



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.

dunsky
Énergie + Climat
ACCÉLÉRER LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

ANALYSE + STRATÉGIE

BÂTIMENTS **MOBILITÉ** **INDUSTRIE** **ÉNERGIE**

GOVERNEMENTS **ENTREPRISES D'ÉNERGIE** **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.

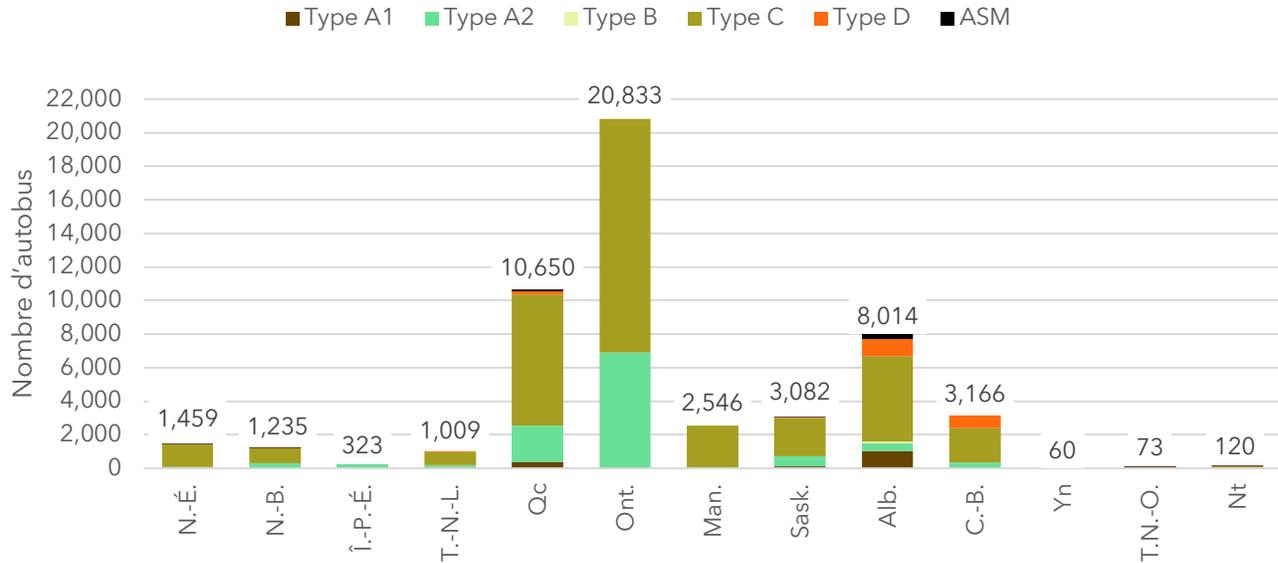


Figure S1. Répartition des parcs d'autobus scolaires provinciaux et territoriaux, par type

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).

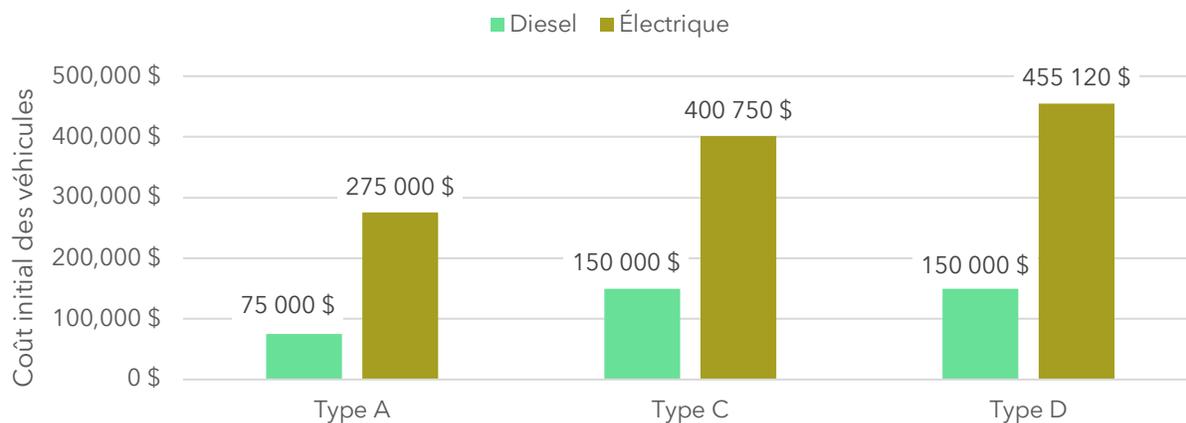


Figure S2. Coût initial des autobus à moteur diesel et électriques

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).

