040 serait improbable, le gouvernement fédéral devrait maintenir ses contributions visant à rendre les autobus électriques plus abordables en octroyant des fonds supplémentaires à ce programme après sa fin prévue en 2025. De même, le financement du PIVEZ devrait être prolongé au-delà de 2027.

3. Veiller à ce que le financement fédéral pour les ASE et l'infrastructure de recharge soit suffisant et facilement accessible.

La plupart des provinces et territoires du Canada ne proposent pas de programmes de financement pour soutenir la planification de l'électrification et l'achat d'ASE. Ainsi, un nombre important de propriétaires de parcs d'autobus scolaires compteront sur les programmes fédéraux pour réduire le coût des autobus électriques, s'ils décident d'en faire l'acquisition. La structure actuelle du FTCZE, qui repose sur les demandes, fait qu'il est difficile pour les propriétaires d'autobus scolaires de planifier le remplacement de leurs véhicules et de calculer les dépenses d'investissement nécessaires, puisque le processus de traitement et d'approbation des demandes peut s'étendre sur plusieurs mois. En outre, les procédures de demande elles-mêmes sont lourdes et peuvent avoir un effet dissuasif pour certains propriétaires de parcs. Étant donné que le coût initial des ASE représente le coût différentiel le plus important pour les propriétaires de parcs (à l'exception de toute modernisation électrique majeure sur place), le gouvernement fédéral devrait envisager d'offrir des remises au point de vente sur les achats de ces véhicules afin que les propriétaires puissent établir leurs budgets avec des données plus concrètes. La structure du volet de planification du FTCZE, fondée sur les demandes, devra probablement être maintenue afin de garantir que les propriétaires de parcs reçoivent un niveau adéquat de soutien ciblé lorsqu'ils élaborent leur stratégie de mise en œuvre. Toutefois, un processus de demande simplifié et un temps de réponse plus rapide seraient plus avantageux.

4. Collaborer avec les provinces pour explorer la possibilité de prolonger temporairement l'âge de mise hors service des autobus scolaires à moteur diesel afin de soutenir l'adoption à court terme d'autobus électriques.

Sur le modèle de la réglementation québécoise, ce type de politique pourrait être mis en œuvre dans les autres provinces du Canada pour soutenir les propriétaires de parcs d'autobus scolaires qui font face à des retards pour l'acquisition d'ASE. En prolongeant temporairement la durée de vie des autobus à moteur diesel, il serait possible de réduire la période de pointe des remplacements par des ASE qui seraient nécessaires en 2024-2025 en vue d'atteindre la cible d'électrification totale d'ici 2035. Tout facteur portant sur la sécurité des autobus scolaires devrait, bien entendu, être pris en compte dans une telle politique.

5. Mener ou financer des campagnes d'éducation et de sensibilisation aux avantages des ASE.

Ces campagnes sont essentielles pour s'assurer que les propriétaires d'autobus scolaires comprennent la multitude d'avantages que présentent les ASE, ainsi que les différents soutiens financiers qui leur sont offerts d'un bout à l'autre du pays. Le volet sur les VML de l'Initiative de sensibilisation aux véhicules à émission zéro du gouvernement fédéral répond adéquatement au financement de ce type de campagnes.

Annexe A

Hypothèses utilisées dans les calculs

Tarifs d'électricité

Avenir énergétique du Canada est un rapport produit annuellement qui examine les possibilités qui peuvent s'offrir à la population du pays dans le domaine de l'énergie à long terme. Nous nous sommes servis du rapport et de l'ensemble de données de 2021 pour obtenir les prix de l'électricité au stade de l'utilisation finale dans toutes les provinces du Canada, et avons calculé un prix moyen de l'électricité en \$/kWh sur la base des années 2021 à 2023. Les prévisions de l'ensemble de données d'*Avenir énergétique du Canada 2021* (évolution des politiques pour le secteur commercial) ont été utilisées pour projeter le CTP des ASE jusqu'en 2040.

Carburant

Le prix du diesel utilisé pour le calcul du carburant a été déterminé en établissant la moyenne des prix de détail du diesel au Canada de juin 2021 à novembre 2022. Les prix du diesel sont très volatils et peuvent changer sur une base mensuelle et annuelle. Le prix utilisé dans les calculs pour cette étude était de 1,73 \$/L, et les prévisions ont suivi les tendances de l'ensemble de données de 2021 d'*Avenir énergétique du Canada*. De même, le prix moyen du pétrole brut au Canada utilisé pour les calculs de la balance commerciale a été établi à 0,70 \$/L pour la période de juin 2021 à novembre 2022.

Exploitation

Nous avons proposé l'hypothèse que les autobus scolaires roulaient quatre heures par jour (deux le matin et deux le soir), cinq jours par semaine et quatre semaines par mois. Ces calculs ne tiennent pas compte de l'utilisation supplémentaire des autobus pour des déplacements exceptionnels, comme les excursions scolaires. Bien que les différents constructeurs disposent d'une variété d'options technologiques pour le chauffage, nous avons supposé de manière prudente que les autobus entièrement électriques utilisaient actuellement des systèmes de chauffage au diesel. D'après les informations fournies par les districts et centres de services scolaires, la durée estimée des mois de chauffage fluctue entre six et dix mois durant l'année. Une moyenne de huit mois a été utilisée pour la consommation de diesel nécessaire au fonctionnement du chauffage dans les ASE.

Règlement sur les combustibles propres (RCP)

Les valeurs utilisées pour évaluer les rendements monétaires d'un scénario avec le RCP étaient de 300 \$ par crédit, ajustées pour tenir compte de l'inflation. Le RCP vise à réduire les émissions de carbone provenant de la teneur en carbone des carburants fossiles liquides, principalement ceux utilisés dans les transports, et à stimuler l'innovation et la croissance économique dans le secteur des combustibles à faible teneur en carbone. Le 20 juin 2022, la version définitive du Règlement sur les combustibles propres a été enregistrée en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, ce qui a permis l'adoption d'une Norme canadienne sur les combustibles propres.

Coûts initiaux des véhicules

Les prévisions des coûts initiaux des ASE ont été établies à partir des projections internes de Dunsky sur le prix des batteries (appuyées par les prévisions d'organisations telles que BloombergNEF³⁹) et des prévisions de l'International Council on Clean Transportation sur les prix des groupes motopropulseurs électriques⁴⁰. Les coûts des batteries et des groupes motopropulseurs sont projetés en fonction des spécifications de chaque type d'ASE, et les trois composantes sont additionnées pour obtenir la prévision finale du coût de l'autobus, en maintenant constant le coût des éléments autres que les batteries pendant la période de réalisation de l'étude.

³⁹ BloombergNEF (2022), *Electric Vehicle Outlook 2022*, p. 123. <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>

⁴⁰ Yihao Xie, Hussein Basma et Felipe Rodriguez (2023), *Purchase costs of zero-emission trucks in the United States to meet future Phase 3 GHG standards*, p. 11. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/03/cost-zero-emission-trucks-us-phase-3-mar23.pdf>

Annexe B

Prévisions des prix du carburant et de l'électricité

Tableau 4. Prévisions des prix de l'électricité

Année	Prix de l'électricité (\$/GJ)	Prix de l'électricité (\$/kWh)
2022	36,60	0,132
2023	36,93	0,133
2024	37,27	0,134
2025	37,60	0,135
2026	37,96	0,137
2027	38,32	0,138
2028	38,68	0,139
2029	39,04	0,141
2030	39,39	0,142
2031	39,75	0,143
2032	40,11	0,144
2033	40,47	0,146
2034	40,83	0,147
2035	41,19	0,148

2036	41,56	0,150
2037	41,92	0,151
2038	42,29	0,152
2039	42,66	0,154
2040	43,03	0,155

Tableau 5. Prévisions des prix du carburant diesel (taxes comprises)

Année	Prix du diesel (\$/L)
2022	1,74
2023	1,74
2024	1,74
2025	1,74
2026	1,75
2027	1,77
2028	1,78
2029	1,79
2030	1,79
2031	1,74
2032	1,80

2033	1,80
2034	1,80
2035	1,81
2036	1,81
2037	1,81
2038	1,81
2039	1,81
2040	1,81

Annexe C

Intensité en carbone de l'électricité en réseau dans les régions

Tableau 6. Intensité en carbone de l'électricité en réseau par province et territoire (source : Environnement et Changement climatique Canada⁴¹)

Province/territoire	Intensité en carbone de l'électricité en réseau (g CO ₂ e/kWh)
Terre-Neuve-et-Labrador	25
Île-du-Prince-Édouard	300
Nouvelle-Écosse	680
Nouveau-Brunswick	300
Québec	1,9
Ontario	28
Manitoba	1,2
Saskatchewan	620
Alberta	640
Colombie-Britannique	7,8
Yukon	110
Territoires du Nord-Ouest	180
Nunavut	800

⁴¹ Environnement et Changement climatique Canada, « Coefficients d'émission et valeurs de référence ». <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/fonctionnement-tarification-pollution/systeme-tarification-fonde-rendement/systeme-federal-credits-compensatoires-gaz-effet-serre/coefficients-emission-valeurs-reference.html>

Annexe D

Types d'autobus scolaires au Canada

Tableau 7. Répartition détaillée des types d'autobus scolaires au Canada

Types d'autobus scolaires	Capacité en passagers	Type de châssis	Autres éléments
Type A	10-16	Châssis de fourgonnette tronquée	<ul style="list-style-type: none">• Deux sous-catégories : type A1 (plus léger) et type A2 (plus lourd)• Moteur situé à l'avant du pare-brise
Type B	10-30	Châssis nu	<ul style="list-style-type: none">• Moteur situé en partie derrière le pare-brise
Type C	Jusqu'à 76	Châssis avec capot et ailes avant	<ul style="list-style-type: none">• Généralement considéré comme un autobus scolaire traditionnel• Moteur situé à l'avant du pare-brise
Type D	Jusqu'à 74	Châssis nu	<ul style="list-style-type: none">• Autobus plat à l'avant• Moteur situé derrière le pare-brise
ASM	Variable	Variable	<ul style="list-style-type: none">• « Autobus scolaire multifonction » utilisé pour le transport des élèves à des excursions et non entre le domicile et l'école



POLITIQUE DE RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé par Dunsky Énergie + Climat, un organisme indépendant spécialisé dans la transition vers les énergies propres, et qui s'engage à fournir des analyses et des conseils de qualité, intègres et impartiaux. Ses conclusions et recommandations sont basées sur les meilleures données disponibles au moment où l'étude a été effectuée, ainsi que sur le jugement professionnel de ses spécialistes. **Dunsky est fier de soutenir le travail de ses spécialistes.**