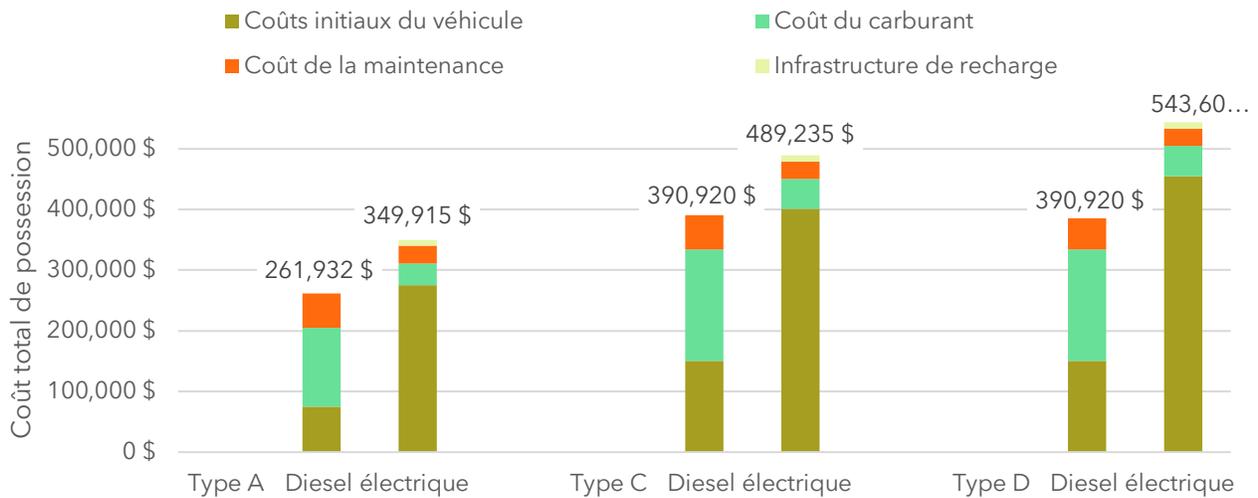


Figure S3. Comparaison du CTP des autobus scolaires à moteur diesel et électriques, par type

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).

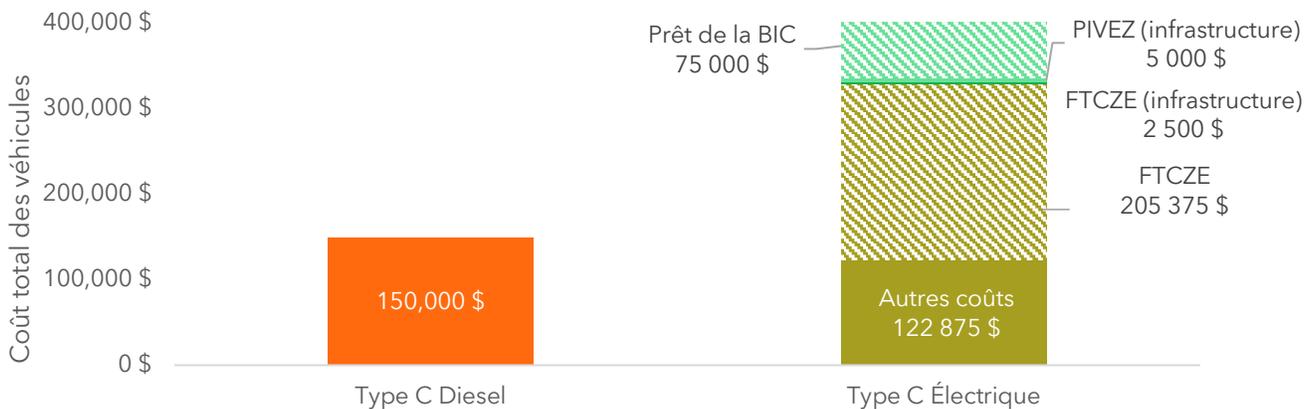


Figure S4. Coût initial des autobus scolaires à moteur diesel et électriques de type C avec un financement fédéral maximal

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.

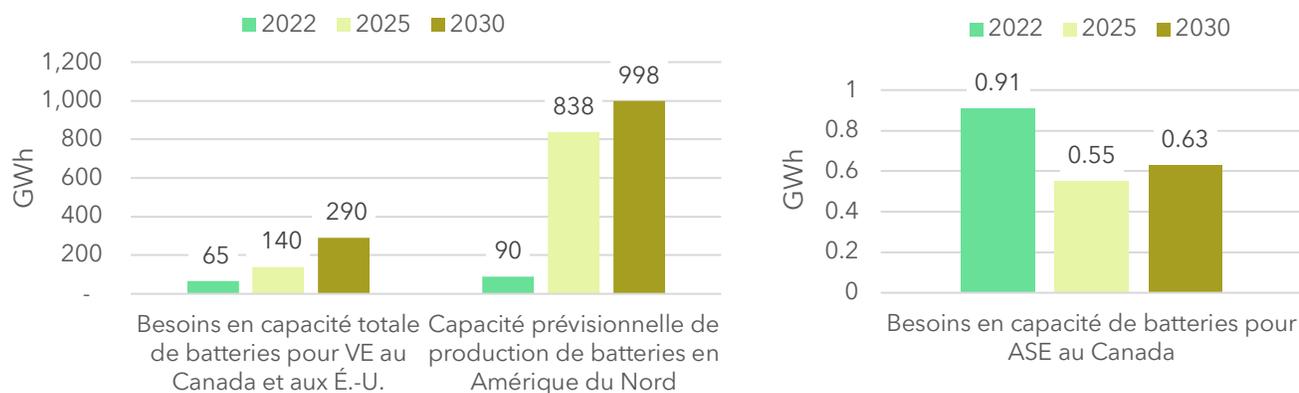


Figure S5. Gauche : Besoins prévus en capacité de batteries pour VE au Canada et aux É.-U. par rapport à la capacité de fabrication de batteries en Amérique du Nord. Droite : Capacité annuelle de batteries nécessaire pour atteindre l'électrification complète des autobus scolaires au Canada d'ici 2035.

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.